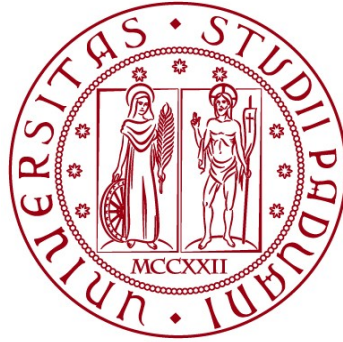


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea in Scienze Naturali e Ambientali



ELABORATO DI LAUREA

Odonati delle pozze d'alpeggio del Trentino centro-meridionale: composizione delle comunità e relazioni ambientali

Tutor: Prof. Lorianò Ballarin
Dipartimento di Biologia

Co-tutor: Sonia Endrizzi
Ricercatrice presso il MUSE di Trento

Laureando: Simone Santoni

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

INDICE

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. SCOPO DELLA TESI**
- 3. MATERIALI E METODI**
 - 1. raccolta del materiale**
 - 2. attività di laboratorio**
 - 3. analisi dei dati**
- 4. RISULTATI**
 - 1. composizione delle comunità**
 - 2. parametri ambientali delle pozze**
 - 3. abbondanza specie sito per sito**
 - 4. fenologia - periodo di volo delle specie analizzate**
 - 5. relazione di presenza e dati ambientali delle specie**
- 5. DISCUSSIONE**
 - 1. distribuzione delle specie nei siti**
 - 2. relazione con i parametri ambientali**
 - 3. fenologia delle specie**
 - 4. ruolo ecologico delle pozze d'alpeggio**
- 6. CONCLUSIONI**
- 7. BIBLIOGRAFIA**

1.0 INTRODUZIONE

Gli odonati (Odonata Fabricius, 1793) sono un ordine di insetti emimetaboli legati all'elemento acquatico. Gli stadi giovanili (neanidi o naiadi, e ninfe) vivono infatti nell'acqua mentre gli adulti sono abilissimi volatori e predatori diurni che vivono nei pressi di stagni, pozze o corsi d'acqua calmi. Sono tra gli insetti che raggiungono le taglie maggiori e i colori più sgargianti. L'apertura alare è sovente maggiore della lunghezza del loro corpo. Comunemente gli esemplari di Odonata sono indicati anche come "libellule", sebbene questo termine appartenga specificamente a tutti gli esemplari del genere *Libellula* inserito nel medesimo ordine. Gli esemplari adulti degli Odonati presentano un corpo allungato e snello, antenne poco sviluppate e ali dalle venature molto complesse. Le ali si muovono in maniera indipendente, permettendo agli insetti di planare o di volare all'indietro. Nel sottordine degli Zigotteri le ali anteriori e quelle posteriori sono praticamente identiche e terminano, spesso, con una struttura pedunculata, mentre negli Anisotteri le ali posteriori sono più sviluppate di quelle anteriori. In varie specie di odonati la femmina può presentarsi in due o più forme di colore, distinte in "androcroma" (o "omeocroma"), ossia più o meno simili al maschio, e "ginocroma" (o "eterocroma"), ossia con colorazione del tutto differente. Il capo può liberamente muoversi sull'esile collo, assicurando una visione panoramica che li rende dei perfetti predatori. L'apparato masticatore, caratterizzato da mandibole dentate (Odonata è una contrazione di Odontognata = mandibola provvista di denti), permette infatti a questi esemplari di seguire liberamente una dieta carnivora, costituita spesso da zanzare e altri piccoli ditteri catturati in volo. Tra i tre segmenti toracici il protorace risulta molto piccolo, cosicché il mesotorace e il metatorace si trovano uniti in uno pterotorace molto sviluppato. La parte ventrale di quest'ultimo, dove sono situate le zampe, risulta protesa in avanti; mentre la parte dorsale, dove sono invece inserite le ali, viene a trovarsi rialzata all'indietro. Un particolare sviluppo verso l'alto degli epistemi del pterotorace crea una sorta di scudo davanti alle ali, di modo che le ultime due paia di zampe si trovino avvicinate al primo paio anteriore, creando una struttura a forma di cesta utile a trattenere le prede durante il pasto. Questa struttura rende gli Odonati poco o quasi per niente atti alla locomozione, mentre rappresenta un valido aiuto per sostenersi a steli di piante o altri supporti. Lungo l'addome sono riconoscibili dieci segmenti ben distinti, mentre solo in alcune specie si ritrovano le vestigia di un undicesimo segmento finale. Unico caso tra gli insetti, gli Odonati maschi posseggono alcuni organi specializzati per la riproduzione sul secondo e sul terzo segmento addominale. Tutti i maschi posseggono delle appendici finali sull'ultimo segmento, mentre tra le femmine questa caratteristica si ritrova solo in alcune specie di Anisotteri. L'ovopositore degli esemplari femminili si ritrova tra l'ottavo e il nono segmento addominale. L'accoppiamento avviene sempre nelle vicinanze dell'acqua. Il maschio provvede a trasferire lo sperma dall'orifizio genitale, posto sul nono segmento, nei genitali secondari, posti nei segmenti due e tre; dopodiché si avvia alla ricerca di una compagna. Dopo averla individuata la afferra per la nuca tramite le appendici terminali fino a che la femmina non curva la propria estremità addominale raggiungendo gli organi riproduttori del maschio, ricevendo così lo sperma. La locazione dei diversi organi riproduttori fa sì che durante l'accoppiamento gli Odonati seguano delle forme e delle posizioni molto complesse (una famosa è la posizione a cuore). La riproduzione avviene prevalentemente in assenza di volo, fermi sulla vegetazione, ma gli insetti sono comunque in grado di volare per allontanarsi da eventuali predatori. La maggioranza degli Anisotteri disperde le uova nell'acqua, immergendo ritmicamente l'addome sotto la superficie. Le femmine degli Zigotteri preferiscono invece depositare le uova nei tessuti di piante acquatiche vive o morte, servendosi dell'ovopositore per perforarle. Soltanto gli Aeshnidae (Rambur, 1842), tra gli

Anisotteri, sono provvisti di ovopositore. Le uova si schiudono dopo circa un mese dalla deposizione, salvo in alcune specie. Le particolarità dell'apparato masticatore che caratterizzano questo ordine di insetti si ritrovano già a partire dallo stadio larvale. Tutti gli stadi giovanili degli Odonati presentano infatti uno sviluppo prominente del labium, articolato nel mezzo e provvisto di palpi terminali che conferiscono all'estremità una funzione di pinza mobile, talvolta foggiate invece a cucchiaio. Questa struttura prende il nome di "maschera" perché, quando è inutilizzata, si trova ripiegata sotto il capo tra il primo paio di zampe, nascondendo così il resto della faccia. La maschera può essere protrusa di scatto per afferrare le prede, rendendo così le neanidi abili cacciatori da posta, vista la loro scarsa agilità nel mezzo acquatico. Poco prima della muta finale la ninfa si arrampica gradualmente sullo stelo emerso di una pianta per abituarsi al nuovo tipo di respirazione. Il tegumento si asciuga gradualmente permettendo la fuoriuscita, in diverse fasi, delle parti del corpo della forma adulta. Terminato lo sfarfallamento l'esemplare dispiega a poco a poco le proprie ali fino a volare via una volta asciugate al sole.

