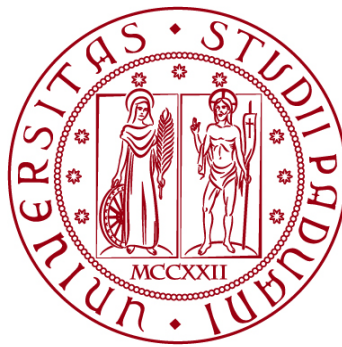


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea in Scienze Naturali



ELABORATO DI LAUREA

**MAPPATURA E INDAGINE DELLA NICCHIA ECOLOGICA DI
Ludwigia hexapetala NEI CANALI DI PADOVA**

**Tutor: Prof Alberto Barausse
Dipartimento di Biologia**

Laureando: Pietro Ederle

ANNO ACCADEMICO 2024/2025

Indice:

1. Introduzione	1
1.1. <i>Ludwigia hexapetala</i>	1
1.2. Canali di Padova	2
1.3. Flussi d'acqua	3
2. Materiali e metodi	4
2.1. Campionamento	4
2.2. Elaborazione dati	5
2.2.1. Insolazione	6
2.2.2. Profondità	8
2.2.3. Qualità dell'acqua	9
3. Risultati	10
3.1. Insolazione	10
3.2. Profondità	14
3.3. Qualità dell'acqua	14
4. Discussione	16
5. Conclusione	17
6. Bibliografia	19
7. Appendice	22

1. Introduzione

Le specie alloctone di natura invasiva rappresentano da sempre una minaccia per la biodiversità locale. Una specie alloctona (non nativa) che si insedia in una nuova zona con fattori ambientali a lei permissivi, può risultare molto competitiva rispetto alle altre specie che caratterizzano la vegetazione di quell'ambiente. La competizione può avvenire su diversi livelli: per la luce, per lo spazio, per i nutrienti, oppure può esserne modificata la struttura del suolo (Weidlich EWA, 2020).

In questo studio si vuole mappare la distribuzione di *Ludwigia hexapetala* (Hook. et Arn.) Zardini, H. Y. Gu et P. H. Raven, nei corsi d'acqua urbani ed extraurbani del sistema idrico di Padova (Italia), mettendola in relazione con fattori ambientali ritenuti potenzialmente cruciali per la presenza della specie nel territorio di Padova quali: esposizione alla luce, profondità e qualità dell'acqua. La raccolta di questi dati permetterà di ottenere informazioni riguardo la sua nicchia ecologica, che è il primo passo per contrastare i problemi legati al carattere invasivo della specie. *L. hexapetala*, comunemente nota come porracchia a sei petali, infatti, è una specie invasiva che crea problemi alla biodiversità locale e alla navigabilità dei corsi d'acqua di pianura del padovano tramite le dense chiazze che forma.

1.1 *Ludwigia hexapetala*

Ludwigia è un genere di piante comparse nell'Eocene recente (Geier et al. 2023) che comprende 82 specie appartenenti alla famiglia delle Onagraceae (Shoch et al.



Figura 1 *Ludwigia hexapetala*. Tratta da Actaplantarum 2025

2020). Tra le specie presenti in Italia possiamo trovare *Ludwigia hexapetala*, un'idrofita elofita nativa del Centro-Sud America (POWO 2025). Radica nel suolo sommerso e porta le gemme a livello del terreno, la parte aerea è eretta sopra il livello dell'acqua, ha filotassi a spirale e porta perianzi gialli eretti da cui sviluppano frutti a capsula loculicida subcilindrica contenenti numerosi semi.

Essendo elofita durante la stagione avversa la porzione aerea viene persa. Può riprodursi tramite dispersione dei semi o per via vegetativa con la dispersione di frammenti dei rizoidi portanti le gemme. (Actaplantarum 2025).

