



FISIOLOGIA E CLIMA

La temperatura non è un dato accanto agli altri: è la variabile che ne fissa il significato. Decide quanto mangiano le koi e quanto azoto producono, decide quanta parte dell'azoto ammoniacale è tossica, decide quanto ossigeno l'acqua può contenere mentre la domanda sale, e decide se il sistema immunitario del pesce è in grado di rispondere. In Italia decide anche una cosa in più: che non esiste un solo laghetto italiano da gestire, ne esistono almeno due.

In breve

- Il metabolismo raddoppia grosso modo ogni 10 °C. La produzione di azoto segue, la capacità del filtro no, non allo stesso ritmo.
- La risposta immunitaria specifica è molto lenta sotto i 10-12 °C, mentre buona parte dei patogeni non lo è affatto. La fascia 8-12 °C è la più insidiosa dell'anno.
- L'ossigeno a saturazione scende da circa 9 mg/l a 20 °C a circa 7,5 a 30 °C e 7,0 a 35 °C, mentre il fabbisogno sale. Il minimo giornaliero è prima dell'alba.
- A parità di azoto totale, salire da 20 a 30 °C quasi raddoppia la frazione di **ammoniaca libera (NH3)**.
- In Pianura Padana le notti estive non raffreddano il laghetto: l'aerazione notturna è una necessità del nord quanto del sud.
- Al centro-sud l'inverno mite non è l'inverno facile: senza vera quiescenza il metabolismo continua e l'immunità no.

Metabolismo e alimentazione: la tabella operativa

Le koi sono ectoterme: la temperatura dell'acqua è la loro temperatura. Ogni processo — digestione, crescita, guarigione, produzione di anticorpi — scala con essa, all'incirca raddoppiando ogni 10 °C. Da qui la tabella che ogni allevatore finisce per costruirsi, e che vale la pena mettere per iscritto con quello che succede *intorno* al pesce e non solo nel pesce.

TEMPERATURA	METABOLISMO	ALIMENTAZIONE	FILTRO BIOLOGICO	IMMUNITÀ
sotto 5 °C	minimo, quiescenza	nessuna	quasi fermo	praticamente sospesa
5-8 °C	molto basso	nessuna	molto lento	molto scarsa
8-12 °C	basso ma reale	minima, molto digeribile, solo giornate stabili	parziale, in ritardo	scarsa: fascia critica

TEMPERATURA	METABOLISMO	ALIMENTAZIONE	FILTRO BIOLOGICO	IMMUNITÀ
12-16 °C	in ripresa	una volta al giorno, mangimi da bassa temperatura	in maturazione	in ripresa
16-22 °C	pieno regime	2-3 volte al giorno	efficiente	buona
22-28 °C	massimo	3-4 volte, razioni contenute	al massimo, forte consumo di ossigeno	ottimale
sopra 28 °C	alto ma sotto stress	ridurre; evitare le ore centrali	limitato dall'ossigeno	in calo per stress termico

Due precisazioni che la tabella da sola non trasmette. La prima: **i batteri nitrificanti e le koi non rallentano allo stesso ritmo**. In primavera il pesce riprende ad alimentarsi prima che il **filtro biologico** sia tornato a regime, e per qualche settimana la produzione di azoto supera la capacità di ossidarlo. È il motivo per cui il picco stagionale di problemi azotati cade in aprile-maggio e non ad agosto. La seconda: sopra i 28 °C il fattore limitante non è più la temperatura ma l'ossigeno, sia per il pesce sia per la nitrificazione, che è un processo aerobio e consuma ossigeno in modo consistente.

Il sistema immunitario alle basse temperature

Questo è il punto su cui la gestione italiana devia più nettamente da quella nordeuropea, e vale la pena essere precisi.

La risposta immunitaria *specific*a — quella che produce anticorpi, che sostiene la memoria immunitaria e che risponde a un'infezione nuova — è fortemente rallentata sotto i 12 °C e sostanzialmente inefficace sotto i 10 °C. Una risposta che a 20 °C richiede una decina di giorni, a 10 °C può richiederne sei o otto settimane. La componente *innata* — barriera mucosa, complemento, cellule fagocitarie — resta parzialmente attiva, e infatti le koi sopravvivono benissimo agli inverni: ma è una difesa che rallenta un'infezione, non che la risolve.