Gli Odonati sono ampiamente riconosciuti come validi **bioindicatori** della qualità ambientale, in particolare degli ecosistemi d'acqua dolce, grazie alla loro ecologia complessa e alla stretta dipendenza da molteplici componenti dell'habitat [1,2]. Il loro ciclo vitale comprende una fase larvale acquatica, che può durare da alcuni mesi a diversi anni, e una fase adulta terrestre e aerea, rendendo questi insetti sensibili sia alle condizioni chimico-fisiche dell'acqua sia alla struttura dell'ambiente circostante, inclusa la vegetazione riparia e il grado di disturbo antropico [1,3]. Numerosi studi hanno dimostrato che la distribuzione e la composizione delle comunità di Odonati sono influenzate da parametri ambientali quali ossigeno disciolto, pH, temperatura, torbidità, livello di eutrofizzazione e stabilità idrologica, nonché dall'impatto legato alle attività antropiche, come il calpestio del bestiame e la semplificazione dell'habitat [2,4]. Le larve risultano particolarmente sensibili alle variazioni della qualità dell'acqua e alla riduzione dell'ossigeno disciolto, mentre gli adulti rispondono alla disponibilità di siti idonei per la riproduzione e alla presenza di una vegetazione strutturalmente complessa [1]. Gli Odonati possono inoltre essere considerati indicatori funzionali, in quanto riflettono specifici processi ecologici quali la persistenza dell'acqua nel tempo e la complessità strutturale dell'habitat. In particolare, l'idroperiodo rappresenta uno dei principali fattori selettivi nella composizione delle comunità: specie con sviluppo larvale breve sono maggiormente associate a pozze temporanee, mentre specie con cicli vitali pluriennali necessitano di corpi idrici permanenti o semipermanenti [1,5]. La composizione specifica delle comunità di Odonati può pertanto fornire indicazioni indirette sulla stabilità idrologica di un sito. La struttura e la diversità della vegetazione acquatica e riparia rivestono un ruolo fondamentale nel determinare la presenza delle diverse specie di Odonati. La vegetazione fornisce substrati per l'ovodeposizione, rifugi per le larve e siti di maturazione, termoregolazione e riposo per gli adulti [1]. Ambienti caratterizzati da una vegetazione semplificata o danneggiata dal disturbo antropico, come il calpestio del bestiame, tendono a ospitare comunità dominate da specie generaliste e tolleranti, con una conseguente riduzione delle specie più esigenti dal punto di vista ecologico [3,4]. Le specie di Odonati mostrano infatti differenti livelli di tolleranza al disturbo ambientale. Alcune specie generaliste, come *Coenagrion puella* e *Ischnura elegans*, sono in grado di colonizzare ambienti alterati o soggetti a eutrofizzazione, mentre specie più specializzate risultano strettamente associate ad habitat ben conservati, caratterizzati da acque ben ossigenate, basso impatto antropico e un'elevata complessità strutturale [3,6]. Di conseguenza, non solo la ricchezza specifica, ma anche la presenza o assenza di specie sensibili, rappresenta un indicatore affidabile del grado di integrità ecologica di un ecosistema acquatico. Grazie

all'elevata mobilità degli adulti, le comunità di Odonati risentono anche della connettività tra gli habitat acquatici nel paesaggio circostante. La frammentazione degli ambienti umidi può limitare la dispersione delle specie meno vagili, determinando una riduzione della diversità locale anche in presenza di condizioni ambientali apparentemente idonee [7]. Pertanto, la presenza di determinate specie può fornire informazioni non solo sulla qualità del singolo corpo idrico, ma anche sulla continuità ecologica del paesaggio. Gli Odonati risultano inoltre particolarmente utili come indicatori degli effetti del cambiamento climatico, grazie alla loro rapida risposta alle variazioni di temperatura. Studi condotti in Europa hanno documentato anticipi fenologici nei periodi di sfarfallamento e spostamenti altitudinali e latitudinali di numerose specie, evidenziando la sensibilità di questo gruppo agli effetti del riscaldamento globale [8,9]. Infine, l'utilizzo degli Odonati come bioindicatori presenta numerosi vantaggi metodologici, tra cui la relativa facilità di campionamento degli adulti e l'impiego delle esuvie come prova certa di riproduzione locale. Tuttavia, la sola presenza degli adulti non garantisce il successo riproduttivo, rendendo necessaria un'interpretazione integrata dei dati e, ove possibile, l'analisi delle comunità larvali ed emergenti [1,6].

2.0 SCOPO DELLA TESI

La presente tesi si propone di analizzare le comunità di Odonati associate alle pozze d'alpeggio del Trentino centro-meridionale, habitat acquatici di elevato interesse ecologico che svolgono un ruolo importante per la biodiversità delle aree montane. In particolare, lo studio mira a descrivere la composizione specifica delle comunità presenti nelle diverse pozze campionate e a valutare le relazioni tra la distribuzione delle specie e le principali caratteristiche ambientali dei siti.

Attraverso l'analisi dei dati raccolti sul campo, l'obiettivo è individuare i fattori ambientali che influenzano maggiormente la presenza e l'abbondanza delle diverse specie di Odonati, contribuendo alla comprensione dei processi ecologici che strutturano queste comunità. I risultati ottenuti potranno fornire indicazioni utili per la gestione e la conservazione delle pozze d'alpeggio e della biodiversità ad esse associata.

3.0 MATERIALI E METODI

Area di studio

L'area di studio comprende diversi ambienti pastorali del Trentino centro-meridionale distribuiti tra gli 800 e i 1681 metri di quota. In particolare le aree considerate comprendono il Monte Bondone, la Riserva Naturale Provinciale della Scanupia, il Monte Baldo e la Lessinia. Gli ambienti acquatici indagati sono pozze d'alpeggio, realizzate e gestite secondo diverse modalità costruttive e diverse pratiche di manutenzione che ne influenzano struttura, funzionalità e grado di naturalità. Le pozze tradizionali sono generalmente bacini storici, originati o mantenuti per l'abbeverata del bestiame e integrati nel paesaggio alpino da decenni o secoli, hanno rive poco artificializzate, presenza di vegetazione acquatica, profondità variabile e offrono una elevata eterogeneità ambientale favorendo la biodiversità acquatica. Sono molto importanti per gli odonati in quanto offrono substrati per l'ovodeposizione, favoriscono lo sviluppo larvale e ospitano generalmente la maggiore diversità specifica. I serbatoi invece sono strutture realizzate principalmente per accumulare acqua a scopo zootecnico o gestionale, hanno pareti artificiali e ripide, minor presenza di vegetazione e livello di acqua stabile. Gli odonati che sfruttano questa tipologia di pozze sono generalisti, in quanto risultano meno favorevoli alle specie specialiste. Specie opportuniste come *Libellula depressa*, *Aeshna cyanea* o *Anax imperator* possono

colonizzarli facilmente, mentre specie più esigenti tendono a essere meno frequenti. Infine abbiamo le pozze naturalistiche che sono bacini creati o restaurati con finalità ecologiche e conservazionistiche, hanno sponde a bassa pendenza, sviluppo naturale della vegetazione, presenza di microhabitat ed elevata connettività ecologica con l'ambiente circostante. Molti studi di restauro ecologico mostrano che gli odonati sono tra i primi colonizzatori delle nuove pozze naturalistiche in quanto offrono elevata attrattività per la colonizzazione, condizioni favorevoli per riproduzione e sviluppo larvale e capacità di ospitare sia specie generaliste sia specie più specializzate.

Sono state in tutto indagate 45 pozze: 6 sul Monte Bondone, 15 nel parco Naturale Locale del Monte Baldo, 20 in Lessinia e 4 nella Riserva Naturale Provinciale della Scanuppia. Di seguito sono tabellate le coordinate GPS (prese dal QGis) e le localizzazioni dei siti che saranno poi espressi in **Figura 1**.

ID_Sito	Localizzazione	Latitudine (N)	Longitudine (E)
1	Monte Bondone	46,05481782	11,03254248
2	Monte Bondone	46,05593778	11,0587984
3	Monte Bondone	46,05592954	11,05873526
4	Monte Bondone	46,05785928	11,06238748
5	Monte Bondone	46,06412885	11,03869128
65	Monte Baldo	45,79738204	10,88657157
66	Monte Baldo	45,77805184	10,95280206
67	Monte Baldo	45,77034385	10,96257677
68	Monte Baldo	45,778521	10,918091
69	Monte Baldo	45,76610	10,93087
70	Monte Baldo	45,77720695	10,93353858
71	Monte Baldo	45,77463979	10,92356889
72	Monte Baldo	45,77561466	10,91898699
73	Monte Baldo	45,7862972	10,88609663
74	Monte Baldo	45,79680	10,88418
75	Monte Baldo	45,80945572	10,90845188
76	Monte Baldo	45,81215936	10,91115552
77	Monte Baldo	45,78738149	10,90094512
78	Monte Baldo	45,79288939	10,90578723
79	Monte Baldo	45,79652891	10,90017196
82	Scanuppia	45,95808471	11,15103904
83	Scanuppia	45,95156607	11,1559264
84	Scanuppia	45,9551536	11,15863004
85	Monte Bondone	46,12797892	11,05648945
86	Scanuppia	45,9630988	11,14913154

87	Lessinia	45,69895466	10,982396199
88	Lessinia	45,69881414	10,981140437
89	Lessinia	45,70917985	10,987078451
90	Lessinia	45,71216697	10,994780682
91	Lessinia	45,71132362	11,001006039
92	Lessinia	45,7140082	11,00757187
93	Lessinia	45,71550391	11,011581687
94	Lessinia	45,705639	11,022874245
95	Lessinia	45,70643481	11,029250452
97	Lessinia	45,71058275	11,031022356
98	Lessinia	45,71187476	11,025902648
100	Lessinia	45,71249651	11,034068861
101	Lessinia	45,71138022	11,044998435
102	Lessinia	45,7125473	11,045990929
103	Lessinia	45,71512	11,00746
104	Lessinia	45,70683077	10,978412117
105	Lessinia	45,70522725	10,969651089
106	Lessinia	45,70473182	10,960240154
107	Lessinia	45,69907	10,98237
108	Lessinia	45,69871149	10,995891527

