

Migliorare il benessere dei salmoni in allevamento – Referenze scientifiche



© iStockphoto

Premessa

Il salmone è un essere senziente e in allevamento deve poter godere di una buona qualità di vita.

Il presente documento si concentra sulla fase di allevamento del salmone in acqua di mare, affrontando questioni come buone condizioni ambientali, buona alimentazione, buona salute e possibilità di esprimere comportamenti naturali, in linea con il modello del Welfare Quality basato sulle cinque libertà.

BUONE CONDIZIONI AMBIENTALI

Due fattori chiave per la creazione di un buon ambiente sono densità di allevamento e qualità dell'acqua.

Densità di allevamento

Il concetto di uno spazio minimo di allevamento per i pesci è più complesso che per le specie terrestri, poiché i pesci utilizzano un mezzo tridimensionale (Conte, 2004; Ellis *et al.*, 2002a). Inoltre, la densità di allevamento non rimane costante nel tempo, poiché aumenta nella fase di accrescimento e diminuisce dopo la selezione dei pesci in base alla taglia, e, pertanto, è difficile da misurare con precisione all'interno degli impianti.

La densità di allevamento è uno strumento di gestione importante per ottimizzare il benessere dei pesci, ma è fortemente influenzata sia da fattori ambientali che dal comportamento degli animali, fattori in parte ancora poco conosciuti. Parametri ambientali come la temperatura e l'ossigeno disciolto (OD) possono fluttuare in misura consistente all'interno di una gabbia da acquacoltura e avere un impatto significativo sul benessere, creando aree di scarsa qualità dell'acqua (Johansson *et al.*, 2007; Johansson *et al.*, 2006). I singoli salmoni rispondono a queste condizioni mutevoli e a fattori soggettivi, come la fame e la percezione di minacce, attuando scelte di compromesso che spesso prevalgono sulla loro posizione preferita nella gabbia (Adams *et al.*, 2007; Ellis, 2002; Juell *et al.*, 2003; Oppedal *et al.*, 2011; Turnbull *et al.*, 2005).

La variabilità spaziale dei parametri di qualità dell'acqua limita lo spazio che i pesci possono occupare, cosicché i salmoni possono ammassarsi a densità da 1,5 a 20 volte superiori alla densità di allevamento calcolata (biomassa totale diviso il volume della gabbia) basata sul principio che i salmoni si distribuiscono uniformemente all'interno della gabbia (Oppedal *et al.*, 2011). In termini di benessere, ciò significa che valori più alti di densità possono costringere un maggior numero di pesci in condizioni ambientali non ottimali, come acque con temperature elevate o bassi livelli di ossigeno; ridurre la densità di allevamento aiuterà ad alleviare questa situazione. Per esempio, abbassare la densità di allevamento da 18-27 kg/m³ a 7-11 kg/m³ ha permesso a un numero maggiore di salmoni allevati in gabbie di occupare il volume di acqua più favorevole, ma più ristretto, che si trova sopra il pycnoclino¹ (Johansson *et al.*, 2006).

Nell'ultimo secolo la temperatura degli oceani è aumentata (Domingues *et al.*, 2008) e vari scenari prevedono per il prossimo secolo aumenti globali di 1-3 °C (Pachauri and Reisinger, 2007). Questo porterebbe all'allungamento dei di temperature superficiali calde subottimali, con un aumento dei periodi di ipossia all'interno delle gabbie da acquacoltura (a causa della maggiore

¹ Zona con forte gradiente di densità, generalmente causato da salinità o differenze di temperatura tra gli strati d'acqua. Si trova spesso in combinazione con grandi variazioni di ossigeno disciolto.

richiesta di ossigeno da parte dei pesci e della minore solubilità dell'ossigeno nell'acqua più calda). L'ipossia modificherà la natura dei compromessi ambientali, spingendo i pesci a limitare la loro distribuzione verticale e ad ammassarsi in gruppi ancora più folti (Johansson *et al.*, 2006), rendendo cruciale la riduzione della densità di allevamento e il miglioramento della selezione dei siti e della gestione degli allevamenti.

La maggior parte degli studi scientifici sulla densità di allevamento in gabbie da acquacoltura commerciali utilizza valori teorici invece di basarsi sui comportamenti natatori dei pesci, e può quindi sottovalutare le condizioni di affollamento. Inoltre, senza un monitoraggio ambientale verticale continuo non è noto quanto siano gravi gli effetti delle fluttuazioni ambientali. Ciò che è evidente dai dati pubblicati sui salmoni, basati sulla densità media di allevamento, è che valori superiori a $\approx 22 \text{ kg/m}^3$ portano a una maggiore suscettibilità a malattie, lesioni fisiche, stress e riduzione di crescita e qualità dell'acqua (Adams *et al.*, 2007; Calabrese *et al.*, 2017; Johansson *et al.*, 2006; Oppedal, *et al.*, 2011; Turnbull *et al.*, 2005) e sono chiaramente associati a uno scarso benessere (vedi Tabella 1). Questi effetti dannosi non sono dovuti solo al deterioramento della qualità dell'acqua, poiché sono stati osservati anche nei salmoni allevati in vasche (Adams *et al.*, 2007), dove si può controllare attentamente la qualità dell'acqua, descritta nello studio in questione come "generalmente elevata". Gli autori hanno ipotizzato che gli scarsi livelli di benessere siano dovuti all'aumento delle collisioni tra i singoli pesci o con le pareti delle vasche. Ellis *et al.*, 2002b suggeriscono che un altro fattore per la riduzione complessiva del benessere alle alte densità di allevamento sia la competizione per accedere a profondità diverse. Oppure, in parole più semplice, il salmone ha bisogno di spazio per vivere e adattarsi all'ambiente circostante.

Tabella 1. Sintesi dei dati scientifici sul rapporto tra densità di allevamento e benessere del salmone

Densità di allevamento massima	Dettagli	Studio
22 kg/m ³	<22 kg/m ³ benessere ottimale secondo il modello SWIM ² (Salmon Welfare Index Model)	Stien <i>et al.</i> , 2013
26,5 kg/m ³	Sopra i 26,5 kg/m ³ , assunzione di cibo, crescita e ottimizzazione del cibo diminuiscono e si osserva l'aumento di cataratte, danni alle pinne e alla pelle	Oppedal, 2011
25 kg/m ³	Punteggio di benessere ³ inferiore a densità di allevamento di 15 e 35 kg/m ³ rispetto a 25 kg/m ³ . Gli episodi di aggressività in vasche da acquacoltura sono più alti a 15 kg/m ³ rispetto a 25 e 35 kg/m ³	Adams <i>et al.</i> , 2007
7-11 kg/m ³ meglio che 18-27 kg/m ³	A 18-27 kg/m ³ hanno minori capacità di posizionarsi alle temperature preferite rispetto che a 7-11 kg/m ³	Johansson <i>et al.</i> , 2006
22 kg/m ³	Al di sopra e al di sotto dei 22 kg/m ³ il punteggio di benessere diminuisce. A densità alte (>22 kg/m ³) aumentano i danni alle pinne.	Turnbull <i>et al.</i> , 2005

La maggior parte degli studi che hanno testato densità di allevamento ridotte si sono concentrati principalmente sulla restrizione di cibo, rendendo difficile distinguere l'effetto del regime alimentare da quello delle densità di allevamento sperimentate. Ad esempio, molti degli studi che

² Modello per effettuare una valutazione formale e standardizzata del benessere dei pesci utilizzando una serie di indicatori di benessere selezionati (temperatura dell'acqua, salinità, saturazione di ossigeno, corrente idrica, densità di allevamento, illuminazione, agitazione, tasso di mortalità giornaliera, appetito, tasso di infestazione da pidocchi marini, indice di corporosità, cachessia, deformazione vertebrale, stadio di maturazione, stato di smoltificazione, condizione delle pinne e condizione della pelle).

³ Risultato della combinazione di diversi parametri di benessere elaborati secondo un modello statistico.

evidenziano un aumento dell'aggressività a densità di allevamento più basse sono stati condotti utilizzando razioni fisse o limitate su pesci che si nutrono in vasche invece che in gabbie da acquacoltura (dove viene allevata la maggior parte dei salmoni) (per es. Adams *et al.*, 1998; 2007). Inoltre, salmoni adulti nutriti con quantità razionate di cibo mostrano più "competizione e aggressività" rispetto a quelli alimentati con sistemi a richiesta (Andrew *et al.*, 2002 da Huntingford e Khadri, 2008), così che le suddette tendenze aggressive potrebbero essere correlate ai metodi di alimentazione invece che alle densità di allevamento in sé. Non sono ancora state definite densità di popolamento appropriate per il salmone in gabbie da acquacoltura.