L. hexapetala è stata importata in Europa per scopi decorativi e ad oggi presenta carattere invasivo nelle regioni italiane: Piemonte, Lombardia, Veneto e Lazio; invece è considerata naturalizzata in Emilia-Romagna e Toscana. (Actaplantarum 2025). Non essendo stata rilevata in studi recenti la presenza di altre specie appartenenti al genere *Ludwigia* nella zona di Padova (Casarin 2023) e considerando il portamento della pianta, la posizione e il portamento del fiore (fiori gialli singoli, ascellari ed eretti), si è deciso di utilizzare il riconoscimento visivo nella mappatura della distribuzione di quella che con tutta probabilità è infatti esclusivamente *L. hexapetala*, senza dover quindi ricorrere ad analisi genetiche. I problemi legati all'invasività di questa pianta riguardano, oltre al rischio di perdita di biodiversità come ogni specie alloctona invasiva, anche un rischio idrogeologico. *L. hexapetala* sviluppa veri e proprie distese tappezzanti radicate al suolo con una fitta maglia di fusti e radici che rallenta il flusso d'acqua dissipandone l'energia e quindi la capacità di trasporto del sedimento (Thiébaud e Dutartre 2009), accelerando così i normali processi di sedimentazione che potrebbero, lentamente ma inesorabilmente, accelerare i processi di alterazione dei canali urbani mettendo alla prova la gestione del sistema idrico di Padova.

1.2 I canali di Padova

Padova sorge nel bacino idrografico del Brenta e Bacchiglione, fra il Canale Scaricatore che raccoglie le acque del Bacchiglione a Sud della città e il fiume Brenta a Nord. Le acque qui convogliate vengono coinvolte nella gestione di uno dei più complessi sistemi di controllo idrico al mondo (Veronese, 2023). I canali urbani di Padova, di origine prevalentemente artificiale, sono presenti nel territorio Patavino sin dal medioevo, da sempre utilizzati come vie di trasporto e rotte commerciali nella pianura Padana. Il sistema idrico di Padova ha subito innumerevoli modifiche di espansione, modifica e riduzione nel corso dei secoli assecondando i bisogni della città e dei cittadini, come ad esempio quando durante i lavori tra il 1835 e 1842 vennero installate le paratoie a ponte dei Cavai e scavato il Canale scaricatore, successivamente ampliato nel 1922 e successivi lavori attorno

al 1930 anche per la gestione del flusso idrico per far fronte ai problemi legati ai rischi idrogeologici all'interno della città. Negli anni '50-'60, dopo aver tombinato diversi canali per problemi igienico sanitari a favore della viabilità su strada, si è perso interesse in essi lasciandoli incurati e spesso in stato di degrado per decenni (Zanetti 2013). Fortunatamente hanno da poco suscitato l'interesse della comunità padovana come bene socioculturale della città. (Barausse 2023).

1.3 Flussi d'acqua

A Sud-Ovest dell'area di studio il Bacchiglione si dirama in due direzioni all'altezza della chiusa di Ponte dei Cavai. Il ramo con portata maggiore prende il nome di canale Scaricatore che devia la maggior parte del flusso d'acqua, che non si vuole fare passare per il centro della Città di Padova, facendola scorrere verso Est fino alle chiuse di Voltabarozzo. Da qui il Bacchiglione può riprendere il suo decorso naturale, oppure le acque possono essere deviate verso Nord-Est grazie al Canale S. Gregorio che prosegue fino ad incontrarsi col Piovego all'altezza del quartiere S. Gregorio. L'altro ramo che nasce a Ponte dei Cavai prende il nome di Tronco Maestro, questo prosegue verso Nord diramandosi in due canali che passano per il Centro e scarica il resto nel Piovego. I due canali che attingono dal Tronco Maestro sono il canale Alicorno che parte all'altezza del Bastione Alicorno e il canale S. Michele, poi S. Chiara, che si dirama all'altezza della Specola, entrambi sono stati parzialmente tombinati a favore della viabilità del centro. Il canale Alicorno alimenta le acque del fossato di Prato della Valle per poi riconnettersi al canale S. Chiara per formare il canale San Massimo, poi Roncajette superiore. Fossa Bastioni, creata a scopi difensivi della Città, viene ora utilizzato come raccoglitore di fognature miste di una porzione di città a Ovest, e assieme al tronco Maestro dà vita al Piovego, ma durante eventi di intense precipitazioni può essere scaricata parzialmente nel Tronco Maestro tramite idrovore alla barriera Saracinesca all'altezza del ponte saracinesca; inoltre, fossa Bastioni scarica per gravità nel Piovego all'altezza dell'Idrovora Vetri. Il Piovego scorre verso Est fino ad incrociare il fiume Brenta, le sue acque però possono essere reindirizzate verso il Bacchiglione all'altezza di Golena S. Massimo dove raggiunge il Canale Roncajette superiore, il quale passa al di sotto del canale S. Gregorio grazie a un sifone. Il