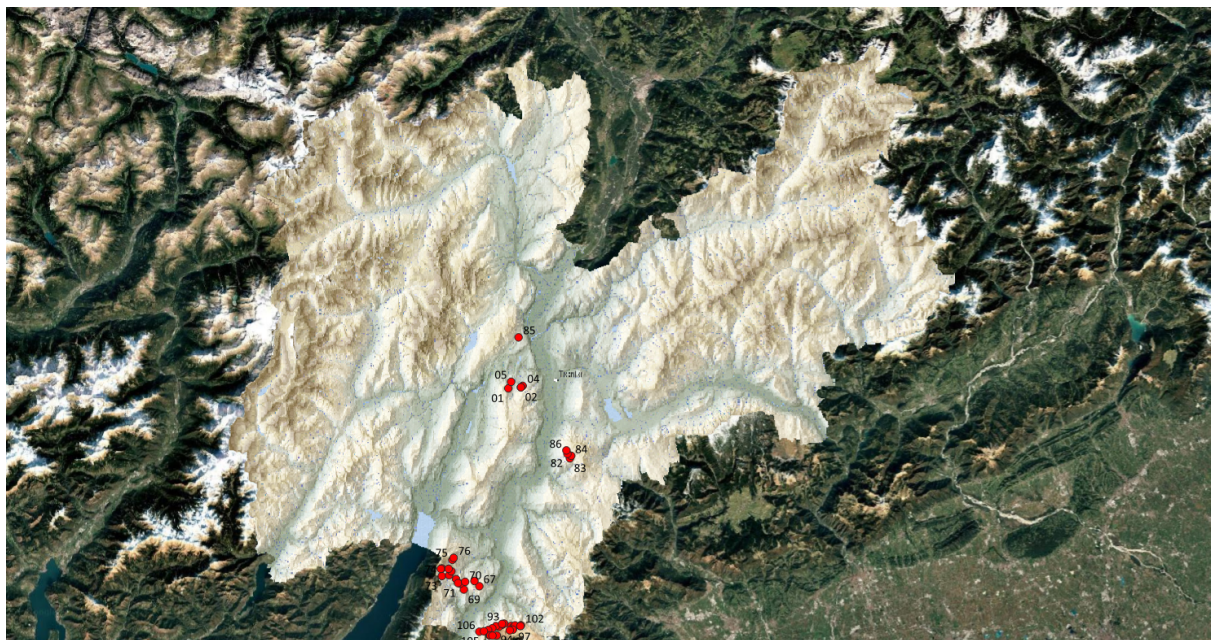


Figura 1. Localizzazione dei siti campionati

3.1 raccolta del materiale

Il materiale relativo agli Odonati è stato raccolto nell'ambito di un monitoraggio sistematico

delle comunità di anfibi delle pozze d'alpeggio condotto dal Muse tra maggio e luglio 2024. Durante i sopralluoghi presso le pozze d'alpeggio sono state raccolte le esuvie rinvenute lungo le sponde e sulla vegetazione emergente. Contestualmente è stata effettuata documentazione fotografica degli individui adulti osservati in volo o posati sulla vegetazione in prossimità dei siti. Per ciascun sito sono stati inoltre rilevati parametri ambientali e chimico-fisici delle acque (pH, ossigeno disciolto, temperatura, nitrati, carbonati) e le principali coperture vegetali (alghe, macrofite, vegetazione ripariale)

3.2 attività di laboratorio

Il riconoscimento delle specie di Odonati è stato effettuato mediante osservazione delle esuvie allo stereoscopio e del materiale fotografico relativo agli individui adulti. L'identificazione si è basata sull'utilizzo di chiavi dicotomiche e guide specialistiche [10]. Tutte le esuvie raccolte e gli adulti fotografati sono stati identificati a livello di specie

3.3 analisi dati

Le informazioni derivanti dalle analisi del materiale campionato sono state sistematicamente informatizzate e archiviate in un database relazionale organizzato per sito di campionamento. Questa struttura ha garantito la conservazione delle specificità di ciascun sito, permettendo lo svolgimento di analisi comparative tra le diverse aree oggetto di studio.

Per ciascun sito sono state riportate la presenza/assenza delle specie individuate e i relativi parametri ambientali misurati (pH, ossigeno disciolto in ppm, temperatura dell'acqua, nitrati, carbonati e percentuali di copertura di alghe, macrofite e vegetazione ripariale).

È stata effettuata un'analisi descrittiva delle variabili ambientali considerando i valori minimi e massimi rilevati e calcolando i valori media e deviazione standard.

Per valutare eventuali differenze nei parametri ambientali tra siti con presenza e assenza delle singole specie è stato effettuato un confronto tra i due gruppi. Quando i dati mostravano una distribuzione approssimativamente normale è stato utilizzato il test t per campioni indipendenti; in caso contrario è stato applicato il test non parametrico di Mann–Whitney.

Il livello di significatività è stato fissato a $\alpha = 0,05$.

Le elaborazioni statistiche e la costruzione dei grafici sono state effettuate mediante RStudio.

4.0 RISULTATI

Di seguito verranno riportati i dati ottenuti nell'analisi, suddivisi in sottocapitoli partendo dal generale fino andando al particolare specie-specifico. Di seguito viene riportata una breve descrizione ecologica delle specie osservate.

Aeshna cyanea (Müller, 1764), in italiano Dragone verdeazzurro, è una specie di grandi dimensioni (67-76 mm), facilmente riconoscibile per le fasce anteumerali molto larghe e la colorazione di fondo bruno-scura con torace verde in entrambi i sessi. Nel maschio l'addome presenta macchie dorsali verdi fino al 7° segmento, azzurre lateralmente e dorsalmente dall'8° al 10°; nella femmina, le macchie addominali sono tutte verdi. I cerci del maschio hanno il quarto distale piegato ventralmente ad angolo retto. Specie tardo estiva-autunnale, che vola da fine giugno fino alla fine di novembre. Utilizza tutte le raccolte di acqua stagnanti o debolmente correnti, naturali e artificiali, incluse quelle di formazione recente, e le pozze forestali trascurate da altre specie [11].

Aeshna juncea (Linnaeus, 1758), in italiano Dragone alpino, si distingue facilmente per le grandi dimensioni (65-80 mm), la colorazione di fondo bruno scuro, le fasce anteumerali strette di colore giallastro, le macchie sull'addome blu (nei maschi) o gialle (nelle femmine). Vola dalla fine di giugno alla fine di settembre. Frequenta soprattutto le acque ferme di altitudine medio-elevata come laghi, stagni e torbiere, specialmente se forniti di vegetazione acquatica o di riviera. E' considerata una specie stenoecia e molto legata a parametri ambientali ben definiti (pH, temperatura dell'acqua e ossigeno disciolto) [12].

Anax imperator (Leach, 1815), in italiano Imperatore comune, è la più grande delle libellule europee (66-84 mm). I maschi si distinguono per il torace uniformemente verde e l'addome blu con una larga banda nera centrale. Le femmine si distinguono da quelle di *A. parthenope* (specie affine) per l'assenza di tubercoli occipitali. Vola da maggio a ottobre, con la maggior parte degli individui tra giugno e agosto. Comune presso tutte le raccolte di acqua con abbondante vegetazione ripariale [13].

Coenagrion puella (Linnaeus, 1758), nome comune Azzurrina comune, è uno zigottero di medie dimensioni (33-35 mm). Il maschio è riconoscibile principalmente per il disegno nero a forma di bicchiere o di U sul 2° segmento addominale e per le fasce nere dei segmenti addominali che presentano lunghi e sottili prolungamenti laterali in avanti. Le femmine, di colore variabile fra il verde e il beige, si possono identificare con certezza solo dalla forma del margine posteriore del pronoto, al microscopio binoculare. Vola da aprile a settembre. E' una delle libellule italiane più comuni, abbondante presso tutte le tipologie di acqua ferma o quasi ferma (lanche, sponde fluviali, rogge, canali e ambienti di fontanile) [14].

Enallagma cyathigerum (Charpentier, 1840), nome comune Azzurrina portacalice, è una specie relativamente grande (29-36 mm), presenta la banda blu più anteriore del torace particolarmente larga e grandi macchie post oculari. Il maschio si distingue inoltre per la colorazione azzurra molto estesa ai lati del torace e per il disegno a forma di fungo sul primo segmento addominale. La femmina si caratterizza per la forma "a siluro" del disegno nero sui segmenti addominali e per la presenza di una spina vulvare (8° segmento addominale). Vola da fine aprile a metà ottobre. Più frequente a quote medio-alte, colonizza tutti i tipi di acque ferme o debolmente correnti [15].