Sulla base delle attuali conoscenze scientifiche e delle pratiche commerciali, Compassion raccomanda che i salmoni siano tenuti a una densità di allevamento massima di 10 kg/m³ durante la fase in acqua di mare. Questo consente ai salmoni di disperdersi in zone più favorevoli quando le condizioni dell'acqua non sono ottimali per avere accesso al mangime, trovare una temperatura o un livello di ossigeno disciolto favorevoli (Oppedal *et al.*, 2011) ed evitare di costringere i pesci a stare in condizioni sfavorevoli e stressanti. Idealmente, in ogni sito, i fattori ambientali dovrebbero essere continuamente monitorati ad almeno 4 diverse profondità in gabbie marine selezionate e, per decidere se la densità di allevamento è appropriata, questi fattori dovrebbero essere presi in considerazione insieme alle condizioni prevalenti e al comportamento dei pesci. Uno scarso benessere può verificarsi a qualsiasi densità e queste dovrebbero essere riviste dopo ogni ciclo produttivo (Oppedal, Dempster, *et al.*, 2011).

Qualità dell'acqua

La qualità dell'acqua ha un ruolo fondamentale per la salute e il benessere del salmone. In effetti, una delle principali preoccupazioni relative all'elevata densità di allevamento è che può portare a un deterioramento della qualità dell'acqua. Ossigeno, temperatura, salinità e torbidità⁴ sono tutti parametri importanti. La circolazione dell'acqua svolge anche un ruolo vitale per lo smaltimento dei prodotti di scarto e la quantità di ossigeno. Alcuni di questi fattori possono essere controllati dalle pratiche di gestione aziendale, mentre altri sono legati alle caratteristiche ambientali del sito e dovrebbero essere valutati prima di avviare l'allevamento.

Una cattiva qualità dell'acqua può portare a problemi di salute e benessere sia acuti che cronici. In particolare, può causare stress acuto o cronico, ridotta capacità di controllo dell'omeostasi, maggiore suscettibilità e incidenza di malattie, peggioramento delle condizioni corporee, aumento dell'erosione delle pinne e dei danni alle branchie, riduzione della crescita e aumento della mortalità (Ellis *et al.*, 2002; North, Ellis, *et al.*, 2006).

Idealmente la qualità dell'acqua dovrebbe essere valutata prima di avviare un allevamento in un particolare sito. Tuttavia, una volta avviato l'allevamento, è importante capire come cambiano le condizioni dell'acqua sia nello spazio che nel tempo mediante il monitoraggio dell'ambiente in cui vivono i pesci e della qualità dell'acqua in tutta la profondità della gabbia: tutte informazioni essenziali per capire come i pesci sfruttano lo spazio all'interno della gabbia.

Sia la temperatura che la salinità si possono misurare all'esterno della gabbia, mentre ossigeno disciolto e torbidità sono influenzati dai pesci stessi e quindi si dovrebbero misurare all'interno della gabbia (Noble *et al.*, 2018). La torbidità si può misurare utilizzando un disco Secchi per misurare la trasparenza dell'acqua. Idealmente si dovrebbero utilizzare sonde di monitoraggio

⁴ Misura la limpidezza dell'acqua.

continuo (es. sonde CTD), ma in alternativa si può ricorrere a sensori diversi posti a varie profondità.

Tabella 2. Parametri di qualità dell'acqua ottimali per il salmone allevato in gabbie marine dopo la smoltificazione

Parametro	Dati forniti dall'EFSA (2008)	Dati RSPCA	Dati in letteratura ⁵
Concentrazione di ossigeno	> 70% saturazione (O ₂ diminuisce all'aumentare di temperatura e salinità)	> 70%	> 80% (Lars H. Stien <i>et al.</i> , 2013)
pH	7,0-8,5		
Temperatura	1-18 °C / evitare bruschi cambiamenti di temperatura (temperatura ottimale 16-18° C)		10-15 °C (Lars H. Stien <i>et al.</i> , 2013) 11-20 °C (Johansson <i>et al.</i> , 2006)
Salinità	I salmoni da ingrasso in acqua di mare tollerano una varietà più ampia di salinità		(Kim <i>et al.</i> , 1994)
CO ₂	La concentrazione dipende da pH, temperatura, salinità, respirazione di pesci e altri organismi	<15 mg/L	(Gonçalves <i>et al.</i> , 2006)
Ammoniaca	<0,02 mg/L	<0,025 mg/L	
Nitriti	<0,1 mg/L		<0,1 mg/L (Wedemeyer, 1996)
Altri metalli (rame, ferro, zinco e cadmio)	Condizioni di ipossia, aumento della temperatura e acidificazione espongono i pesci a intossicazione da metalli		
Totale dei solidi in sospensione	15 mg/L		Thorarensen and Farrell, 2011
Correnti d'acqua	Corrente sufficiente per la rimozione di prodotti di scarto e di alimenti non consumati e per la fornitura di ossigeno	Sufficiente per facilitare il movimento del pesce ma non così forte da causare lesioni	<1,5 lunghezza del corpo/s (Noble <i>et al.</i> , 2018)

⁵ Molti dei dati e dei riferimenti utilizzati nella tabella, insieme ad alcune raccomandazioni, sono raccolti in [Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare](#)

Data l'importanza della qualità dell'acqua nel benessere del salmone, Compassion raccomanda il monitoraggio continuo, a diverse profondità, dei parametri di qualità (almeno ossigeno disciolto, temperatura, torbidità e salinità). Sono dati fondamentali per comprendere il comportamento e le preferenze dei pesci all'interno di una gabbia di mare. Quando si verificano cambiamenti che portano a condizioni non ottimali all'interno di una gabbia, è necessario adottare immediatamente misure per affrontare qualsiasi impatto sul benessere dei pesci, per es. ossigenando l'acqua, riducendo la biomassa all'interno della gabbia o aumentando il volume della gabbia.

BUONA ALIMENTAZIONE

Sistemi di alimentazione efficienti devono non solo soddisfare le esigenze nutrizionali dei salmoni e ridurre al minimo l'inquinamento idrico, ma anche garantire un buon benessere del salmone. Per eliminare competizione e aggressività, la quantità di mangime e il metodo di somministrazione devono essere tali da garantire a tutti i pesci sazietà e accesso al cibo. Occorre tener conto di fattori quali l'appetito, il numero dei pesci, la variazione delle loro dimensioni e la distribuzione del mangime, nonché i ritmi naturali di alimentazione. L'assunzione giornaliera di cibo è influenzata anche da fattori stagionali e ambientali come temperatura e durata del giorno.

Digiuno

La regolarità del tempo di alimentazione può influenzare l'assunzione di cibo e i livelli di stress nei pesci. Per esempio, quando i regimi alimentari sono imprevedibili si osserva un aumento della frequenza e della gravità dei danni alla pinna dorsale (Cañon Jones, 2012).

Imporre un digiuno ad animali che in precedenza sono stati alimentati regolarmente è fonte di stress (Waagbø *et al.*, 2017) e potrebbe avere un impatto negativo sul benessere (Santurtun *et al.*, 2018). I salmoni sono sottoposti a periodi di digiuno prima di diverse operazioni, tra cui il trattamento dei pidocchi marini, il trasporto e la macellazione. Un intestino vuoto, infatti, rallenterà il loro metabolismo e l'attività fisica prima della manipolazione, cosa che serve a ridurre la contaminazione dell'acqua (mangimi non digeriti, feci e microrganismi), il consumo di ossigeno e la presenza di ammoniaca e anidride carbonica (EFSA, 2009; Comitato per il benessere degli animali da allevamento (FAWC), 2014; Jobling, 2006; RSPCA, 2018). Il digiuno viene imposto anche prima della macellazione, per svuotare l'intestino a scopi igienici e ridurre al minimo il rischio di contaminazione della carne con le feci durante l'eviscerazione (Wall, 2000). Inoltre, si ritiene che il digiuno aumenti la tolleranza allo stress riducendo l'attività metabolica (Waagbø *et al.*, 2017).