Collettore fossetta è uno scolo che arriva dai quartieri a Nord della ferrovia e va a scaricarsi nel Roncajette superiore dopo il sifone.

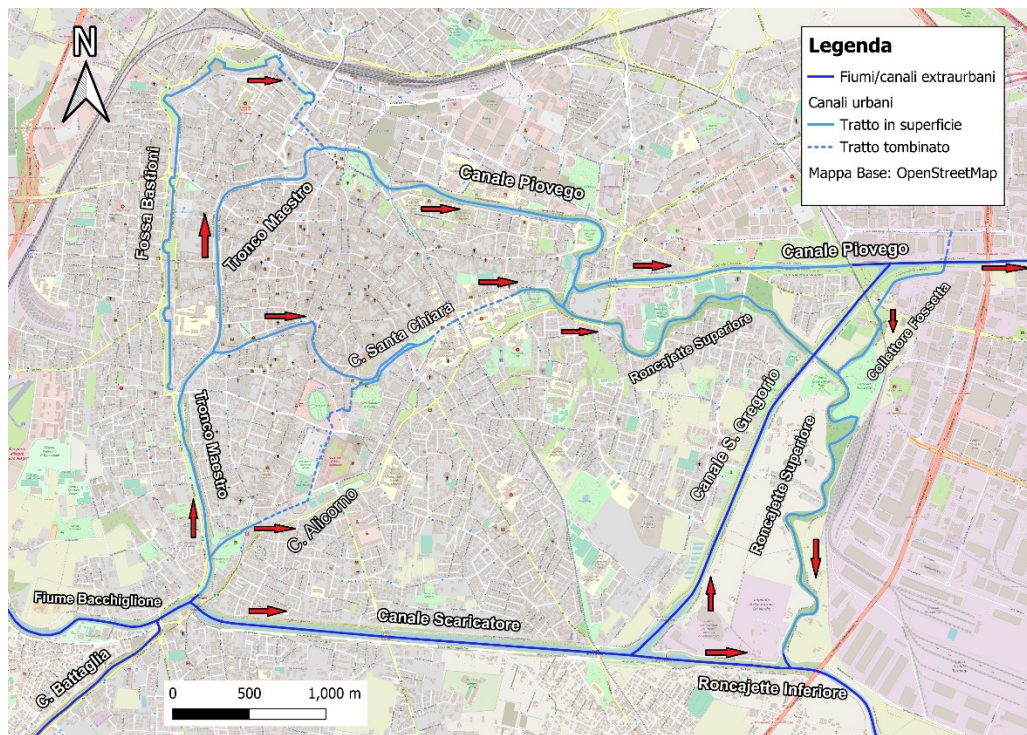


Figura 2 Mappa dei canali di Padova (cortesia di Alex Faccin, dip. ICEA - UNIPD)

2. Materiali e Metodi

2.1. Campionamento

Come prima cosa è stata definita un'area di studio nel comune di Padova, quest'area comprende i canali urbani (Fossa Bastioni, Piovego, Tronco Maestro, S. Chiara, Roncajette superiore, Canale Alicorno) ed extraurbani (Canale scaricatore, Canale S. Gregorio). Con un'indagine preliminare composta di diverse uscite sul campo nelle varie zone dell'area di studio nel mese di luglio 2024, lungo i corsi d'acqua è stata riscontrata la presenza di *L.hexapetala* nei seguenti canali: Tronco Maestro, Piovego, C. Scaricatore e C. S. Gregorio.