Il problema è che i patogeni non hanno lo stesso profilo termico. *Saprolegnia*, *Ichthyobodo* (la vecchia *Costia*), *Chilodonella*, *Trichodina* e diversi ceppi di *Aeromonas* lavorano bene in acqua fredda o tiepida. La conclusione operativa è netta: **la fascia 8-12 °C è la finestra dell'anno in cui il pesce è meno capace di difendersi e il patogeno è ancora attivo**. In Pianura Padana ci si passa due volte l'anno, in autunno e in primavera, e ogni volta per settimane di grigio e umido. Al centro-sud, in molte annate, ci si passa *tutto l'inverno*. È esattamente la situazione in cui uno stress evitabile — una manipolazione, un cambio d'acqua brusco, una rete tolta e rimessa — costa più di quanto costerebbe in luglio.

La finestra della risalita primaverile. Nella fascia fra circa 16 e 28 °C, con il classico periodo di rischio sulla risalita di primavera, si esprimono alcune delle patologie virali più temute nelle collezioni koi. Non è un argomento di chimica dell'acqua e nessun sistema di monitoraggio le rileva — noi non facciamo diagnosi e non le pretendiamo. Vale però una regola gestionale: la primavera non è il momento per introdurre pesci nuovi senza quarantena, e la risalita termica va accompagnata, non forzata.

Temperatura e ossigeno: due curve che vanno in direzioni opposte

L'acqua calda contiene meno ossigeno. Il fabbisogno del pesce, nello stesso momento, sale. È la tenaglia dell'estate italiana.

TEMPERATURA	OSSIGENO A SATURAZIONE (100 %)	FABBISOGNO RELATIVO DELLE KOI
5 °C	12,8 mg/l	molto basso
10 °C	11,3 mg/l	basso
15 °C	10,1 mg/l	moderato
20 °C	circa 9,1 mg/l	pieno
25 °C	8,2 mg/l	alto
30 °C	circa 7,5 mg/l	molto alto
35 °C	circa 7,0 mg/l	estremo

Fra 20 e 30 °C la capacità dell'acqua cala di circa il 17 %, mentre il consumo del pesce grosso modo raddoppia. E queste sono cifre di *saturatione*, cioè il tetto teorico: il valore reale del tuo laghetto alle cinque del mattino di un giorno d'agosto è quasi sempre ben sotto. Per questo l'**ossigeno disciolto (OD)** va letto sia in mg/l sia in % di **saturatione**: la percentuale ti dice se il laghetto sta scambiando bene, i mg/l ti dicono se il pesce ha abbastanza. Approfondimento sulla [pagina dell'ossigeno disciolto](#).

Una correzione che interessa i laghetti prealpini e appenninici: la saturazione dipende dalla pressione atmosferica, che cala di circa l'1,2 % ogni 100 metri di quota. Un laghetto a 600 m sul livello del mare ha un tetto di ossigeno di circa il 7 % inferiore a uno in pianura, a parità di temperatura. Non è drammatico, ma in agosto con l'acqua a 27 °C è margine che non hai.

Se vedi le koi **boccheggiare in superficie** alle sei del mattino e poi stare tranquille alle undici, non hai un pesce capriccioso: hai un laghetto che tocca il **minimo prima dell'alba**. La fotosintesi si ferma al tramonto, la respirazione di pesci, batteri e alghe continua tutta la notte, e il punto più basso della curva è appena prima che la luce riparta.

Temperatura e tossicità dell'ammoniaca

La temperatura entra nella chimica dell'azoto per tre vie contemporaneamente, e si sommano tutte nella stessa direzione.

Prima via. La ripartizione fra **ammonio (NH₄⁺)**, innocuo, e **ammoniaca libera (NH₃)**, tossica, dipende da pH e temperatura. A pH 8,0, la frazione libera passa dal 3,8 % a 20 °C al 7,4 % a 30 °C: quasi il doppio, a parità di azoto totale letto dal kit. **Seconda via.** A 30 °C le koi mangiano molto più che a 20 °C, quindi l'azoto totale non è affatto lo stesso: è più alto. **Terza via.** Con più ossigeno consumato e meno disponibile, un pesce già in difficoltà respiratoria tollera peggio l'ammoniaca, che agisce proprio sull'epitelio branchiale.