Libellula depressa (Linnaeus, 1758), Libellula panciapiatta in italiano, ha un aspetto tozzo, inconfondibile, con addome largo, di colore azzurro nei maschi, giallastro nelle femmine e, in entrambi i sessi, con macchie laterali gialle. Il torace presenta due larghe bande ante-omerale. Gli adulti sfarfallano a partire dalla fine di aprile e possono volare fino a oltre la metà di settembre, ma sono più abbondanti in maggio e giugno. Le larve si sviluppano in acque stagnanti o debolmente correnti, preferendo i corpi d'acqua di piccole dimensioni, poco profondi e assolati. Si rinviene dalla pianura sino a 1500 metri di quota [16].

Libellula quadrimaculata (Linnaeus, 1758), nome comune Libellula quadrimacchiata, è immediatamente riconoscibile per la macchia bruna presente su ciascuna ala a livello del nodulo (da cui il nome scientifico). Alcuni individui presentano macchie brune (meno intense) anche a livello dello pterostigma. Gli adulti sfarfallano a partire dalla fine di aprile ed il periodo di volo si prolunga fino alla metà di settembre, ma sono più abbondanti all'inizio dell'estate. Frequenta acque ferme tra cui stagni, laghi, paludi e torbiere, preferibilmente con

una ricca vegetazione acquatica. Si rinviene dalla pianura sino ad oltre 2000 metri di altitudine [17].

Orthetrum brunneum (Fonscolombe, 1837), Frecciazzurra celeste, è una specie con spiccato dimorfismo sessuale: i maschi maturi di questo *Orthetrum* hanno il corpo completamente azzurro ma non possiedono la colorazione parzialmente gialla delle nervature radiale e costale che contraddistingue da specie affini. Le femmine presentano una evidente bandeggiatura toracica beige, una sottile linea nera dorsalmente all'addome, affiancata da due macchiette nere su ciascun segmento e l'ottavo segmento addominale con margini laterali arrotondati ed estesi ventralmente. Vola da aprile a settembre ed è più frequente nel mese di luglio. Le larve si sviluppano in acque debolmente correnti di fossi, canali e lanche, ma anche in acque ferme di stagni, paludi e laghi, di preferenza con scarsa vegetazione acquatica, dalla pianura a oltre 1000 metri [18].

Sympetrum fonscolombii (Sélys-Longchamps, 1776), o Cardinale venerosse, ha nervature principali delle ali rossastre nei maschi e giallastre nelle femmine, ali posteriori con una macchia basale gialla più estesa rispetto ad altre specie del genere *Sympetrum* e pterostigma giallastro con uno spesso bordo nero. La porzione postero-inferiore degli occhi è grigio-celeste e le zampe sono nere con una linea longitudinale gialla. Può presentare due generazioni all'anno e pertanto compare dalla fine di marzo a novembre. Le larve si sviluppano in acque stagnanti, sia dolci che salmastre, spesso poco profonde e povere di vegetazione quali stagni, anche di recente formazione, cave allagate e lagune costiere. La specie si rinviene fino a circa 1300 metri di altitudine [19].

Sympetrum striolatum (Charpentier, 1840), Cardinale striato, si riconosce per le suture toraciche segnate da evidenti linee nere che racchiudono, nei maschi, due fasce giallo-verdastre o brunastre e per la mancanza di una linea nera tra la fronte e gli occhi. Lo pterostigma è rosso scuro o brunastro. Le zampe, nere, sono percorse da una linea longitudinale gialla. Le femmine sono di colore grigio-giallastro e presentano le fasce toraciche laterali assai meno evidenti. Gli adulti si rinvencono da fine aprile a novembre. Frequenta un'ampia varietà di raccolte d'acqua come laghi, stagni e torbiere, in particolare se poco profonde e calde. Può comportarsi come una specie pioniera e riprodursi nelle risaie. Colonizza anche acque a debole corrente e acque salmastre. Si rinviene dalla pianura a 1800 metri di quota [20].

4.1 composizione delle comunità'

Complessivamente, nei 45 siti oggetto di studio sono state raccolte 305 esuvie e registrate 84 osservazioni di individui adulti tra sfarfallamenti e accoppiamenti.

Nel periodo di campionamento (maggio–luglio 2024) sono state rilevate complessivamente 10 specie di Odonati, per un totale di 305 esuvie raccolte e 77 osservazioni di adulti.

La distribuzione delle specie nei diversi siti è riportata in **Tabella 1**, che mostra la presenza/assenza per ciascun sito campionato.

La ricchezza specifica per sito varia da un minimo di 0 specie a un massimo di 4 specie.

L'area con il maggior numero complessivo di specie rilevate è risultata essere il Monte Baldo (n = 8 specie rilevate nella zona), mentre l'area della Scanupia (n = 3 specie rilevate nella zona) ha mostrato la minore diversità.

Tra le specie rilevate, quelle con maggiore frequenza di presenza risultano essere *Coenagrion puella*, *Libellula depressa* e *Aeshna cyanea*, osservate in 19, 16 e 15 siti

rispettivamente, mentre le altre specie sono risultate più localizzate, essendo state rilevate in un numero inferiore di siti (qualche specie è stata localizzata solo in un unico sito). Un totale di 13 siti non ha rilevato odonati presenti.

	<i>Aeshna cyanea</i>	<i>Aeshna juncea</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Coenagrion puella</i>	<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Libellula depressa</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Orthetrum brunneum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>
1										
2										
4										
5										
66										
68										
69										
70										
71										
72										
74										

75										
76										
77										
78										
79										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										

92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
100										
101										
102										
103										
104										
105										
106										
107										

108										
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabella 1. Matrice di presenza/assenza delle specie nei siti di campionamento

4.2 parametri ambientali delle pozze

Nel corso del campionamento sono stati misurati i principali parametri chimico-fisici delle acque, tra cui temperatura, pH, concentrazione di ossigeno disciolto (ppmDO), nitrati, carbonati e percentuali di copertura algale, di macrofite e di vegetazione riparia.

I valori descrittivi dei parametri rilevati nei 45 siti analizzati sono riportati in **Tabella 2**.

La temperatura dell'acqua è risultata compresa tra 9,2 e 33,18 °C, con un valore medio pari a $20,2 \pm 5$ °C. Il pH, invece, ha mostrato valori compresi tra 5,5 e 8,9, con una media di $7,2 \pm 0,7$. Per quanto riguarda la concentrazione di ossigeno disciolto l'intervallo è tra 0,66 e 20,41 ppm, con una media pari a $8,05 \pm 4,99$ ppm.

Per quanto riguarda i nutrienti, i nitrati hanno mostrato valori compresi tra 0 e 925 mg/L, con una media pari a $118,7 \pm 238,1$ mg/L.

Le coperture vegetali hanno evidenziato una variabilità tra i siti, con percentuali di macrofite comprese tra 0% e 90%, alghe tra 0% e 90% e vegetazione riparia tra 0% e 100%.

ID_Sito	Vegetazione	Macrofite	Alghe	pH	Nitrati	ppmDO	Temperatura (°)
1	100	85	15	7,7	925	12,32	11,36
2	8	8	0	7,7	192	7,79	16,77
4	65	15	50	8,2	16	20,41	19,2
5	54	28	26	7,4	795	13,14	9,59
66	66	66	0	6,9	42	0,68	25,73
68	78	70	10	6,9	4	6,49	21,74
69	80	80	0	5,5	2	5,78	19,91
70	67	20	47	6,9	0	0,66	33,18
71	5	0	5	7,5	242	2,8	23,74
72	60	40	20	8,1	831	14,42	10,09
74	10	0	10	8,4	27	15,52	20,45
75	94	90	4	6,7	7	5,5	18
76	47	34	13	6,6	1	1,54	15,58
77	40	0	40	7,6	6	8,63	27,31
78	80	0	80	7,0	0	3,81	22,99
79	90	0	90	7,1	24	17,69	22,24
82	40	0	40	8,1	200	15,38	22,21
83	0	0	0	7,5	17	7	30,22
84	0	0	0	7,2	9	7,65	9,2
85	40	0	40	7,4	1	5,52	28,6

86	0	0	0	7,5	2	5,16	13,74
87	0	0	0	8,1	14	8,37	18,91
88	0	0	0	6,5	0	8,69	19,98
89	0	0	0	7,2	15	6,76	22,17
90	0	0	0	6,0	0	8,09	20,77
91	0	0	0	6,5	0	10,54	19,93
92	0	0	0	6,5	0	9,26	18,04
93	0	0	0	7,3	0	12,77	20,48
94	0	0	0	6,6	0	1,26	18,88
95	10	10	0	6,7	0	1,14	21,45
96	0	0	0	6,9	301	4,29	19,26
97	0	0	0	6,9	309	2,25	20,25
98	0	0	0	6,9	315	14,6	22,09
101	5	5	0	6,7	318	13,12	21,5
104	0	0	10	8,2	14	8,05	19,66
105	10	0	10	7,6	0	7,46	19,02
106	90	90	0	7,1	0	7,61	19,93
107	80	70	10	8,9	0	9,63	22,46
108	10	0	10	6,7	0	2,32	22,21

Tabella 2. Valori dei parametri delle acque nei siti in esame.