Grazie alla stampa delle immagini satellitari di Google Earth delle zone di interesse, è seguita la mappatura sul campo durata da metà luglio a fine agosto 2024, in questa fase sono state tracciate le popolazioni di *L. hexapetala* associate ad una di tre classi di densità: (1 = sporadica, 2 = presente, 3 = tappezzante).

Alle immagini satellitari della zona di interesse è stata sovrapposta una griglia di coordinate per aiutare ad orientarsi oltre ai punti di riferimento riconoscibili sia virtualmente che fisicamente.

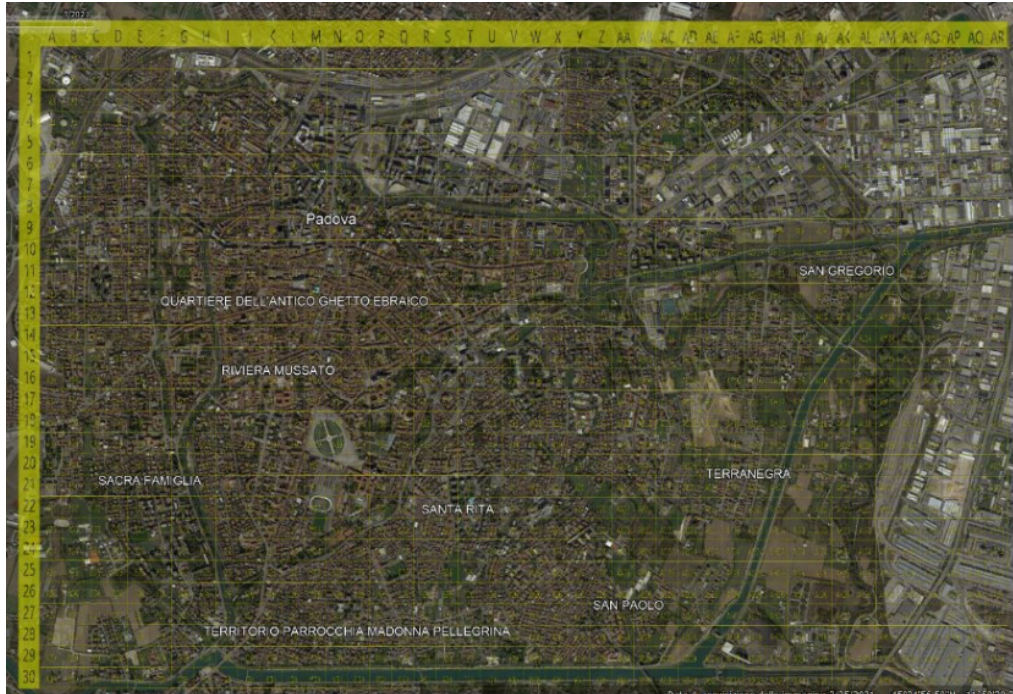


Figura 3 Reticolo di coordinate utilizzato per orientarsi con le stampe dei dettagli dei canali per la mappatura. Immagine tratta da Google Earth

2.2 Elaborazione dati

La scelta dei software per la trascrizione e l'analisi delle rilevazioni sul campo è avvenuta secondo i seguenti criteri: georeferenziazione (è necessario avere elementi fissati a delle coordinate fisiche per poter interpretare correttamente i dati ed evitare traslazioni sulla mappa), facilità di utilizzo, possibilità di avere immagini storiche di viste aeree, strumenti per l'elaborazione degli elementi, strumenti per l'elaborazione dati. Per ottenere i migliori risultati si è scelto di usare Google Earth per tracciare i poligoni delle macchie di porracchia ed ottenere immagini storiche e QGIS per l'elaborazione del materiale ottenuto. I file kmz ottenuti dal tracciamento dei poligoni su G.E. sono stati trasferiti in un progetto QGIS dove si è svolto uno studio su più livelli. Per questo studio si è deciso di tenere in considerazione tre fattori ambientali che possono influire sulla distribuzione *L. hexapetala* ovvero: insolazione, profondità e qualità dell'acqua (Pelella E. e Ceschin S. 2024).