Il risultato è che passare da 20 a 30 °C può moltiplicare per tre o quattro il carico effettivo di ammoniaca libera mentre l'ossigeno cala del 17 %. Il meccanismo completo e le tabelle di ripartizione sono su [ammoniaca e nitriti](#).

Velocità di variazione: il rischio che si sottovaluta

Le koi tollerano un intervallo termico ampio. Quello che tollerano male è arrivarci in fretta, perché la fisiologia — enzimi, permeabilità branchiale, flora batterica della cute — impiega giorni ad adattarsi. Le convenzioni diffuse fra allevatori:

- Variazione stagionale naturale, 1-2 °C al giorno: nessun problema, è quello a cui l'animale è costruito.
- Variazione superiore a 2-3 °C in poche ore: stress reale, soprattutto sotto i 15 °C dove l'immunità non compensa.
- Oltre 5 °C in poche ore: rischio serio, con finestra di infezioni opportunistiche nei giorni successivi.
- Acclimatazione di pesci nuovi: gradualità sull'ordine dell'ora, non dei minuti, e mai al di sopra di 1 °C ogni 15-20 minuti.

Le bombe d'acqua di settembre, valutate con onestà

I temporali convettivi intensi di fine estate e i temporali autunnali del nord sono citati come eventi termici, ma il conto ridimensiona la parte termica e ingrandisce il resto. Prendiamo un laghetto da 10.000 litri con 20 m² di superficie, acqua a 24 °C, e 50 mm di pioggia a 15 °C in un'ora: sono 1.000 litri, cioè il 10 % del volume, e la temperatura media finale scende di meno di 1 °C. Sembra poco, e in effetti come sbalzo medio lo è.

Il problema è altrove, in tre punti. Primo: quella pioggia è **acqua priva di potere tampone**, e sta diluendo del 10 % una durezza carbonatica (KH) già consumata da tutta l'estate di nitrificazione — se eri a 5 °dKH, ora sei sotto. Secondo: l'acqua piovana fredda non si mescola istantaneamente, forma uno strato superficiale localmente molto più freddo del valore medio, ed è lì che stanno i pesci. Terzo, e in Italia decisivo: il **dilavamento**. Se il laghetto raccoglie il ruscellamento di un vialetto, di un tetto o di un prato trattato, il volume in ingresso è un multiplo di quello caduto sullo specchio d'acqua, e porta con sé carico organico e terra. Le due pagine da leggere insieme a questa, in autunno, sono [il crollo del pH](#) e [la morte improvvisa](#).

Stratificazione: perché un solo termometro mente

Un laghetto profondo, in giornate calde e senza vento — e l'afa padana è per definizione senza vento — si stratifica. La superficie si scalda, il fondo resta più freddo, e senza rimescolamento meccanico i due strati non si parlano. Fra superficie e fondo di una vasca da 2 metri, in agosto, si misurano regolarmente 3-4 °C di differenza. Lo strato profondo, che non scambia con l'atmosfera, si impoverisce di ossigeno indipendentemente da quello che segna la sonda in superficie.

Conseguenza pratica: **la profondità a cui misuri è parte della misura**. Un termometro appeso a 20 cm dalla superficie racconta la giornata dell'aria, non quella del pesce. Se il laghetto è profondo, misura a metà colonna, e assicurati che il ricircolo prenda dal fondo. La stessa attenzione vale per la sonda di un sistema di **monitoraggio in continuo del laghetto**: la posizione è una scelta progettuale, non un dettaglio di installazione.

L'anno italiano, per la temperatura

Qui va detta la cosa che quasi tutta la letteratura tradotta sbaglia: **non esiste un "inverno italiano"**. Ci sono almeno due regimi, e quello commercialmente più rilevante — la Pianura Padana, dove stanno l'associazione mantovana, l'expo di Cremona e le collezioni più serie — non è affatto un clima temperato oceanico.

Nord — Pianura Padana

Novembre-gennaio. Clima continentale umido. L'acqua scende verso 3-6 °C, con settimane di nebbia e luce bassissima. Il ghiaccio di superficie può formarsi, ma di norma è sottile e di breve durata: *la calotta di ghiaccio spessa e prolungata su cui è costruita gran parte della gestione invernale tedesca e olandese, in pianura padana non c'è*. Restano validi il buon senso — non rompere il ghiaccio a colpi, mantenere un punto di scambio gassoso aperto — ma non come impianto centrale della stagione. La calotta persistente è uno scenario da laghetti alpini e prealpini d'alta quota, e chi si trova lì la gestisce come tale.