4.3 abbondanza specie sito per sito

L'abbondanza complessiva di Odonati nei siti analizzati mostra una marcata variabilità tra le diverse pozze campionate.

Il numero totale di esuvie/adulti rilevati per sito varia da un minimo di 0 individui (n = 15 siti) a un massimo di 67 individui (nel sito 107, nel Parco Naturale Regionale della Lessinia). I valori di abbondanza per ciascun sito sono riportati nella **Figura 2**.

Considerando la distribuzione geografica, l'area con il maggior numero complessivo di individui rilevati è risultata essere il Parco Naturale Regionale della Lessinia con 140 e dal Monte Baldo con 126 esemplari, mentre il Monte Bondone e l'area della Scanupia hanno mostrato valori inferiori, più precisamente di 60 e 55 rispettivamente.

N° specie per pozza

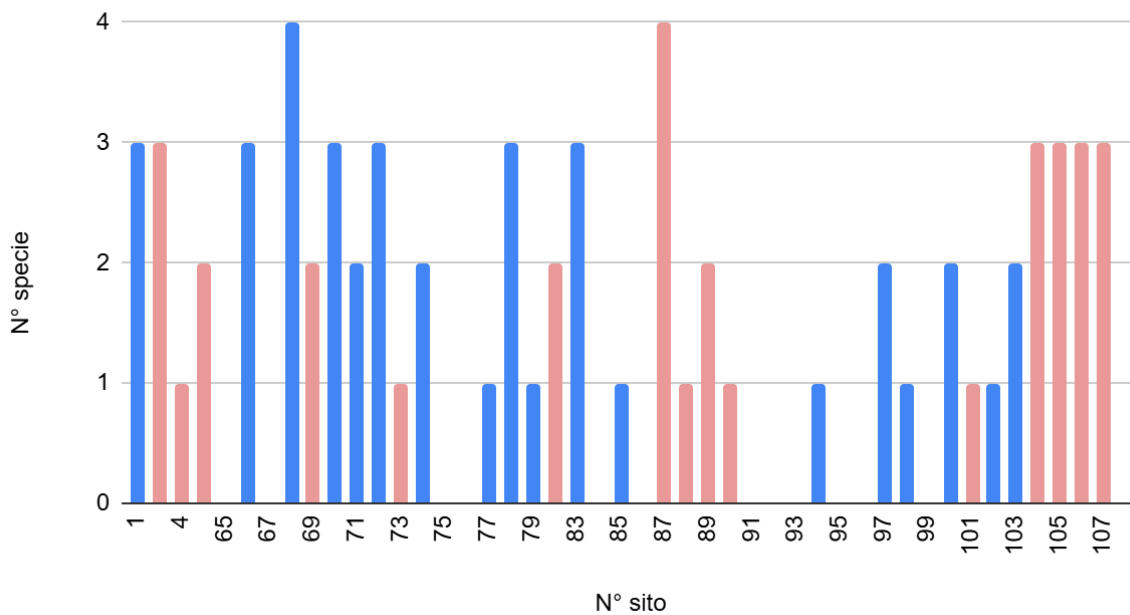


Figura 2. Abbondanza totale di Odonati per sito di campionamento. In rosso le pozze naturalistiche, in blu quelle naturali e serbatoi.

4.4 fenologia - periodo di volo delle specie analizzate

Per analizzare la distribuzione temporale delle 10 specie di Odonati presenti nell'area di studio, sono stati integrati i dati raccolti sul campo con le segnalazioni più frequenti disponibili nelle piattaforme iNaturalist (iNat) e GBIF per il periodo di sfarfallamento in Trentino-Alto Adige.

I dati raccolti mostrano la variazione nella frequenza delle osservazioni durante il periodo di attività delle libellule, da aprile a dicembre. Complessivamente, le osservazioni indicano un aumento della presenza nel mese di giugno, seguito da una diminuzione a partire da settembre.

La distribuzione temporale specifica per ciascuna specie è riportato nel **Figura 3**, che mostra le segnalazioni integrate tra dati di campo e piattaforme online.

Per alcune specie, come *Aeshna cyanea* e *Aeshna juncea*, il picco di osservazioni è stato registrato a partire da luglio-agosto, mentre altre specie, come *Sympetrum striolatum*, mostrano una presenza più tardiva nello sfarfallamento o *Coenagrion puella* più precoce.

Periodo di volo delle specie di odonati

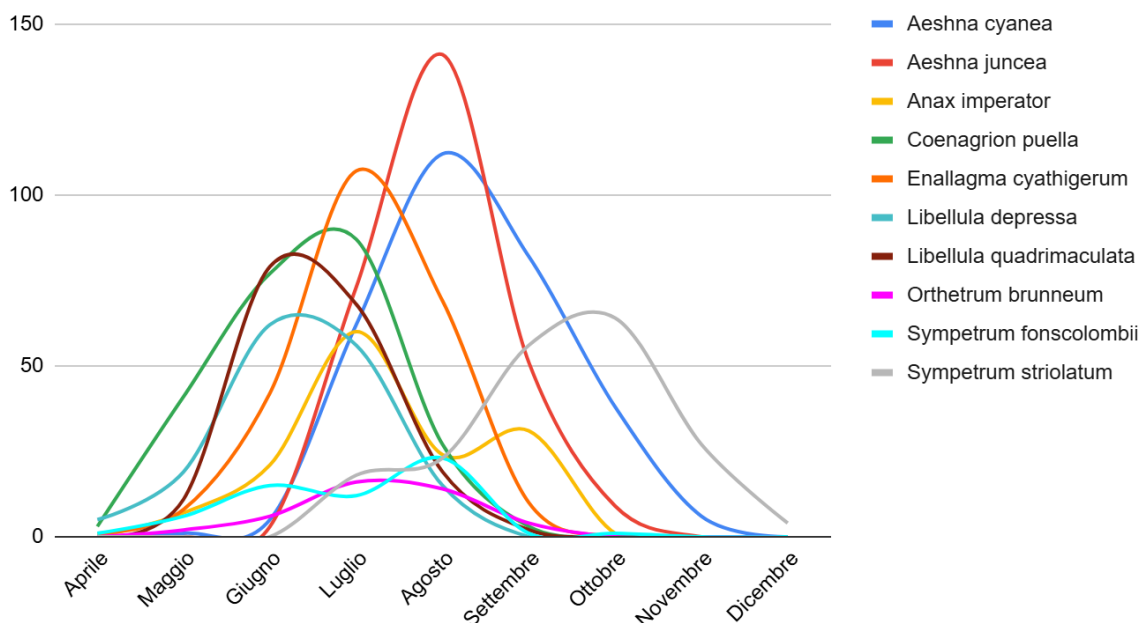


Figura 3. Distribuzione temporale delle osservazioni delle 10 specie di Odonati in Trentino-Alto Adige, integrando dati raccolti sul campo con segnalazioni da iNaturalist e GBIF

4.5 relazione tra presenza e dati ambientali delle specie

Per ciascuna delle 10 specie di Odonati analizzate, è stata valutata la relazione tra la presenza/assenza nei siti campionati e i parametri ambientali misurati (pH, ossigeno disciolto, temperatura, nitrati e copertura vegetale ripariale).

I confronti statistici sono stati effettuati mediante test t per campioni indipendenti in caso di distribuzione normale con Shapiro-Wilk delle variabili e test di Mann-Whitney per dati non normalmente distribuiti. Il livello di significatività è stato fissato a $\alpha = 0,05$. Tutte le elaborazioni sono state eseguite con Microsoft Excel.