Essendo uno dei principali fattori che influenzano il tasso di evacuazione intestinale e l'attività metabolica, la temperatura deve essere presa in considerazione nel calcolo della durata del digiuno (utilizzando cioè il grado-giorno come unità di misura della durata dei periodi di digiuno).

$$\text{Gradi-giorno} = \text{temperatura } ^\circ\text{C} \times \text{numero di giorni}$$

In ogni caso, in combinazione con l'utilizzo dei gradi-giorno, per consentire l'evacuazione intestinale senza compromettere il benessere dei salmoni è sufficiente un digiuno di massimo 72 ore. In questo modo si eviteranno digiuni eccessivamente lunghi e inutili, motivati per esempio dalla necessità di allungare il tempo di raccolta o di migliorare la qualità della carne.

A sostegno di questa raccomandazione, si considerino i seguenti dati:

- per ridurre efficacemente i tassi metabolici dei salmonidi, è necessario un periodo di digiuno di soli 2-3 giorni (Einen *et al.*, 1998; Krogdahl and Bakke-McKellep, 2005)
- ci sono pochi studi che dimostrano effetti benefici aggiuntivi sulla tolleranza allo stress dei pesci sottoposti a digiuno per periodi superiori a tre giorni (Einen *et al.*, 1998)
- anche se i salmoni rallentano il metabolismo a digiuno (inclusa una ridotta attività nel nuoto e nella digestione), non ci sono prove che si riducano le risposte allo stress prima della macellazione (Waagbø *et al.*, 2017)
- nonostante i tempi di svuotamento dell'intestino dipendano dalla temperatura (con lo svuotamento dell'intestino che richiede più tempo a temperature più basse), è stato riscontrato che a 10 e 14 °C ci vogliono meno di 48 ore per ridurre il contenuto dello stomaco a < 5% e < 72 ore a 6 °C (Handeland *et al.*, 2008)
- non esistono prove di ulteriori benefici derivanti dal prolungare il digiuno dei salmoni oltre le 72 ore (Robb, 2008)

Farine di pesce

Anche il contenuto dei mangimi è una questione importante per il benessere degli animali e, più in generale, per gli impatti sulla sostenibilità. Poiché il salmone è una specie carnivora, il suo mangime contiene una percentuale di proteine e oli animali provenienti dai pesci selvatici (catturati nell'ambito della cosiddetta "pesca di riduzione"). L'uso di pesce selvatico per la riduzione in farina e olio di pesce, che viene poi aggiunto ai mangimi per pesci d'allevamento, rappresenta uno spreco di cibo, poiché la maggior parte di questi pesci sono di fatto commestibili per l'uomo e durante il processo si spreca inevitabilmente anche dell'energia. Per esempio, solo il 28% delle proteine somministrate al salmone si traduce in proteine commestibili per l'uomo (Fry *et al.*, 2018). Il benessere del pesce catturato con la pesca di riduzione è molto scarso durante la cattura, il trasporto e l'uccisione, e la macellazione non è praticata secondo metodi umani. Pertanto, l'industria delle farine ha notevoli conseguenze negative sul benessere degli animali e dovrebbe essere affrontata in contemporanea al benessere dei salmoni d'allevamento.

Compassion raccomanda che i mangimi forniti ai salmoni d'allevamento siano di qualità ottimale, che il metodo di alimentazione riduca al minimo la competizione e l'aggressività e garantisca che tutti i pesci abbiano accesso ai mangimi. Bisogna ricorrere al digiuno solo quando assolutamente necessario e su consiglio del veterinario. Se utilizzati, per esempio, prima del trattamento di una malattia, i periodi di digiuno non dovrebbero essere più lunghi di quanto necessario per il benessere dei pesci (cioè per ridurre il fabbisogno di ossigeno e l'accumulo di rifiuti nell'acqua) e non dovrebbero superare le 72 ore per ciascun animale, anche se calcolati in gradi-giorno. Si raccomanda di registrare date e durata del digiuno.

Compassion raccomanda inoltre di ridurre il più possibile la quantità di farine di pesce nei mangimi per salmoni, pur provvedendo al tempo stesso alle loro esigenze nutrizionali. Ciò può essere fatto sostituendo alcune delle farine con altri ingredienti che possono soddisfare le esigenze nutrizionali, come rifilature di pesce (o scarti di altri allevamenti come il pollame), oli di alghe, ecc.

BUONA SALUTE

La salute è una componente fondamentale del benessere. I pesci d'allevamento sono più esposti alle malattie rispetto ai loro omologhi selvatici, dato che gli allevamenti intensivi creano spesso le condizioni ideali per la diffusione di malattie, come la presenza di alte densità e livelli più elevati di stress che compromettono il sistema immunitario (Fast *et al.*, 2008). Pertanto, una serie di gravi problemi di salute (vedi Appendice 1 per maggiori dettagli) sono associati all'allevamento ittico intensivo. Inoltre, un cattivo stato di salute porta a una diminuzione delle risposte adattive ad altri fattori di stress, a un'alimentazione ridotta e a interazioni sociali negative (Conte, 2004).

Malattie comuni

L'incidenza di molte malattie è stata sostanzialmente ridotta in acquacoltura grazie allo sviluppo di vaccinazioni efficaci e a una migliore gestione degli allevamenti (per maggiori dettagli si veda l'Appendice 1). La procedura di vaccinazione, tuttavia, può causare danni e stress, per esempio a causa di digiuno, lesioni interne o esterne e infezioni, come infezioni fungine post-vaccino, peritonite e aderenze addominali (Midtlyng, 1997). Bjørge *et al.* (2011) e Sørum and Damsgård (2004) hanno osservato che il tasso di crescita dei pesci vaccinati si riduceva fino al 20%. La scelta del vaccino dovrebbe dipendere dal livello di minaccia della malattia e dalla valutazione degli effetti della procedura sul benessere dei pesci.

Tra i problemi più diffusi vi sono pidocchi marini, anemia infettiva, malattie del pancreas, infiammazione del cuore e del muscolo scheletrico, cardiomiopatia, bocca rossa (Norvegia) e morbo branchiale. In diversi paesi si sono riscontrati casi di Winter Ulcer Disease causati da *Moritella viscosa*, flavobatteriosi, foruncolosi e saprolegnosi (salmone del Baltico)⁶. La sindrome della cardiomiopatia causata dal virus della miocardite (PMCV) è sempre più preoccupante in Norvegia, così come l'infezione da piscine reovirus (PRV1)⁷.

Pidocchi marini

Controllare efficacemente la presenza di pidocchi marini resta una delle sfide più importanti per il settore dell'allevamento di salmoni. Si tratta di Copepodi parassiti (piccoli crostacei) che si nutrono della pelle e del muco protettivo del salmone, causando danni fisici ai tessuti, aumento della mortalità, stress cronico, e agendo a volte da vettore di altre malattie (Bowers *et al.*, 2000; Johnson, 2004). Mentre i pidocchi marini sono un parassita naturale del salmone, e a bassi numeri non causano danni significativi, in situazioni di affollamento può svilupparsi un numero elevato di parassiti (Barber, 2007; Jansen *et al.*, 2012). Ciò comporta danni a pelle e tessuti sottostanti, infezioni secondarie, scarso benessere e sofferenza (EFSA, 2008).

È fondamentale adottare metodi efficaci per mantenere livelli più bassi possibile di pidocchi negli allevamenti di salmoni, in modo da ridurre il loro impatto sulla salute e il benessere dei pesci. Tuttavia, le terapie esistenti per il trattamento dei parassiti spesso introducono ulteriori problemi di benessere. Diversi scienziati hanno affermato che per la maggior parte dei salmoni d'allevamento con una bassa incidenza di pidocchi, manipolazione e trattamento frequenti ai fini della disinfestazione possono costituire un problema di benessere più grave dei pidocchi stessi (Noble *et al.*, 2018).

L'industria dell'allevamento del salmone si è affidata in passato a chemioterapici (azametifos, cipermetrina, deltametrina e perossido di idrogeno) per il trattamento dei pidocchi marini tramite bagni o l'alimentazione. Tuttavia, il loro uso estensivo ha causato un aumento della

⁶ Welfare Standards for Farmed Atlantic Salmon - <https://www.berspcaassured.org.uk/media/1251/rspca-welfare-standards-salmon-sept-2015-with-august-2017-updates.pdf>

⁷ http://www.eurl-fish.eu/Activities/survey_and_diagnosis

resistenza dei pidocchi marini a molte di queste sostanze (Aaen, 2015) e può avere effetti ambientali dannosi, specie dove s'impiegano terapie combinate (Fernandes *et al.*, 2001; Read and Fernandes, 2003; Jackson *et al.*, 2018).