Febbraio-marzo. È la stagione più insidiosa del nord, e non per il freddo. Le prime giornate di sole scaldano lo strato superficiale di qualche grado nel pomeriggio, il laghetto "sembra" a 12 °C, i pesci si muovono, e si riprende a nutrire. La notte torna a 6 °C, il filtro biologico è ancora fermo, il cibo non digerito resta nell'intestino di un pesce con l'immunità a terra. È la falsa primavera, e il conto arriva ad aprile sotto forma di ulcere e problemi azotati.

Aprile-maggio. Risalita reale, ma la lunga permanenza fra 6 e 12 °C che caratterizza le mezze stagioni padane è precisamente la fascia in cui la risposta immunitaria è lenta e i parassiti non lo sono. Consumo di KH al massimo stagionale, finestra parassitaria di primavera aperta.

Giugno-agosto. È la seconda correzione, e la più grossa. L'estate padana è calda e umida, con aria ben oltre i 35 °C, punto di rugiada alto e l'afa che di notte non si rompe. **L'assunzione importata dai contenuti nordeuropei secondo cui le notti estive raffreddano il laghetto qui è falsa.** L'acqua resta alta anche di notte, l'evaporazione notturna non porta via il calore che porterebbe con aria secca, e il minimo di ossigeno prima dell'alba è un fatto padano quanto meridionale. L'aerazione notturna in Lombardia e in Veneto non è un lusso da climi caldi: è ordinaria amministrazione estiva.

Sud, isole e coste tirreniche, adriatiche e pugliesi

Estate. Mediterranea: acqua plausibilmente sopra i 28 °C per settimane, evaporazione che tira forte, ossigeno a saturazione sotto 7,8 mg/l e domanda al massimo. Ombreggiatura, aerazione continua, alimentazione ridotta e spostata alle prime ore. E l'evaporazione fa anche un'altra cosa che riguarda la chimica: toglie acqua e lascia dentro tutto il disciolto, quindi salinità, conducibilità e durezza salgono per tutta l'estate, e i rabbocchi con acqua di rete dura le spingono ancora più su. Il dettaglio è sulla pagina del [cambio d'acqua](#).

Inverno. Ed è qui che va detta la cosa che la letteratura temperata non contiene: **l'inverno mite non è l'inverno facile**. Con l'acqua che non scende mai sotto 8-12 °C, le koi non entrano in vera quiescenza. Il metabolismo continua, la produzione di azoto ammoniacale continua, il filtro biologico lavora a velocità ridotta e la competenza immunitaria a 9-11 °C è scarsa. È l'inverno a metà: nessuno dei vantaggi del freddo vero — arresto metabolico, patogeni rallentati, pesce che semplicemente aspetta — e nessuno dei vantaggi del caldo. La ricetta settentrionale "smetti di nutrire, copri, aspetta" al sud non si applica tale e quale. Serve un'alimentazione minima e molto digeribile nelle giornate stabili, sorveglianza dell'azoto più frequente di quanto un calendario nordico suggerirebbe, e nessuna manipolazione non necessaria.

Metà agosto. Vale la pena dirlo senza retorica: il Paese chiude, il proprietario è fuori due o tre settimane, il laghetto resta a un vicino o a un timer, e succede nel tratto d'anno più caldo e meno indulgente, quando la temperatura è al massimo, l'ossigeno al minimo e la frazione di ammoniaca libera alla sua quota più alta. Una pompa che si ferma il 14 agosto in un laghetto a 29 °C non lascia molte ore di margine. È l'argomento locale più onesto a favore di un monitoraggio in continuo con qualcuno che guardi i dati, e non ha bisogno di essere gonfiato.

Riscaldare, coprire, o non fare niente

Domanda ricorrente, e la risposta italiana onesta è che dipende dalla regione e dal conto energetico, non da un principio.