2.2.1 Insolazione

Un file .shp (cortesia dott. Daniele Codato, dip. ICEA - UNIPD) che rappresenta graficamente in maniera dettagliata l'idrografia di Padova è stato sovrapposto alle immagini aeree di Google Earth per confermarne l'accuratezza. Successivamente i dettagli del perimetro, il quale rappresenta le sponde dei canali, sono stati elaborati per semplificazione in modo da evitare di mantenere brevissimi tratti di sponda che non seguono l'effettivo andamento del canale, come piccole insenature, muretti, o altre irregolarità. Questo perché in un contesto reale non interferiscono molto sull'insolazione ma andrebbero a pesare sulla successiva analisi dei dati.

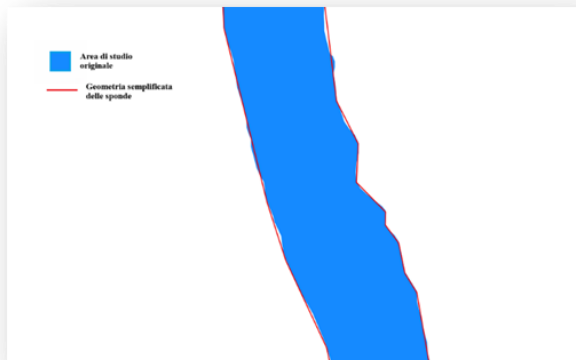


Figura 4 Dettaglio di progetto in QGIS che mostra un tratto del Tronco Maestro subito dopo l'ansa che inizia a Ponte dei Cavai e di come la geometria delle sue sponde sia stata semplificata

A questo punto tramite la calcolatrice di campo di QGIS sono stati misurati l'orientamento della sponda (cioè l'angolo fra la direzione della sponda e l'est, come indicatore dell'insolazione) e le lunghezze dei vari segmenti di sponde. Grazie a questo procedimento, ed incrociando i risultati con gli attributi delle patch che rappresentano le popolazioni di *L. hexapetala*, è stato possibile ottenere una tabella degli attributi che mette in relazione l'orientamento dei segmenti intersecanti i poligoni, le classi e le superfici dei vari poligoni intersecati. Tramite un foglio di calcolo Excel è avvenuta poi l'elaborazione di questi dati. Per quanto riguarda l'orientamento l'intervallo di misurazione va da -180° a 180° con 0° orientato verso Est e di conseguenza esposizione a sud e cioè massima. L'orientamento è stato calcolato con una funzione trigonometrica utilizzando delle coordinate di inizio e fine segmento. Per distinguere il livello di esposizione delle sponde in maniera più efficace, alle sponde esposte a Sud sono stati assegnati valori compresi tra -90° e 90° , mentre alle sponde esposte a Nord sono stati assegnati

valori compresi tra -180° e -90° o tra 90° e 180° . Da tenere in considerazione per la lettura dei grafici che -180° e 180° possono corrispondere a sponde esposte a Nord con il medesimo orientamento.