Negli ultimi anni il trattamento si è spostato verso procedure non chimiche. I metodi di trattamento a caldo (Thermolicer®, Optilicer®), i metodi meccanici (FLS, Hydrolicer®, SkaMik – vedi Tabella 3) e l'uso di controlli biologici come i pesci pulitori (A. Powell *et al.*, 2017) sono tutti in aumento (vedi Appendice 2 per maggiori dettagli). Per esempio, in Norvegia più dell'81% dei trattamenti con i pidocchi marini erano a base di chemioterapici nel 2012-2015, ma nel 2017 più di tre quarti erano termici o meccanici (Overton *et al.*, 2018). Tuttavia, i trattamenti hanno tutti un forte impatto negativo sul benessere del salmone e di altre specie, persino le procedure non chimiche, delle quali si trascurano spesso gli effetti collaterali. Nel 2016 l'Autorità norvegese per la sicurezza alimentare ha ricevuto 400 segnalazioni di trattamento dei pidocchi associati a una mortalità superiore allo 0,2% (Brit Hjeltnes *et al.*, 2012).

Tabella 3. Sintesi dei trattamenti meccanici contro i pidocchi marini

	Pre-trattamento	Metodo	Efficacia
Hydrolicer®	Affollamento e pompaggio	Camera chiusa dove il pesce è sottoposto a corrente contraria per eliminare i pidocchi	82-100% pidocchi mobili rimossi, effetto incerto su quelli attaccati (report Hydrolicer)
FLS	Affollamento e pompaggio	Si usano due rondelle/ugelli a bassa pressione (0,2-0,8 bar) per rimuovere i pidocchi dai pesci	81-100% pidocchi mobili rimossi, effetto incerto su quelli attaccati (Gismervik <i>et al.</i> , 2017)
SkaMik	Affollamento e pompaggio	Simile a FLS ma mediante spazzole* e pressione, per rimuovere meccanicamente i pidocchi	85-95% pidocchi rimossi (report SkaMik)

* dopo aver implementato il sistema nel 2017, SkaMik ha dichiarato che le spazzole sono utilizzate principalmente per guidare il salmone attraverso il sistema piuttosto che spazzolare i pidocchi (Hjeltnes *et al.*, 2018).

In Norvegia, un'indagine condotta dal personale sanitario (impiegato da allevamenti e dall'Autorità norvegese per la sicurezza alimentare) ha valutato negativamente i getti d'acqua e la spazzolatura secondo molti parametri sanitari (perdita di scaglie, sanguinamento cutaneo, ferite, danni alle pinne e aumento della mortalità sul lungo periodo), mentre il trattamento termico ha ottenuto un punteggio negativo a causa della mortalità acuta. Gli allevatori di salmoni hanno riferito che la perdita di scaglie e la mortalità sono comuni e hanno anche osservato sanguinamento delle branchie e ferite durante le fasi di sviluppo dei trattamenti meccanici (Hjeltnes *et al.*, 2018). Altre lesioni notate in relazione ai trattamenti meccanici includevano una riduzione dell'appetito di diversi giorni, lesioni oculari, opercoli danneggiati, mortalità dovuta a debolezza e problemi branchiali, ridotta produzione di muco, scarsa salute della pelle e sviluppo di ulcere.

Un'altra alternativa ai trattamenti chimici contro i pidocchi di mare è rappresentata dai pesci pulitori. I più comunemente usati sono le specie di ciclotteri e labri (*Cyclopterus lumpus*, tordo dorato (*Ctenolabrus rupestris*), tordo occhionero (*Symphodus melops*) e *Labrus bergylta*). Queste specie hanno un benessere estremamente scarso quando utilizzate su scala commerciale, un problema destinato ad aggravarsi, poiché si stima che l'uso di pesci pulitori sfiorerà i 50 milioni di animali entro il 2020 (di cui 10 milioni nel Regno Unito) (Society, 2018). Questioni come

l'approvvigionamento, l'allevamento, la macellazione e l'elevata mortalità rendono insostenibile l'uso di pesci pulitori negli allevamenti di salmoni (cfr. Riquadro 1).

Esistono anche altri metodi, per es. i laser subacquei (Optical Delousing™, Stingray Marine Solutions AS, Norvegia), introdotti come alternativa ai pesci pulitori, ma finora l'efficienza in allevamenti commerciali non è ancora stata dimostrata (Holan *et al.*, 2017). Al momento, laser anti-pidocchi sono in uso in diverse località (Overton *et al.*, 2018).

Riquadro 1. Insostenibile l'uso dei pesci pulitori negli allevamenti di salmone

- Non esiste una legislazione per l'approvvigionamento di pesci pulitori e ci sono pochissime informazioni sullo stato degli stock selvatici.
- Tassi di mortalità estremamente elevati sono stati segnalati all'ingresso in gabbie marine, fino al 75-100% (Brooker *et al.*, 2018; Johannsen, 2018; Skiftesvik *et al.*, 2014).
- Se sopravvivono, i pesci pulitori soffrono notevolmente a causa di un'alimentazione inadeguata, della manipolazione durante le vaccinazioni e di condizioni di allevamento inadeguate (Powell *et al.*, 2017).
- È stato suggerito che circa un terzo dei ciclotteri muore di fame dopo pochi mesi e la mancanza di cibo può spingerli a mordere le pinne o gli occhi dei salmoni (Treasurer, 2013; Powell *et al.*, 2017).
- Una stabulazione inadeguata è fonte di sofferenze significative, poiché i pesci pulitori hanno bisogno di ripari per evitare le aggressioni e la predazione da parte del salmone. È particolarmente importante per i ciclotteri, che, sprovvisti di vescica natatoria necessaria a controllare la propria posizione nella colonna d'acqua, hanno bisogno di una superficie a cui attaccarsi per riposare durante la notte (Imsland *et al.*, 2015; Treasurer and Feledi, 2014).
- Bassa efficienza dei pesci pulitori: solo il 15-36% dei pesci consumava effettivamente i pidocchi.
- I ciclotteri smettono di consumare i pidocchi di mare quando raggiungono una certa dimensione e i labri vanno in dormienza invernale a basse temperature, quindi non si nutrono (Imsland *et al.*, 2018; Imsland *et al.*, 2014).
- Soffrono di diverse malattie come infezioni batteriche, morbo branchiale, foruncolosi, cataratta, e possono anche essere parassitati dai pidocchi di mare (Powell *et al.*, 2017).

Alcuni trattamenti per i pidocchi marini mancano di valutazioni scientifiche dei rischi per la salute e il benessere dei pesci (vedi Appendice 2). Molti di questi trattamenti hanno portato a eventi di mortalità di massa a causa del processo di trattamento, ma anche perché malattie preesistenti hanno compromesso la salute dei pesci rendendoli più vulnerabili. Pertanto, prima che un nuovo metodo di trattamento possa essere applicato, dovrebbe essere sottoposto a un'analisi approfondita degli impatti sulla salute e sul benessere, inizialmente in prove su piccola scala prima che si tentino applicazioni commerciali. Gli standard di benessere da applicare e le raccomandazioni sui processi di trattamento dei pidocchi marini, così come i futuri metodi di ricerca, sono raccomandati da varie ONG (Tabella 4).

Tabella 4. Raccomandazioni sul trattamento dei pidocchi marini da parte di altre ONG e organizzazioni

Fonte	Descrizione
-------	-------------

RSPCA	<ul style="list-style-type: none"> - Permette l'uso di pesci pulitori, ma incoraggia i metodi di prevenzione - I trattamenti non chimici dei pidocchi marini devono essere sottoposti a valutazione dei rischi prima del loro impiego
OneKind	<ul style="list-style-type: none"> - Chiede di introdurre una valutazione obbligatoria del benessere prima di autorizzare i metodi di trattamento. Suggestisce inoltre che le ricerche future debbano focalizzarsi sulla prevenzione dei pidocchi marini, ricorrendo per es. a una barriera - Non consente l'uso di pesci pulitori finché non si stabiliranno standard di benessere
Soil Association	<ul style="list-style-type: none"> - Pesci pulitori e bagni d'acqua dolce sono la prima opzione di trattamento contro i pidocchi marini: "è necessario prediligere l'uso di pesci pulitori per il controllo biologico di ectoparassiti o di soluzioni di acqua dolce, acqua marina e cloruro di sodio" - Dichiarare che i trattamenti antiparassitari devono essere utilizzati solo due volte all'anno se il ciclo di produzione è di 18 mesi o più

La situazione attuale richiede una ricerca urgente su trattamenti più efficaci e rispettosi del benessere degli animali, nonché su sistemi di allevamento migliori per prevenire le infestazioni di pidocchi marini nel salmone d'allevamento.