In Pianura Padana, riscaldare un laghetto all'aperto per tutto l'inverno è costoso e va valutato sul serio. Un compromesso frequente è ridurre le perdite invece di aggiungere calore: **copertura** — telo, serra a tunnel, struttura leggera sopra la vasca — che limita l'irraggiamento notturno e l'evaporazione, tiene fuori le foglie e in molte installazioni mantiene qualche grado in più senza consumare nulla. Chi sceglie di riscaldare in genere non punta ai 20 °C ma a tenere l'acqua sopra i 12 °C, cioè sopra la fascia in cui l'immunità collassa: è un obiettivo molto meno costoso e con un beneficio sanitario molto più diretto.

Al centro-sud il problema non è il freddo, è la permanenza nella fascia intermedia. Riscaldare qui è meno una difesa dal gelo e più un modo per uscire da quella fascia: portare stabilmente l'acqua sopra i 13-14 °C significa restituire al pesce la capacità di rispondere a un'infezione. Chi non riscalda deve compensare con gestione, che vuol dire soprattutto non chiedere niente di più al pesce in quei mesi.

In entrambi i casi, la variabile da tenere d'occhio non è tanto la temperatura media quanto la sua **velocità di variazione** e il tempo trascorso nelle fasce critiche. Sono due cose che una misura una volta al giorno non descrive.

Misurare la temperatura sul serio

La temperatura è la misura più economica e la più sottovalutata. Non perché sia difficile — un termometro affidabile costa poco — ma perché il valore utile non è la lettura, è la *serie*: la curva giorno-notte, la velocità di variazione, il numero di ore passate sopra 28 °C o fra 8 e 12 °C, e il confronto fra superficie e fondo.

La **sonda multiparametrica** H2Koi misura direttamente temperatura, pH, ossigeno disciolto in mg/l e in % di saturazione, conducibilità, torbidità, ammonio e nitrati, con il potenziale redox (ORP) come canale opzionale. La temperatura è insieme una misura a sé e l'ingresso di tutti i **valori derivati (calcolati)**: la ripartizione NH₃/NH₄⁺, la percentuale di saturazione dell'ossigeno, nitriti, salinità, TDS e il KH, che è *calcolato, non titolato*. Poiché temperatura e pH vengono letti nello stesso istante dell'ammonio, l'ammoniaca libera viene ricalcolata di continuo invece di essere stimata a posteriori: è precisamente il calcolo che, fatto a mano una volta a settimana, dice poco.

Nota di coerenza, perché in italiano "durezza" copre due cose diverse: il KH tampona il pH, il GH no; il GH riguarda calcio e magnesio, cioè la fisiologia osmotica del pesce, non la stabilità del pH. **Il GH non viene misurato né riportato dal sistema.** E per chi confronta con il referto del proprio acquedotto, la conversione

da tenere a mente: $1\text{ °dKH} = \text{circa } 17,9\text{ mg/l di CaCO}_3 = \text{circa } 1,79\text{ °f}$; quindi $\text{°dKH} = \text{°f diviso } 1,79$, perché il referto italiano è scritto in gradi francesi e il tuo kit legge in gradi tedeschi.

Una **spazzola autopulente** tiene libere le ottiche dallo sporco, che d'estate è il primo nemico della misura ottica. Il sistema è un **allarme precoce** continuo, con l'accuratezza scientifica di sensori di livello industriale, e non rileva malattie né parassiti. Quello che fa è vedere prima — una risalita anomala, una caduta rapida dopo un temporale, un minimo prima dell'alba che ogni notte scende un po' più in basso.

Domande frequenti

A che temperatura devo smettere di nutrire le koi?

La convenzione più diffusa è sospendere sotto gli 8-10 °C e usare mangimi da bassa temperatura, molto digeribili, nella fascia fra 10 e 14 °C. Ma la temperatura da guardare non è quella del pomeriggio: è la minima notturna, e soprattutto la media degli ultimi giorni, perché la digestione impiega giorni e non ore. È l'errore classico di febbraio-marzo in Pianura Padana: la superficie tocca 12 °C alle tre del pomeriggio, si riprende a nutrire, la notte si torna a 6 °C con il cibo ancora nell'intestino e il filtro biologico ancora fermo. Al centro-sud il problema è opposto e va gestito diversamente: se l'acqua non scende mai sotto 10-11 °C le koi non entrano in vera quiescenza, quindi un'alimentazione minima nelle giornate stabili serve, e serve controllare l'azoto molto più spesso.