4.5.1 *Aeshna cyanea*

Parametro	Presenza (n = 13)	Assenza (n = 26)
Ossigeno disciolto (ppm)	10,26 ± 4,77	6,95 ± 4,80
Temperatura (°C)	20,32 ± 5,74	20,18 ± 4,82
pH	7,8 ± 0,57	6,9 ± 0,60
Macrofite (%)	21 ± 31,94	17 ± 30
Nitrati (µg/L)	169,62 ± 315,20	93,23 ± 191,03

4.5.2 *Aeshna juncea*

Parametro	Presenza (n = 3)	Assenza (n = 36)
Ossigeno disciolto (ppm)	10,41 ± 4,03	7,86 ± 5,06

Temperatura (°C)	13,62 ± 5,52	20,78 ± 4,70
pH	6,9 ± 1,19	7,2 ± 0,70
Macrofite (%)	64 ± 31,56	14 ± 27,50
Nitrati (µg/L)	574 ± 499,61	80,75 ± 95,00

4.5.3 *Anax imperator*

Parametro	Presenza (n = 5)	Assenza (n = 34)
Ossigeno disciolto (ppm)	6,80 ± 5,14	8,24 ± 5,02
Temperatura (°C)	19,55 ± 5,91	20,33 ± 5,15
pH	7,2 ± 0,50	7,3 ± 0,50
Macrofite (%)	39 ± 39,91	15 ± 34
Nitrati (µg/L)	174,6 ± 367,39	110,47 ± 220,00

4.5.4 *Coenagrion puella*

Parametro	Presenza (n = 17)	Assenza (n = 22)
Ossigeno disciolto (ppm)	6,88 ± 4,62	8,96 ± 5,18
Temperatura (°C)	21,82 ± 4,97	18,99 ± 4,90
pH	7,4 ± 0,71	7,1 ± 0,70
Macrofite (%)	16 ± 27,23	20 ± 32,74
Nitrati (µg/L)	107,82 ± 216,72	127,09 ± 283,50

4.5.5 *Enallagma cyathigerum*

Parametro	Presenza (n = 2)	Assenza (n = 37)
Ossigeno disciolto (ppm)	4,65 ± 2,61	8,24 ± 5,04
Temperatura (°C)	22,74 ± 1,41	20,09 ± 5,17
pH	7,2 ± 0,42	7,2 ± 0,70
Macrofite (%)	35 ± 49,50	17 ± 29,97
Nitrati (µg/L)	123 ± 168,29	118,46 ± 243,05

4.5.6 *Libellula depressa*

Parametro	Presenza (n = 15)	Assenza (n = 24)
Ossigeno disciolto (ppm)	9,76 ± 4,60	6,99 ± 5,02
Temperatura (°C)	20,64 ± 6,76	19,97 ± 3,81
pH	7,2 ± 0,71	7,2 ± 0,69
Macrofite (%)	28 ± 35,51	12 ± 25,84

Nitrati ($\mu\text{g/L}$)	$221,73 \pm 339,95$	$54,29 \pm 110,00$
-----------------------------	---------------------	--------------------

4.5.7 *Libellula quadrimaculata*

Parametro	Presenza (n = 7)	Assenza (n = 32)
Ossigeno disciolto (ppm)	$7,31 \pm 2,35$	$8,22 \pm 5,41$
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$19,57 \pm 1,71$	$20,37 \pm 5,55$
pH	$7,8 \pm 0,68$	$7,1 \pm 0,63$
Macrofite (%)	$24 \pm 38,80$	$17 \pm 28,99$
Nitrati ($\mu\text{g/L}$)	$75,57 \pm 124,34$	$128,13 \pm 256,93$

4.5.8 *Orthetrum brunneum*

Parametro	Presenza (n = 1)	Assenza (n = 38)
Ossigeno disciolto (ppm)	8,37	$8,05 \pm 5,05$
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	18,91	$20,26 \pm 5,13$
pH	8,1	$7,2 \pm 0,68$
Macrofite (%)	0	$19 \pm 30,77$
Nitrati ($\mu\text{g/L}$)	14	$121,45 \pm 240,71$

4.5.9 *Sympetrum fonscolombii*

Parametro	Presenza (n = 1)	Assenza (n = 38)
Ossigeno disciolto (ppm)	0,68	-
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	25,73	-
pH	6,9	-
Macrofite (%)	66	-
Nitrati ($\mu\text{g/L}$)	0	-

4.5.10 *Sympetrum striolatum*

Parametro	Presenza (n = 1)	Assenza (n = 38)
Ossigeno disciolto (ppm)	0,66	$8,25 \pm 4,90$
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	33,18	$19,89 \pm 4,66$
pH	6,9	$7,2 \pm 0,70$
Macrofite (%)	20	$18 \pm 30,92$
Nitrati ($\mu\text{g/L}$)	0	$121,82 \pm 240,53$

5.0 DISCUSSIONE

Nel corso dello studio sono state rilevate dieci specie di Odonati appartenenti ai sottordini *Zygoptera* (*C. puella* ed *E. cyathigerum*) e *Anisoptera*, tipiche di ambienti lentici o di acque a debole corrente. Molte delle specie osservate sono caratterizzate da una buona capacità di dispersione e da una certa tolleranza alle variazioni ambientali, caratteristiche che favoriscono la colonizzazione di habitat di dimensioni ridotte e talvolta temporanei come le pozze d'alpeggio.

Lo studio delle comunità di Odonati presenti nelle pozze d'alpeggio analizzate ha permesso di evidenziare alcune relazioni tra la presenza delle specie e le caratteristiche ambientali dei siti studiati. Le pozze d'alta quota rappresentano infatti habitat peculiari, spesso di dimensioni ridotte e soggetti a variazioni ambientali anche marcate, ma comunque in grado di ospitare una discreta diversità di specie. L'analisi dei dati raccolti consente quindi di discutere la distribuzione delle specie nei diversi siti, le possibili relazioni con i parametri ambientali misurati e l'andamento fenologico delle specie individuate nell'area di studio.

5.1 distribuzione delle specie nei siti

La distribuzione delle specie di odonati nei siti campionati evidenzia un chiaro gradiente ecologico, lungo il quale si separano specie con elevata specializzazione ambientale da specie generaliste e opportuniste. La composizione delle comunità varia in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua e della struttura della vegetazione acquatica. Nonostante le analisi statistiche sui siti chiusi e su quelli aperti non siano significative si può notare che nei siti in cui il bestiame ha accesso alle risorse idriche presentano parametri peggiori rispetto agli altri (non sono state comunque inserite nello studio le differenze dei parametri tra siti analizzando invece quello specie-specifico). Le specie stenoecie risultano confinate a siti con condizioni più specifiche, caratterizzati da temperature più basse, elevata ossigenazione e maggiore copertura di macrofite. Questo suggerisce una forte dipendenza da habitat oligotrofici e strutturalmente complessi, dove la stabilità ambientale rappresenta un fattore chiave per la loro presenza. Le specie euriecie mostrano una distribuzione più ampia e meno vincolata ai singoli parametri ambientali, occupando siti con variazioni significative di temperatura, ossigeno e nutrienti. La loro presenza in un ampio spettro di condizioni suggerisce una maggiore plasticità ecologica e una capacità di adattamento a habitat mesotrofici. Le specie opportuniste e pioniere tendono a colonizzare ambienti instabili o estremi, inclusi bacini con elevata temperatura, bassa ossigenazione o condizioni chimiche variabili. In particolare, alcune specie sono state rilevate in un numero molto limitato di siti, suggerendo una colonizzazione episodica legata alla disponibilità temporanea dell'habitat piuttosto che a una preferenza ecologica stabile. Nel complesso, la distribuzione delle specie nei siti riflette un gradiente ecologico tipico degli ecosistemi lentici e lentico-marginali, in cui la combinazione di temperatura, ossigenazione e struttura della vegetazione determina la composizione delle comunità di odonati. Le specie mostrano un continuum tra specializzazione e generalismo, con forme più stenoecie associate a condizioni ambientali stabili e oligotrofiche, e forme opportuniste capaci di colonizzare rapidamente habitat temporanei o disturbati.