La raccomandazione di Compassion è che i trattamenti per i pidocchi marini che causano gravi problemi di benessere non devono essere usati regolarmente e solo se prescritti dal veterinario. Prima del trattamento è necessario valutare lo stato di salute del pesce da trattare. Se i trattamenti sono utilizzati di routine, il periodo di fermo deve essere prolungato in coordinamento con i siti vicini. I pesci pulitori non sono ammessi come trattamento per i pidocchi marini e il loro uso deve essere gradualmente eliminato.

POSSIBILITÀ DI ESPRIMERE COMPORTAMENTI NATURALI

In diverse fasi del ciclo i pesci vengono affollati e/o manipolati in qualche modo. Queste attività sono svolte a scopo di allevamento, trattamento delle malattie o per il processo di macellazione, ma di solito sono stressanti per i pesci e possono causare lesioni e mortalità. Sovraffollamento, manipolazione e selezione in base alle dimensioni dovrebbero pertanto essere evitati il più possibile, ma, quando inevitabili, devono essere eseguiti in modo da ridurre al minimo lo stress dei pesci. Ciò comporta un'attenta gestione delle procedure e un monitoraggio e una risposta adeguata al benessere dei pesci in ogni fase della loro vita.

Contenimento e affollamento

L'affollamento viene effettuato per facilitare l'accesso al pesce, ad esempio prima della selezione in base alle dimensioni e di conteggio, trasporto e macellazione. Si tratta di radunare i pesci a un'alta densità, utilizzando reti a strascico o riducendo il volume d'acqua a disposizione dei salmoni, sollevando parte o tutta la gabbia, con la conseguente incredibile crescita della densità di animali. L'affollamento è una procedura stressante, a causa della limitazione dei movimenti e dei comportamenti. Può provocare lesioni, poiché i pesci reagiscono aumentando i comportamenti natatori per difendersi dalla vicinanza di altri esemplari, dall'aumento dell'intensità luminosa e dalla rete. L'aumento dell'eccitabilità può portare a danni alle squame, ulcerazione cutanea, danni agli occhi e al muso e ammaccature (Wall, 2000) e avere un impatto negativo sul benessere. Inoltre, l'aggressività tra pesci grandi e piccoli è probabilmente esacerbata dal confinamento durante l'affollamento (Wall, 2000), che aggrava ulteriormente lo scarso benessere.

Oltre all'aumento dello stress e delle lesioni, l'affollamento influisce anche sui livelli di ossigeno e sulla qualità dell'acqua. Più lungo è il periodo di affollamento, maggiore è l'impatto potenziale sulla qualità dell'acqua, ad esempio a causa dell'accumulo di ammoniaca delle escrezioni. Bassi livelli di ossigeno possono causare un ulteriore aumento dell'eccitabilità/movimento, riducendo ancora di più i livelli di ossigeno. Assicurare un buon flusso d'acqua rimuoverà l'ammoniaca e porterà ossigeno, tuttavia, forti correnti possono anche causare lo spostamento della rete cambiando la forma e il volume della gabbia e, a causa di un ridotto controllo comportamentale, possono causare lo schiacciamento dei pesci contro la rete (NOFIMA).

L'uso di sistemi di punteggio, come le "categorie comportamentali dei pesci durante l'affollamento"⁸ della Humane Slaughter Association (HSA), fornisce un sistema chiaro di monitoraggio e definizione di obiettivi per migliorare il benessere dei salmoni in questa fase. L'HSA consiglia inoltre di utilizzare reti strette e profonde invece di reti poco profonde. Tuttavia, è importante notare che i pesci continueranno a essere stressati in questa fase, nonostante le buone pratiche di gestione (Erikson *et al.*, 2016), e quindi l'affollamento dovrebbe essere ridotto al minimo in termini di intensità e di tempo. Le linee guida RSPCA stabiliscono che "i pesci non deve essere sottoposti ad affollamento per più di due ore" e, per la macellazione, "affollamento e manipolazione prima dell'abbattimento devono essere ridotti al minimo assoluto" e "in nessun recinto l'affollamento deve avvenire più di due volte in una settimana o tre volte in un mese" (RSPCA, 2018).

Manipolazione / pompaggio

Molte attività di gestione, come l'applicazione di trattamenti antiparassitari, comportano la manipolazione e la movimentazione dei salmoni. La manipolazione è stressante e spesso comporta l'asportazione dall'acqua, quindi deve essere effettuata solo quando è assolutamente

⁸ <https://www.hsa.org.uk/downloads/publications/harvestingfishdownload-updated-with-2016-logo.pdf>

necessaria. Bisogna fare attenzione in tutte le fasi per evitare abrasioni e la rimozione di scaglie e del muco protettivo, che funge da barriera fisica e chimica contro le infezioni, oltre a essere importante per l'osmoregolazione e la locomozione (Ashley, 2007). Per il campionamento di piccole quantità di salmoni che vengono rimossi a mano, si devono usare reti foderate per permettere di trattenere una parte dell'acqua durante il trasferimento (Conte, 2004; HSA, 2005), cosa che fornirà una certa protezione dall'abrasione. Una volta fuori dall'acqua i pesci devono essere bagnati, maneggiati con le mani bagnate e per un tempo massimo di 15 secondi, a meno che non siano anestetizzati (linee guida RSPCA).

Poiché lo spostamento dell'acqua insieme ai pesci dovrebbe causare meno lesioni e sembra essere la tecnica meno stressante (FAWC, 1996), l'uso di pompe e tubi di trasferimento sembra più rispettoso del benessere dei pesci. Tuttavia, una gestione efficace deve garantire che la progettazione del sistema sia appropriata: pompe e tubature hanno il vantaggio di mantenere i pesci in acqua e, se ben progettate, producono meno abrasioni rispetto alle reti, ma sistemi di pompaggio mal progettati possono danneggiare i pesci a causa di curve strette e superfici interne irregolari. Lo stesso dicasi per la caduta su superfici dure nel punto di uscita da un tubo.

Nei giovani salmoni, molti dei focolai di malattia si verificano durante i primi mesi di trasferimento in mare dopo il trasporto su imbarcazioni a pozzo. Uno studio ha trovato che il processo di carico è uno stressor più grave del trasporto stesso, con il cortisolo plasmatico che ritorna a livelli di riposo durante il tempo nelle imbarcazioni a pozzo in quattro trasporti su cinque (Iversen *et al.*, 2005).

Selezione in base alle dimensioni

I pesci crescono a ritmi diversi. In condizioni naturali, i pesci più piccoli possono evitare l'aggressione di quelli più grandi allontanandosi o nascondendosi, ma nelle condizioni di confinamento degli impianti di acquacoltura, i pesci più grandi hanno piena libertà di aggredire i più piccoli, impedendo loro di nutrirsi o arrivando persino a cibarsene. Per ridurre al minimo questo fenomeno, i pesci vengono periodicamente raggruppati a seconda delle dimensioni. Inoltre, man mano che crescono, i pesci possono essere divisi in due lotti per ridurre la biomassa all'interno della gabbia. I pesci possono anche essere selezionati prima della macellazione per eliminare quelli che non hanno ancora raggiunto un peso idoneo. Tuttavia, la selezione in base alle dimensioni è una procedura stressante (Dunlop, 2004), che può causare danni fisici e insorgenza di malattie, e alla quale si dovrebbe pertanto ricorrere con estrema cautela.

Un metodo alternativo è la selezione passiva. Nelle gabbie di acquacoltura, prima dell'affollamento, è possibile installare delle calibratrici Flexi-Panel nella rete a strascico, che consentono agli operatori di racchiudere i pesci di grandi dimensioni in una gabbia a parte, permettendo a quelli più piccoli di nuotare attraverso le aperture del Flexi-Panel e tornare nella gabbia principale.

In uno di questi sistemi, una rete a strascico dotata di calibratore viene utilizzata per contenere tutti i pesci presenti nella gabbia e viene poi gradualmente sollevata, in questo modo i pesci più piccoli sono in grado di nuotare attraverso le aperture del selezionatore passivo, mentre i pesci più grandi rimangono nella rete. I vantaggi del raggruppamento passivo sono che i pesci più piccoli non vengono rimossi dall'acqua, riducendo al tempo stesso danni fisici e stress.