2.2.2 Profondità

Ottenere dati precisi sulla profondità di un'area così estesa non è scontato, richiede l'investimento di risorse finanziarie, di strumentazione e di tempo. Sapendo questo è stato deciso di discretizzare il corso d'acqua in due sole classi di profondità. Il primo passo è stato ricavare dati riguardanti la profondità dei canali dalle sezioni degli stessi, misurate durante gli studi sul flusso d'acqua nei canali dalla tesi di Farhadian S. (Farhadian 2022) e da tavole tecniche del Genio civile di Padova, fornite dal Prof. Barausse (Dip. di Biologia – UNIPD) e il Dott. Alex Faccin (dip. ICEA – UNIPD) o anche tratte dalla rivista Galileo, anno XV, supplemento al n.160 del 2003. Dove i dati non erano disponibili si è cercato riscontro visivo dalle immagini satellitari, dove si vede un cambio netto di gradazione nel colore dell'acqua come mostrato in figura 6, a mostrare un cambio di profondità. Incrociando tutte queste informazioni è stato tracciato un limite tra due classi di profondità (1= poco profonda, 3 = profonda) fissato approssimativamente a 60 cm di profondità in condizioni di portata simili a quelle dello studio di Farhadian.

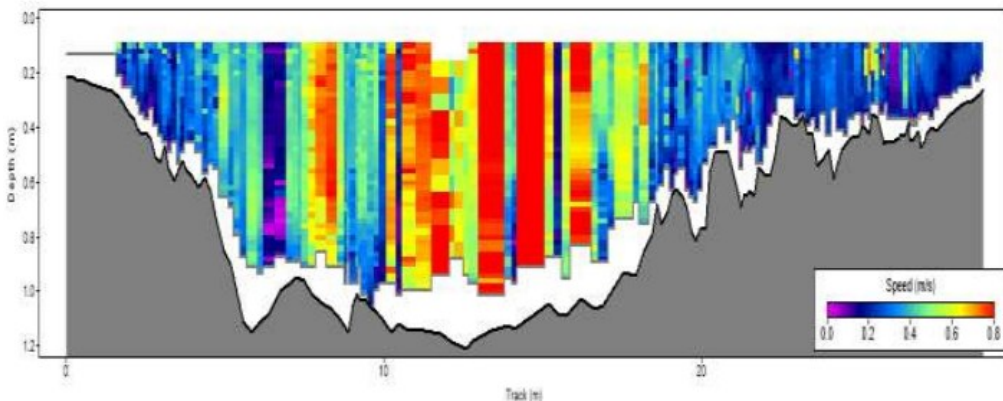


Figura 5 Sezione del tronco maestro di fronte a Golena Alicorno. Immagine presa da tesi Farhadian S. 2022

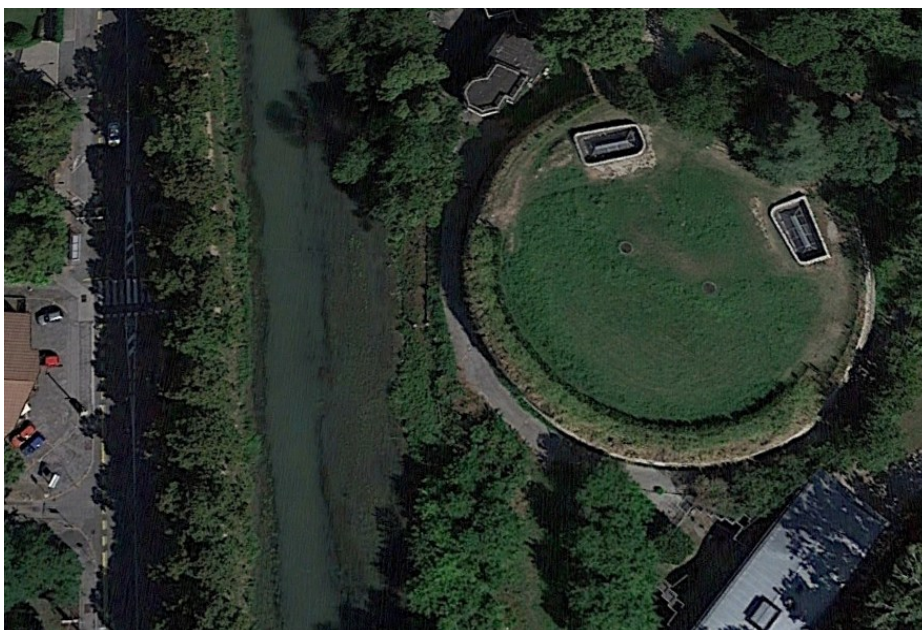


Figura 6 Immagine aerea tratta da Google Earth del tratto di Tronco Maestro di fronte a Golena Alicorno (Immagine di settembre 2019)