5.2 relazione con i parametri ambientali

L'analisi delle relazioni tra la presenza delle specie di odonati e i principali parametri ambientali evidenzia che la struttura delle comunità è regolata da un insieme di gradienti fisico-ecologici interconnessi, piuttosto che da singole variabili isolate. In particolare, temperatura dell'acqua, ossigeno disciolto e copertura di macrofite emergono come i principali driver della distribuzione, mentre pH e concentrazione di nitrati svolgono un ruolo secondario e più indiretto. La temperatura rappresenta il principale fattore strutturante delle comunità di odonati, influenzando direttamente il metabolismo, la velocità di sviluppo larvale e la fenologia delle specie. I risultati evidenziano la coesistenza di specie associate ad acque più fresche e stabili, tipiche di ambienti meno esposti e maggiormente ombreggiati, e specie termofile e pionieristiche, in grado di colonizzare rapidamente bacini soggetti a forte riscaldamento estivo. Questo suggerisce la presenza di un chiaro gradiente termico di sostituzione delle specie, con implicazioni dirette sulla composizione delle comunità lungo il ciclo stagionale e tra diversi tipi di pozza. L'ossigeno disciolto è strettamente legato sia alla temperatura sia ai processi di decomposizione della sostanza organica e alla produttività primaria. Valori più bassi si associano generalmente a condizioni di maggiore stagnazione o instabilità idrologica, tipiche di pozze temporanee o fortemente riscaldate. Tuttavia, la presenza di numerose specie anche in condizioni di bassa ossigenazione indica una elevata tolleranza fisiologica del gruppo degli odonati, che include sia specie opportuniste sia generaliste capaci di sfruttare habitat sub-ottimali. La copertura di macrofite rappresenta un elemento chiave nella determinazione della complessità strutturale dell'habitat. La vegetazione acquatica influisce direttamente sulla disponibilità di substrati per l'ovodeposizione, sulla protezione dalle interazioni predatorie e sulla qualità dei microhabitat larvali. I risultati suggeriscono che le comunità più diversificate tendono ad associarsi a una presenza intermedia o elevata di vegetazione, mentre le specie pionieristiche risultano meno vincolate a questo parametro, colonizzando anche ambienti privi di struttura vegetale. Questo evidenzia il ruolo delle macrofite come fattore modulatore della complessità ecologica più che come filtro rigido di selezione. Il pH mostra una variabilità relativamente contenuta tra i siti analizzati e non sembra agire come fattore limitante principale per la distribuzione delle specie. Le comunità di odonati risultano infatti distribuite lungo un intervallo ristretto di condizioni da neutre a subalcaline, con alcune specie in grado di tollerare leggere deviazioni verso condizioni più acide o alcaline. Questo suggerisce che il pH rappresenti un fattore di contesto piuttosto che un driver primario nella strutturazione delle comunità. La concentrazione di nitrati presenta un'elevata variabilità spaziale, riflettendo la forte eterogeneità dei siti analizzati. Sebbene alcune differenze tra siti occupati e non occupati possano essere osservate, non emerge un pattern univoco di selezione da parte delle specie. Questo suggerisce che gli odonati rispondano più indirettamente alla disponibilità di nutrienti, attraverso effetti sulla vegetazione e sull'ossigenazione dell'acqua, piuttosto che a una risposta diretta al carico trofico. Nel complesso, i risultati indicano che la distribuzione delle specie di odonati nelle pozze d'alpeggio è regolata da un modello multifattoriale gerarchico, in cui il gradiente termico e l'ossigenazione costituiscono i principali driver ecologici, mentre la struttura della vegetazione modula la disponibilità di microhabitat e risorse riproduttive. I parametri chimici, pur mostrando variabilità spaziale, agiscono prevalentemente in modo indiretto attraverso le interazioni con la produttività e la struttura fisica dell'habitat. Ne risulta un sistema caratterizzato da un continuum ecologico tra condizioni stabili e oligotrofiche e ambienti instabili e altamente dinamici, lungo il quale si distribuiscono specie con differenti strategie ecologiche, dalla stenoecia alla pioniericità.

TEMPERATURA

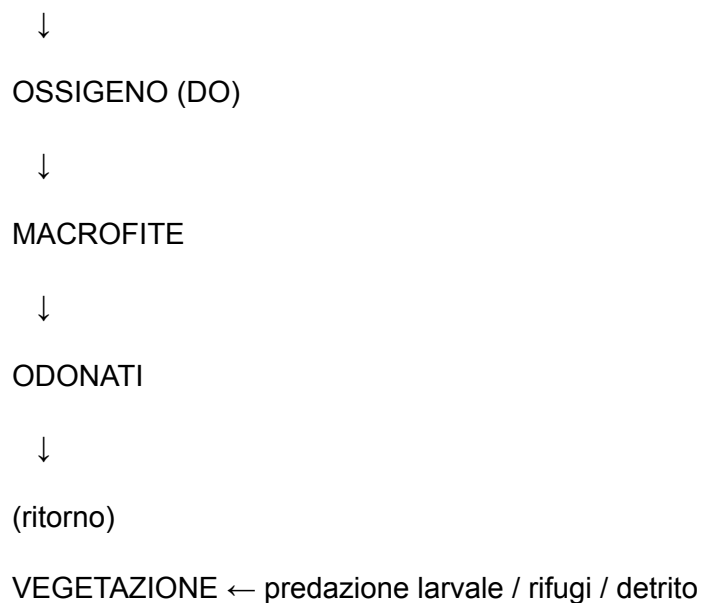


Figura 4. Modello concettuale delle relazioni tra principali variabili ambientali e struttura delle comunità di odonati nelle pozze d'alpeggio. La temperatura rappresenta il driver primario del sistema, influenzando indirettamente la concentrazione di ossigeno disciolto e la struttura della vegetazione acquatica. Questi fattori combinati determinano la disponibilità di microhabitat e, di conseguenza, la composizione delle comunità di odonati, che riflette un gradiente ecologico tra specie specialiste, generaliste e pionieristiche.

5.3 fenologia delle specie

La fenologia delle specie di odonati nei siti studiati evidenzia una distribuzione temporale coerente con il ciclo biologico degli Odonata in ambienti temperati, con picchi di presenza associati ai mesi più caldi. Alcune specie risultano precoci iniziando a comparire già ad aprile-maggio come *E. cyathigerum*, la *L. depressa*, *S. fonscolombii*, *C. puella* e *L. quadrimaculata* con un picco massimo a giugno. Poi abbiamo le specie estive che compaiono a giugno-luglio con picchi proprio a luglio o ad agosto come *A. cyanea*, *A. juncea*, *A. imperator* e *O. brunneum*. Infine abbiamo una specie tardiva (*S. fonscolombii*) che inizia a comparire a fine estate ma ha il picco massimo attorno a settembre-ottobre. Risultano poche osservazioni segnalate per *O. brunneum* e per *S. fonscolombii* e questo è dato dal fatto che sono rare in Trentino perchè risultano essere specie migranti piuttosto che avere popolazioni stabili nella regione. Nel complesso, la fenologia evidenzia una progressiva sostituzione delle specie nel corso della stagione, con un aumento delle forme termofile e opportuniste nei mesi più caldi e una maggiore presenza di specie legate ad acque fresche nelle fasi iniziali del periodo vegetativo.

5.4 ruolo ecologico delle pozze d'alpeggio

Le pozze d'alpeggio rappresentano ecosistemi lentic temporanei o semipermanenti di elevato valore ecologico, in grado di ospitare comunità di odonati diversificate nonostante le condizioni ambientali spesso estreme e variabili. Nonostante le ridotte dimensioni, le pozze d'alpeggio rappresentano veri e propri hotspot di biodiversità. Gli ecosistemi acquatici continentali ospitano una quota sproporzionatamente elevata della biodiversità globale rispetto alla superficie occupata e le piccole pozze montane contribuiscono in modo

significativo a tale ricchezza biologica. Le pozze alpine ospitano comunità specializzate di macroinvertebrati, anfibi, piante acquatiche e odonati, comprese specie rare o sensibili alle alterazioni ambientali [21]. La presenza di specie con differenti esigenze ecologiche, da *A. cyanea* a *L. depressa* e *C. puella*, conferma il ruolo delle pozze come habitat capaci di sostenere comunità eterogenee. Per gli odonati le pozze costituiscono habitat essenziali per l'ovodeposizione e lo sviluppo delle larve. La permanenza dell'acqua durante la stagione vegetativa, la presenza di macrofite e la disponibilità di microhabitat determinano il successo riproduttivo delle specie. La vegetazione acquatica svolge un ruolo fondamentale poiché, oltre ad offrire substrati per l'ovodeposizione, fornisce rifugio dalle predazioni, aumenta la disponibilità di prede e favorisce l'emersione degli adulti. Questo spiega perché molte specie osservate nello studio mostrano una maggiore frequenza nei siti con copertura vegetale più elevata. Le pozze non devono essere considerate habitat isolati ma parti di una rete ecologica. La connettività tra i corpi idrici favorisce la dispersione degli adulti e permette la colonizzazione di nuovi habitat, mantenendo il flusso genico tra popolazioni. Recenti revisioni evidenziano che la connettività rappresenta uno dei principali fattori che determinano la distribuzione della biodiversità nelle pozze alpine, insieme alla temperatura e all'idroperiodo [21]. In questo studio, la presenza di specie pioniere come *L. depressa* e *S. fonscolombii* suggerisce fenomeni di colonizzazione legati alla capacità di dispersione e alla disponibilità di habitat temporaneamente idonei. Le pozze alpine sono considerate importanti rifugi climatici per molte specie adattate ad ambienti freddi. Le acque di alta quota possono mantenere condizioni termiche favorevoli anche durante periodi di riscaldamento estivo, consentendo la persistenza di specie sensibili all'aumento delle temperature. Numerosi studi evidenziano come le pozze di quota rappresentino oggi habitat rifugio per specie specialiste e stenoterme, particolarmente vulnerabili al cambiamento climatico [21]. Questo aspetto è particolarmente rilevante per specie legate ad acque relativamente fresche e ben ossigenate. Le pozze d'alpeggio sono ecosistemi estremamente vulnerabili. Le principali minacce individuate dalla letteratura sono:

- aumento della temperatura dell'acqua;
- riduzione della durata dell'inondazione (idroperiodo);
- maggiore frequenza di siccità estive;
- perdita di connettività tra habitat.