Compassion raccomanda di valutare lo stato di salute dei pesci prima di iniziare qualsiasi operazione di affollamento. È essenziale monitorare attentamente l'operazione per rilevare eventuali segni di stress e fornire ossigeno prima di iniziare. Un affollamento ottimale è quello in cui i pesci nuotano con tranquillità, lasciando affiorare in superficie solo la pinna dorsale. Non si devono osservare movimenti improvvisi con cui i pesci cercano di raggiungere il fondale, né vedere scaglie nell'acqua e, solo occasionalmente, i fianchi del pesce. I livelli di ossigeno devono essere monitorati continuamente e la gestione del banco deve essere regolata sulla base di indicatori di benessere come il comportamento. Eventuali segni come acqua rossa, presenza di scaglie in acqua, danni a pelle/muso o emorragie sui singoli pesci sono indicatori che è necessario un intervento immediato. L'affollamento dei salmoni deve essere effettuato solo per un massimo di 2 ore, prevedendo un periodo di recupero tra un affollamento e l'altro (l'RSPCA raccomanda non più di 2 volte in una settimana e non più di 3 in un mese). La selezione in base alle dimensioni dovrebbe essere effettuata solo quando assolutamente necessario, con la massima cautela e con un tempo massimo che i salmoni passano fuori dall'acqua di 15 secondi.

Appendice 1. Principali malattie dei salmoni

	Nome	Descrizione	Cura / Prevenzione
Malattie infettive	Anemia infettiva del salmone	Un vettore è il pidocchio marino. Scarsa igiene dell'acqua, manipolazione, mescolamento dei gruppi. Caratterizzata da grave anemia ed emorragie interne.	Vaccinazione. Non esiste cura: tutti i pesci infetti devono essere abbattuti.
	Malattia della bocca rossa (ERM) causata da <i>Yersinia ruckeri</i>		Vaccinazione
	Foruncolosi causata da <i>Aeromonas salmonicida</i>		Vaccinazione
	Malattia del pancreas causata da alfavirus dei Salmonidi (SAV)	Provoca necrosi dei tessuti pancreatici. I pesci infetti versano in cattive condizioni: sono magri e letargici. Kilburn <i>et al.</i> (2012) hanno analizzato la mortalità causata da SAV in Scozia e hanno scoperto che c'è stato un aumento dell'incidenza negli ultimi anni.	
	Vibriosi da <i>Vibrio anguillarum</i>		Vaccinazione
	Winter Ulcer Disease causato da <i>Moritella viscosa</i>	Condizioni di allevamento non ottimali: alta densità dei pesci, scarso ricambio d'acqua, bassa temperatura dell'acqua, precedenti infezioni da pidocchi marini e alimentazione inadeguata.	Terapia antibiotica Vaccinazione Buone pratiche di allevamento
	Necrosi pancreatica infettiva	Condizioni di allevamento non ottimali: scarsa qualità dell'acqua, alta densità di allevamento, mescolamento di gruppi diversi. Può causare gravi perdite (fino al 50%) sia nella fase in acqua dolce che in quella in mare, anche quando i pesci mostrano pochi sintomi. I focolai clinici sono spesso correlati ai livelli di stress cui sono soggetti i pesci, in particolare durante il trasferimento in acqua di mare (RSPCA).	Vaccinazione
	Cardiomiopatia e Miocardite virale (PMCV)	Colpisce il muscolo cardiaco e riduce la capacità cardiovascolare (Garseth <i>et al.</i> , 2017), lasciando i pesci fragili e deboli e riducendo la capacità di far fronte a ulteriori stress. È stata registrata come causa di molte morti in massa (Sarah Allen, 2018).	

Parassitosi	Pidocchi marini (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>)	Vedi sezione sopra e Appendice 2	
	Morbo branchiale da <i>Neoparamoeba perurans</i>	Aumento della temperatura dell'acqua e variazioni di salinità. L'infestazione delle branchie provoca un aumento della produzione di muco, con conseguenti problemi respiratori (può causare la morte). La temperatura dell'acqua, la salinità, le dimensioni e la qualità degli smolt sono fattori chiave che contribuiscono all'incidenza della malattia. Può causare fino al 50% di mortalità (Scottish Government, 2018).	Bagno di acqua dolce di 2-3 ore o bagni di perossido di idrogeno
Tossine	Fioriture algali	Le alghe producono tossine, riducono i livelli di ossigeno di notte e quando muoiono, e causano l'irritazione diretta di branchie e pelle.	
Malattie metaboliche	Malformazioni scheletriche: deformazioni della mascella e della colonna vertebrale (fase in acqua dolce). Ad esempio, colonna vertebrale corta a causa di deficit alimentare.	Composizione del mangime (mancanza di fosforo), temperature elevate e manipolazione del fotoperiodo, temperatura di incubazione delle uova.	
	Sordità	Crescita accelerata, variazioni di temperatura, fattori nutrizionali, luce continua, ecc.	

Appendice 2. Principali trattamenti per i pidocchi marini utilizzati negli allevamenti di salmone e implicazioni per il benessere degli animali⁹.

⁹ Per una descrizione più dettagliata dei metodi elencati: <https://globalsalmoninitiative.org/en/what-is-the-gsi-working-on/biosecurity/non-medicinal-approaches-to-sea-lice-management/>

Trattamento	Metodo	Principali problemi di benessere	Ulteriori informazioni
Termico (Thermolicer ^{®10})	Si sottopongono i pesci a un bagno di acqua calda per rimuovere i pidocchi	<ul style="list-style-type: none"> - Affollamento, pompaggio e rimozione dei pesci dall'acqua - L'acqua calda può essere fonte di dolore - I pesci che non presentano buone condizioni di salute, come morbo branchiale, sono esposti a gravi pericoli o morte - La manipolazione può inibire la risposta immunitaria dei pesci 	<ul style="list-style-type: none"> - Secondo Grøntvedt <i>et al.</i> (2018) il trattamento a 34° C rimuove il 75-100% di pidocchi mobili, ma è inefficace per quelli attaccati - Nel 2016, sono morti 95.000 pesci durante l'uso di Thermolicer¹¹ - Prima dell'uso è necessaria una valutazione del benessere
Meccanico (Hydrolicer ^{®12} , SkaMik ¹³)	Pesci esposti a variazioni di pressione, anche in combinazione con la presenza di spazzole (SkaMik)	<ul style="list-style-type: none"> - Affollamento, pompaggio e rimozione dei pesci dall'acqua - Rimozione del muco protettivo e delle scaglie, che sono la prima linea di difesa contro gli agenti patogeni - La manipolazione può inibire la risposta immunitaria dei pesci 	<ul style="list-style-type: none"> - Prima dell'uso è necessaria una valutazione del benessere. I sistemi Hydrolicer[®] e SkaMik non dispongono di report o pubblicazioni indipendenti che prendano in esame benessere e mortalità (Overton <i>et al.</i>, 2018)
Bagni di acqua dolce	Immersione dei salmoni infestati in acqua dolce	<ul style="list-style-type: none"> - Affollamento e pompaggio - L'acqua dolce altera lo strato di muco sulla pelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Non è considerato del tutto efficace, in particolare contro le fasi più avanzate dell'infestazione, e vi sono prove di resistenza da parte dei pidocchi marini. Lesioni esterne legate all'affollamento sono comuni dopo questo tipo di trattamento (B Hjeltnes <i>et al.</i>, 2016). - Il trattamento in acqua dolce nelle imbarcazioni a pozzo ha dato risultati promettenti come alternativa, e ha iniziato a essere usato come trattamento di disinfestazione dall'industria (M. D. Powell <i>et al.</i>, 2015)

¹⁰ <https://www.steinsvik.no/en/products/e/seaculture/fish-health/thermolicer>

¹¹ <https://www.bbc.co.uk/news/uk-scotland-38966188>

¹² <https://hydrolicer.no/wp-content/uploads/2018/11/the-hydrolicer-system-1.pdf>