Perché le mie koi boccheggiano in superficie solo la mattina presto?

Perché il minimo giornaliero dell'ossigeno disciolto è appena prima dell'alba. Di giorno la fotosintesi di alghe e piante produce ossigeno; di notte tutto il sistema — pesci, batteri del filtro, alghe stesse — respira e basta, e la curva scende fino a quando la luce non riparte. In un'estate padana, dove l'afa non lascia raffreddare l'acqua nemmeno di notte, il fenomeno è marcato quanto al sud, contrariamente a quanto suggeriscono i contenuti scritti per climi con notti fresche. Se il quadro è questo, l'aerazione notturna è la risposta. Se invece il boccheggiamo continua anche di giorno con ossigeno misurato normale, sospetta i nitriti: si legano all'emoglobina e il pesce soffoca in acqua ossigenata.

Un temporale forte di settembre può fare danni al laghetto?

Sì, ma non principalmente per la temperatura. Cinquanta millimetri di pioggia su un laghetto da 10.000 litri con 20 m² di superficie sono circa 1.000 litri, cioè il 10 % del volume, e come sbalzo termico medio valgono meno di 1 °C. I danni veri sono altri tre: quella pioggia è acqua senza potere tampone e diluisce del 10 % una riserva alcalina già consumata da tutta l'estate di nitrificazione; l'acqua fredda non si mescola subito e forma uno strato superficiale localmente molto più freddo, proprio dove stanno i pesci; e soprattutto, se il laghetto raccoglie ruscellamento da un vialetto, da un tetto o da un prato, il volume in ingresso è un multiplo di quello caduto sullo specchio d'acqua e porta con sé carico organico e terra. Dopo un temporale intenso, il parametro da controllare per primo è il KH.

Conviene riscaldare il laghetto in inverno in Pianura Padana?

È una decisione di costo, non di principio, e va posta correttamente. Riscaldare a 18-20 °C tutto l'inverno all'aperto in Padania è oneroso e raramente giustificato. L'obiettivo che dà il rapporto migliore fra spesa e beneficio sanitario è tenere l'acqua sopra i 12 °C, cioè sopra la fascia in cui la risposta immunitaria specifica smette praticamente di funzionare mentre parassiti e batteri restano attivi. Molti ottengono buona parte del risultato senza riscaldare, riducendo le perdite: una copertura o un tunnel leggero limita l'irraggiamento notturno e l'evaporazione, tiene fuori le foglie e mantiene qualche grado. Il punto che non cambia è il monitoraggio: quello che conta non è la media, è quante ore passi nella fascia critica e con che velocità ci entri ed esci.

Quanto in fretta posso cambiare la temperatura del laghetto?

Per pesci già acclimatati, una variazione stagionale di 1-2 °C al giorno non pone problemi: è il ritmo a cui la fisiologia è costruita. Oltre 2-3 °C in poche ore si entra nello stress reale, tanto più sotto i 15 °C dove l'immunità non compensa; oltre 5 °C in poche ore il rischio è serio e la finestra di infezioni opportunistiche si apre nei giorni successivi. Per i pesci nuovi il ritmo è molto più lento: parliamo di ore, non di minuti, e comunque mai più di circa 1 °C ogni quarto d'ora. È anche il motivo per cui un cambio d'acqua del 30 % con acqua di rete fredda in un pomeriggio di agosto è una manovra da evitare: sposta il laghetto di quasi 4 °C, e lo fa proprio quando il pesce è già sotto carico termico.

Dove devo mettere il termometro o la sonda?

A metà colonna d'acqua, non a venti centimetri dalla superficie, e in un punto dove il ricircolo passa davvero. In una vasca profonda due metri, in giornate calde e senza vento — l'afa padana per definizione non ne ha — fra superficie e fondo si misurano regolarmente 3-4 °C di differenza, e lo strato profondo, che non scambia con l'atmosfera, si impoverisce di ossigeno indipendentemente da quello che segna un sensore in superficie. Un termometro appeso in alto racconta la giornata dell'aria, non quella del pesce. Per un sistema di monitoraggio in continuo dell'acqua del laghetto la posizione della sonda è una scelta progettuale da fare all'inizio, insieme alla verifica che il ricircolo prenda dal fondo.