Questi fattori possono modificare profondamente la composizione delle comunità biologiche, favorendo specie generaliste e termofile a scapito di quelle specializzate [21]. I pattern osservati nella tua indagine, con specie molto generaliste accanto a specie più selettive, possono essere interpretati proprio alla luce di tali gradienti ambientali. Dal punto di vista della conservazione, le pozze d'alpeggio assumono un valore che va oltre le loro dimensioni. La loro perdita comporterebbe la scomparsa di habitat riproduttivi per numerosi taxa acquatici e semiacquatici. La letteratura sottolinea che questi piccoli ecosistemi sono spesso sottovalutati nei programmi di monitoraggio e gestione, nonostante il loro contributo alla biodiversità regionale sia particolarmente elevato [21]. I risultati ottenuti confermano che le pozze d'alpeggio costituiscono elementi fondamentali del paesaggio alpino, in grado di sostenere comunità diversificate di odonati grazie all'elevata eterogeneità ambientale e alla disponibilità di habitat riproduttivi. Oltre a rappresentare importanti hotspot di biodiversità, tali ecosistemi svolgono una funzione di connessione ecologica tra popolazioni e possono agire come rifugi climatici per specie sensibili alle variazioni ambientali. Alla luce della crescente pressione esercitata dai cambiamenti climatici sugli ecosistemi montani, la conservazione

delle pozze d'alpeggio assume pertanto un'importanza strategica per il mantenimento della biodiversità acquatica alpina. Le differenti tipologie di corpi idrici analizzate mostrano caratteristiche strutturali e funzionali differenti che si riflettono sulla composizione delle comunità di odonati. Le pozze tradizionali e le pozze naturalistiche presentano generalmente una maggiore complessità ambientale, favorita dalla presenza di vegetazione acquatica, rive naturali e microhabitat diversificati, risultando pertanto maggiormente idonee alla riproduzione e allo sviluppo larvale delle specie. I serbatoi artificiali, pur potendo essere utilizzati da taxa generalisti e opportunisti, mostrano generalmente una minore eterogeneità ambientale e un valore ecologico inferiore. Tuttavia, anche queste strutture possono contribuire alla conservazione della biodiversità acquatica in contesti caratterizzati da scarsità di habitat umidi, integrando la rete ecologica delle pozze d'alpeggio. Nessuna tipologia di pozza deve essere considerata priva di valore ecologico. Sebbene le pozze tradizionali e naturalistiche mostrano generalmente una maggiore capacità di supportare comunità diversificate, anche i serbatoi artificiali possono fungere da habitat sostitutivi e da elementi di connessione ecologica, contribuendo alla persistenza delle popolazioni di odonati nel paesaggio alpino.

6.0 CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di caratterizzare le comunità di odonati associate alle pozze d'alpeggio, evidenziando come tali habitat ospitino specie con differenti esigenze ecologiche e strategie di colonizzazione. La composizione delle comunità è risultata influenzata principalmente da parametri quali temperatura, ossigeno disciolto e copertura di macrofite, confermando il ruolo della qualità dell'habitat nella distribuzione delle specie. Ci sono specie specialiste (come *A. juncea*), specie generaliste (come *A. cyanea*, *C. puella*, *L. depressa*) e specie opportuniste e pioniere (*S. fonscolombii*). Le analisi statistiche non hanno evidenziato relazioni significative tra l'intensità del pascolo e i parametri ambientali o la composizione delle comunità di odonati. Tuttavia, è stato osservato un trend ricorrente che suggerisce un possibile peggioramento di alcune caratteristiche ambientali nei siti maggiormente interessati dalla presenza del bestiame, in particolare per quanto riguarda la qualità delle acque e la struttura della vegetazione. Sebbene tali differenze non abbiano raggiunto la significatività statistica, esse meritano attenzione e ulteriori approfondimenti attraverso studi condotti su scale temporali e spaziali più ampie. I risultati confermano il ruolo delle pozze d'alpeggio come habitat di elevato valore ecologico. Nonostante le ridotte dimensioni e la natura spesso temporanea di questi ambienti, essi ospitano una comunità diversificata di odonati e forniscono siti di riproduzione fondamentali per numerose specie. La presenza contemporanea di taxa specialisti e generalisti evidenzia l'importanza dell'eterogeneità ambientale e della conservazione di un mosaico di habitat differenti. La conservazione delle pozze d'alpeggio dovrebbe rappresentare una priorità nelle strategie di gestione degli ecosistemi montani. La loro vulnerabilità ai cambiamenti climatici, ai processi di interrimento naturale e alle alterazioni derivanti dalle attività antropiche rende necessario il mantenimento delle condizioni idrologiche e vegetazionali che ne garantiscono la funzionalità ecologica. Interventi di monitoraggio periodico e una gestione sostenibile delle attività pastorali possono contribuire alla conservazione di questi habitat e delle comunità biologiche associate. Lo studio conferma inoltre l'utilità degli odonati come efficaci indicatori della qualità ambientale degli ecosistemi acquatici. La sensibilità di molte specie alle variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua e della struttura dell'habitat rende questo gruppo particolarmente adatto al monitoraggio degli ambienti umidi montani. Approfondire la

conoscenza della distribuzione e dell'ecologia delle popolazioni di odonati risulta quindi fondamentale non solo per la conservazione delle singole specie, ma anche per la tutela degli ecosistemi acquatici di alta quota nel loro complesso. In conclusione, le pozze d'alpeggio non rappresentano semplicemente piccoli corpi idrici isolati, ma costituiscono elementi essenziali della rete ecologica alpina, capaci di sostenere una significativa biodiversità e di fornire importanti informazioni sullo stato di conservazione degli ecosistemi montani. La tutela di questi ambienti e delle comunità di odonati che li popolano assume pertanto un ruolo strategico in un contesto caratterizzato da crescenti pressioni climatiche e antropiche. Ulteriori studi mirati e specifici serviranno per stabilire e monitorare la qualità delle pozze, stimare e valutare l'impatto del pascolo sull'alterazione di questi ecosistemi e tenere monitorate le popolazioni di odonati sensibili ai cambiamenti ambientali in modo da avere un quadro molto più completo e accurato.

Bibliografia

- [1] Corbet, P.S. (1999). *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- [2] Samways, M.J., Steytler, N.S. (1996). Dragonfly (Odonata) distribution patterns and the quality of water. *Journal of Applied Ecology*, 33, 45–56.
- [3] Clark, T.E., Samways, M.J. (1996). Dragonflies as indicators of biotope quality. *Journal of Applied Ecology*, 33, 1001–1012.
- [4] Dolný, A., Harabiš, F., Bárta, D., Lhota, S., Drozd, P. (2012). Aquatic insects indicate terrestrial habitat degradation: changes in taxonomic structure and functional diversity of dragonflies in tropical rainforest of East Kalimantan. *Ecological Indicators*, 20, 25–33.
- [5] Williams, D.D. (2006). *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press, Oxford.
- [6] Simaika, J.P., Samways, M.J. (2009). An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biological Conservation*, 142, 348–357.
- [7] Samways, M.J. (2008). Dragonflies and damselflies as indicators of ecosystem health. *Biodiversity and Conservation*, 17, 249–260.
- [8] Hickling, R., Roy, D.B., Hill, J.K., Thomas, C.D. (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12, 450–455.
- [9] Hassall, C., Thompson, D.J., French, G.C., Harvey, I.F. (2007). Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate change. *Global Change Biology*, 13, 933–941.
- [10] Kohl, S. (1998). *Anisoptera-Exuvien Europas: Bestimmungsschlüssel*. Eigenverlag, Schlitz.
- [11] Odonata.it. *Aeshna cyanea* (Müller, 1764). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [12] Odonata.it. *Aeshna juncea* (Linnaeus, 1758). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [13] Odonata.it. *Anax imperator* Leach, 1815. Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [14] Odonata.it. *Coenagrion puella* (Linnaeus, 1758). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [15] Odonata.it. *Enallagma cyathigerum* (Charpentier, 1840). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [16] Odonata.it. *Libellula depressa* Linnaeus, 1758. Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [17] Odonata.it. *Libellula quadrimaculata* Linnaeus, 1758. Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [18] Odonata.it. *Orthetrum brunneum* (Fonscolombe, 1837). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [19] Odonata.it. *Sympetrum fonscolombii* (Selys, 1840). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.
- [20] Odonata.it. *Sympetrum striolatum* (Charpentier, 1840). Società Italiana per lo Studio e la Conservazione delle Libellule.

- **[21] Lamouille-Hébert, M., Arthaud, F., Datry, T. (2024).** Climate change and the biodiversity of alpine ponds: Challenges and perspectives. *Ecology and Evolution*, 14(2), e10883.