¹³ <https://skamik.no/english/>

Bagni chimici (per es. perossido di idrogeno, Diclorvos, azametifos, cipermetrina, teflubenzurone e ivermectina)	Esposizione tramite immersione in bagni	<ul style="list-style-type: none"> - Affollamento - H₂O₂ è irritante: causa danni alle branchie e alle mucose compromettendo il sistema immunitario - Riduzione dei tassi di crescita 	<p>I pidocchi marini possono sviluppare una resistenza al perossido di idrogeno (B Hjeltnes <i>et al.</i>, 2016) e in un allevamento scozzese sono morti 60.000 salmoni in seguito a trattamento con questa sostanza¹⁴.</p> <p>L'azametifos è altamente tossico per gli uccelli e gli invertebrati acquatici e moderatamente tossico per i pesci¹⁵.</p> <p>Vengono colpiti anche altri crostacei (organismi non bersaglio), soprattutto perché per aumentare l'efficacia si utilizzano più terapie combinate (Haya <i>et al.</i>, 2005).</p>
Chimico: terapia orale tramite alimentazione, per es. SLICE® emamectina benzoato	Trattamento orale dei pidocchi marini		<p>Impatto ambientale negativo (accumulo nei sedimenti e ricadute su altri organismi) (Haya <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>L'uso estensivo può risultare in pidocchi resistenti ai farmaci (Aaen <i>et al.</i>, 2015; Read and Fernandes, 2003).</p>
Prevenzione: barriere fisiche	Profondità della gabbia, reti che limitino l'accesso agli strati di acqua più superficiali, sistemi di illuminazione/alimentazione in profondità, cortine di bolle d'aria e trappole per pidocchi marini	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuzione del ricambio d'acqua e quindi diminuzione dei livelli di ossigeno e aumento della concentrazione dei prodotti di scarto - Problemi di benessere legati alla capacità di riempire le vesciche natatorie in gabbie o reti sommerse 	<p>Molti di questi metodi hanno effetti potenzialmente rilevanti sul benessere (Oppedal <i>et al.</i>, 2017; Lars Helge Stien <i>et al.</i>, 2016; Lars Helge Stien <i>et al.</i>, 2018).</p>
Periodi di fermo	Lasciare i siti vuoti per un certo periodo consente di ridurre la		<p>Deve essere parte di una strategia di gestione del territorio¹⁶ e l'efficienza deve ancora essere studiata.</p> <p>In Scozia il <i>Code of Good Practice for Finfish Aquaculture</i> raccomanda un periodo minimo di fermo di 4 settimane¹⁷.</p>

¹⁴ <https://www.intrafish.com/news/751778/de-lousing-kills-32700-fish-at-marine-harvest-operation>

¹⁵ <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/48.htm>

¹⁶ <https://www.gov.scot/publications/scottish-fish-farm-production-survey-2017/>

¹⁷ <http://thecodeofgoodpractice.co.uk/wp-content/uploads/2015/02/cogp-chapter-4-seawater-lochs2.pdf>

	presenza di pidocchi marini		In Norvegia, secondo la normativa nazionale deve essere applicato un fermo minimo di 8 settimane alla fine di ogni ciclo ¹⁸ .
Metodi biologici: pesci pulitori	Introduzione di ciclotteri/labri che si cibano dei pidocchi marini direttamente	<ul style="list-style-type: none"> - Gli stock di ciclotteri possono provenire in larga misura dalla pesca - Metà dei labri impiegati provengono dalla pesca (attualmente si cattura fino a 1 milione di labri selvatici all'anno) - I tassi di mortalità possono raggiungere il 100% - Si stima che un terzo dei ciclotteri muoiano di fame nei primi mesi - Soffrono lo stress causato da scarsa qualità dell'allevamento, alimentazione inadeguata e manipolazione durante la vaccinazione e la cattura - Non sono ancora stati elaborati standard di benessere per i pesci pulitori in cattività. 	<p>Bassa efficienza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solo tra il 15 e il 36% dei ciclotteri si nutrono effettivamente di pidocchi marini (Imstrand <i>et al.</i>, 2016) - Raggiunta una certa dimensione, i ciclotteri smettono di mangiare i pidocchi (A. Powell <i>et al.</i>, 2017) - I labri hanno un periodo di dormienza invernale, quindi smettono di nutrirsi a temperature più basse - Hanno bisogno di alimentazione supplementare e i ciclotteri anche di un substrato a cui attaccarsi (Imstrand <i>et al.</i>, 2015) - I pesci pulitori possono trasmettere malattie ai salmoni: soffrono di diverse malattie come infezioni batteriche, morbo branchiale, foruncolosi, cataratta e possono a loro volta essere bersaglio dei pidocchi (A. Powell <i>et al.</i>, 2017) - La pesca non è regolamentata e i singoli esemplari non sono impiegati in cicli successivi. La pratica attuale consiste nell'abbatterli dopo un ciclo di produzione del salmone (Marine Conservation Society, 2018)

¹⁸ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822/KAPITTEL_4#%C2%A747a

BIBLIOGRAFIA

- Aaen, S. M., Helgesen, K. O., Bakke, M. J., Kaur, K., & Horsberg, T. E. (2015). Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends in Parasitology*, *31*(2), 72–81. <https://doi.org/10.1016/J.PT.2014.12.006>
- Adams, C. E., Turnbull, J. F., Bell, A., Bron, J. E., & Huntingford, F. A. (2007). Multiple determinants of welfare in farmed fish: stocking density, disturbance, and aggression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *64*(2), 336–344. <https://doi.org/10.1139/f07-018>
- Barber, I. (2007). Parasites, behaviour and welfare in fish. *Applied Animal Behaviour Science*, *104*(3–4), 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.005>
- Björge, M. H., Nordgreen, J., Janczak, A. M., Poppe, T., Ranheim, B., & Horsberg, T. E. (2011). Behavioural changes following intraperitoneal vaccination in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Applied Animal Behaviour Science*, *133*(1–2), 127–135. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2011.04.018>
- Bowers, J. M., Mustafa, A., Speare, D. J., Conboy, G. A., Brimacombe, M., Sims, D. E., & Burka, J. F. (2000). The physiological response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., to a single experimental challenge with sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*. *Journal of Fish Diseases*, *23*(3), 165–172. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2000.00225.x>
- Calabrese, S., Nilsen, T. O., Kolarevic, J., Ebbesson, L. O. E., Pedrosa, C., Fivelstad, S., ... Handeland, S. O. (2017). Stocking density limits for post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) emphasis on production performance and welfare. *Aquaculture*, *468*, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.041>
- Cañon Jones, H. A., Noble, C., Damsgård, B., & Pearce, G. P. (2012). Investigating the influence of predictable and unpredictable feed delivery schedules upon the behaviour and welfare of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) using social network analysis and fin damage. *Applied Animal Behaviour Science*, *138*(1–2), 132–140. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2012.01.019>
- Conte, F. (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, *86*(3–4), 205–223. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.003>
- Domingues, C. M., Church, J. A., White, N. J., Gleckler, P. J., Wijffels, S. E., Barker, P. M., & Dunn, J. R. (2008). Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature*, *453*(7198), 1090–1093. <https://doi.org/10.1038/nature07080>
- Dunlop, R. A., Laming, P. R., & Smith, T. E. (2004). The Stress of four commercial farming practices, feeding, counting, grading and harvesting, in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, *37*(3), 179–192. <https://doi.org/10.1080/10236240400006133>
- EFSA. (2008). The EFSA Journal (2008) 736, 1-31. *Animal Welfare Aspects of Husbandry Systems for Farmed Atlantic Salmon*, (June), 1–31.
- EFSA. (2009). Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on welfare aspect of the main systems of stunning and killing of farmed eel (*Anguilla anguilla*). *The EFSA Journal*, *1014*, 1–42. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1013>
- Einen, O., Waagan, B., & Thomassen, M. S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, *166*(1–2), 85–104. [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(98\)00279-8](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(98)00279-8)
- Ellis, T. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, *61*(3), 493–531. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2057>
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M., & Gadd, D. (2002a). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, *61*(3), 493–531. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2057>
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M., & Gadd, D. (2002b). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, *61*(3), 493–531. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2057>
- Erikson, U., Gansel, L., Frank, K., Svendsen, E., & Digre, H. (2016). Crowding of Atlantic salmon in net-pen before slaughter. *Aquaculture*, *465*, 395–400. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.018>
- Farm Animal Welfare Committee (FAWC). (2014). Opinion on the Welfare of Farmed Fish at the Time of Killing.
- Fast, M. D., Hosoya, S., Johnson, S. C., & Afonso, L. O. B. (2008). Cortisol response and immune-related effects of Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus) subjected to short- and long-term stress. *Fish & Shellfish Immunology*, *24*(2), 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2007.10.009>
- Fernandes, Eleftheriou, Ackefors, Eleftheriou, Ervik, Sanchez-Mata, ... Read. (2001). The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, *17*(4), 181–193. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2001.00315.x>
- Fry, J. P., Mailloux, N. A., Love, D. C., Milli, M. C., & Cao, L. (2018). Corrigendum: Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? (2018 Environ. Res. Lett. 13 024017) . *Environmental Research Letters*, *13*(7), 079502. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad007>
- Gonçalves, J., Carraça, S., Damasceno-Oliveira, A., Fernández-Durán, B., Diaz, J., Wilson, J., & Coimbra, J. (2006). Effect of Reduction in Water Salinity on Osmoregulation and Survival of Large Atlantic Salmon Held at High Water Temperature. *North American Journal of Aquaculture*, *68*(4), 324–329. <https://doi.org/10.1577/A05-056.1>
- Government., S. (2018). Amoebic gill disease (AGD).
- Grøntvedt, R. N., Kristoffersen, A. B., & Jansen, P. A. (2018). Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse

- (Lepeophtheirus salmonis L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture*, 495, 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.069>
- Handeland, S. O., Imsland, A. K., & Stefansson, S. O. (2008). The effect of temperature and fish size on growth, feed intake, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts. *Aquaculture*, 283(1–4), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.042>
- Haya, K., BurrIDGE, L. E., Davies, I. M., & Ervik, A. (2005). A Review and Assessment of Environmental Risk of Chemicals Used for the Treatment of Sea Lice Infestations of Cultured Salmon. *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture*, 5(July), 305–340. <https://doi.org/10.1002/path.1711130106>
- Hjeltnes B, Bang-Jensen B, Bornø G, Haukaas A, W. C. (2018). *The Health Situation in Norwegian Aquaculture 2017*.
- Hjeltnes, B, Walde, C., Bang-Jensen, B., & Haukaas, A. (2016). *The Fish Health Report 2015*.
- Hjeltnes, Brit, Baeverfjord, G., Erikson, U., Mortensen, S., Rosten, T., & Østergård, P. (2012). *Norwegian Scientific Committee for Food Safety (VKM) Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries Risk Assessment of Recirculation S*.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Nytrø, A. V., Foss, A., ... Elvegård, T. A. (2015). Assessment of suitable substrates for lumpfish in sea pens. *Aquaculture International*, 23(2), 639–645. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9840-0>
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Mortensen, A., Hansen, Ø. J., Puvanendran, V., ... Jonassen, T. M. (2016). Is cleaning behaviour in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) parentally controlled? *Aquaculture*, 459, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.047>
- Jackson, D., Moberg, O., Stenevik Djupevåg, E. M., Kane, F., & Hareide, H. (2018). The drivers of sea lice management policies and how best to integrate them into a risk management strategy: An ecosystem approach to sea lice management. *Journal of Fish Diseases*, 41(6), 927–933. <https://doi.org/10.1111/jfd.12705>
- Jansen, P. A., Kristoffersen, A. B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M., & Stien, A. (2012). Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1737), 2330–2338. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0084>
- Jobling, M. (2006). The influences of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review*. NOTE ADDED IN PROOF. *Journal of Fish Biology*, 18(5), 615–615. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb03802.x>
- Johansson, D., Juell, J. E., Oppedal, F., Stiansen, J. E., & Ruohonen, K. (2007). The influence of the pycnocline and cage resistance on current flow, oxygen flux and swimming behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages. *Aquaculture*, 265(1–4), 271–287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.047>
- Johansson, D., Ruohonen, K., Kiessling, A., Oppedal, F., Stiansen, J.-E., Kelly, M., & Juell, J.-E. (2006). Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture*, 254(1–4), 594–605. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2005.10.029>
- Johnson, S. C., Treasurer, J. W., Bravo, S., & Nagasawa, K. (2004). A review of the impact of Parasitic Copepods on Marine Aquaculture A Review of the Impact of Parasitic Copepods on Marine Aquaculture, (April 2004).
- Juell, J.-E., Oppedal, F., Boxaspen, K., & Taranger, G. L. (2003). Submerged light increases swimming depth and reduces fish density of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in production cages. *Aquaculture Research*, 34(6), 469–478. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00833.x>
- Kim, D. S., Jo, J.-Y., & Lee, T.-Y. (1994). Induction of triploidy in mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and its effect on gonad development and growth. *Aquaculture*, 120(3–4), 263–270. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90083-3)
- Krogdahl, Å., & Bakke-McKellep, A. M. (2005). Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, 141(4 SPEC. ISS.), 450–460. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.06.002>
- Midtlyng, P. J. (1997). Vaccinated fish welfare: protection versus side-effects. *Developments in Biological Standardization*, 90, 371–379.
- Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L. H., & Turnbull, J. F. (2018). *Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon : tools for assessing fish welfare*.
- North, B. P., Ellis, T., Turnbull, J. F., Davis, J., & Bromage, N. R. (2006). Stocking density practices of commercial UK rainbow trout farms. *Aquaculture*, 259(1–4), 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.05.043>
- Oppedal, F., Dempster, T., & Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311(1–4), 1–18. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2010.11.020>
- Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D. W., Bui, S., & Stien, L. H. (2017). Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Management Science*, 73(9), 1935–1943. <https://doi.org/10.1002/ps.4560>
- Oppedal, F., Vågseth, T., Dempster, T., Juell, J.-E., & Johansson, D. (2011). Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 315(3–4), 361–368. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2011.02.037>
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2018). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 1–20. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- Pachauri, R K, & Reisinger, A. (2007). Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and

- III to the fourth assessment report (p. 104). Switzerland.
- Powell, A., Treasurer, J. W., Pooley, C. L., Keay, A. J., Lloyd, R., Imsland, A. K., & Garcia de Leaniz, C. (2017). Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: Challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture*.
<https://doi.org/10.1111/raq.12194>
- Powell, M. D., Reynolds, P., & Kristensen, T. (2015). Freshwater treatment of amoebic gill disease and sea-lice in seawater salmon production: Considerations of water chemistry and fish welfare in Norway. *Aquaculture*, *448*, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.027>
- Read, P., & Fernandes, T. (2003). Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture*, *226*(1–4), 139–163. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00474-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00474-5)
- Robb, D. H. F. (2008). Welfare of fish at harvest. In E.J. Branson (Ed.), *Fish welfare* (pp. 217–242). Blackwell Publishing Ltd.
- RSPCA. (2018). RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon.
- Santurtun, E., Broom, D. M., & Phillips, C. J. C. (2018). A review of factors affecting the welfare of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *442*, 193–204. <https://doi.org/10.7120/09627286.27.3.193>
- Sarah Allen. (2018). *FISH WELFARE ON SCOTLAND'S SALMON FARMS*. Retrieved from
<https://www.onekind.scot/wp-content/uploads/Salmon-farm-report-2018.pdf>
- Society, M. conservation. (2018). *Use of cleaner fish in salmon farming: Current use, concerns and recommendations*.
- Sørum, U., & Damsgård, B. (2004). Effects of anaesthetisation and vaccination on feed intake and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, *232*(1–4), 333–341. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00529-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00529-5)
- Stien, Lars H., Bracke, M. B. M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., ... Kristiansen, T. S. (2013). Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): A semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: Review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture*, *5*(1), 33–57.
<https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01083.x>
- Stien, Lars Helge, Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J. E., Wright, D. W., & Oppedal, F. (2016). ‘Snorkel’ sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, *458*, 29–37. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2016.02.014>
- Stien, Lars Helge, Lind, M. B., Oppedal, F., Wright, D. W., & Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*, *490*, 281–287.
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2018.02.045>
- Thorarensen, H., & Farrell, A. P. (2011). The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture*, *312*(1–4), 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2010.11.043>
- Treasurer, J., & Feledi, T. (2014). The Physical Condition and Welfare of Five Species of Wild-caught Wrasse Stocked under Aquaculture Conditions and when Stocked in Atlantic Salmon, *Salmo salar*, Production Cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, *45*(2), 213–219. <https://doi.org/10.1111/jwas.12099>
- Turnbull, J., Bell, A., Adams, C., Bron, J., & Huntingford, F. (2005). Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis. *Aquaculture*, *243*(1–4), 121–132.
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2004.09.022>
- Waagbø, R., Jørgensen, S. M., Timmerhaus, G., Breck, O., & Olsvik, P. A. (2017). Short-term starvation at low temperature prior to harvest does not impact the health and acute stress response of adult Atlantic salmon. *PeerJ*, *5*, e3273. <https://doi.org/10.7717/peerj.3273>
- Wall, A. J. (2000). *Ethical considerations in the handling and slaughter of farmed fish. Farmed fish quality*. Eds. Kestin S.C. & Warris P.D., Oxford, Fishing News Books.
- Wedemeyer, G. A. (1996). *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Springer US.