Si è proceduto con lo stesso metodo di intersezione utilizzato per lo studio dell'insolazione utilizzando questa volta l'intersezione di poligoni e ottenendo una tabella degli attributi che combina superficie occupata dalla pianta e classe di profondità. Nella tabella è stata inserita un'altra classe di profondità: 2, per quelle popolazioni che si trovano a cavallo del limite imposto tra le classi 1 e 3.

2.2.3 Qualità dell'acqua

Grazie alle indagini sulla qualità delle acque dei canali di Padova condotte negli ultimi tre anni nei canali urbani di Padova dal dipartimento di Biologia e dal dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova (Faccin et al., 2023) e conoscendo il funzionamento del sistema idrico in situazioni di stabilità e in situazioni di elevata precipitazione, è stato possibile assegnare a varie porzioni dei canali valori discreti per la qualità dell'acqua riferendosi principalmente ai seguenti fattori chimici: O_2 disciolto e TDNI ossia i nutrienti azotati (NH_4 - NO_2 - NO_3). Tronco Maestro, Scaricatore e S.Gregorio hanno una qualità migliore in senso relativo rispetto al Piovego che accoglie le acque di Fossa Bastioni.

3 Risultati

L'area totale delle patch di porracchia è risultata essere 21825 m², la maggior parte delle patch sono indicate con classe 3, ossia tappezzante, sono pochi i casi in cui è stata rilevata la presenza mista ad altra vegetazione ripariale (classe 2) o sporadica (classe 1)

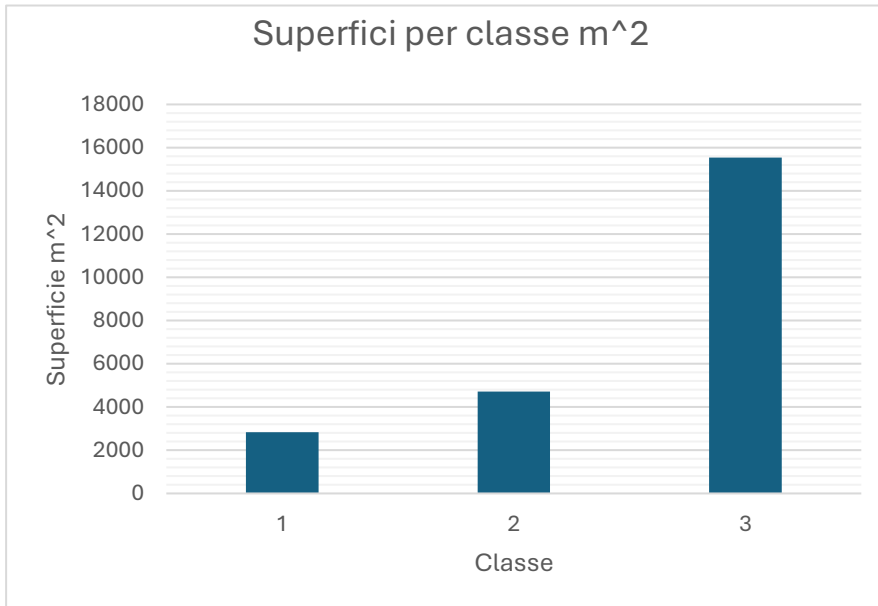


Figura 7 Superficie a porracchia divisa per classi di densità di individui. Legenda: 1 = sporadica, 2 = presente, 3 = tappezzante.

3.1 Insolazione

Le porzioni di superficie occupate da *L.hexapetala* sono state sommate dopo averle raggruppate in base all'orientamento della sponda in intervalli di 20°, usando questi intervalli e i totali delle superfici orientate allo stesso modo è stato ottenuto un grafico che rappresenta la distribuzione di *L.* in base all'orientamento.

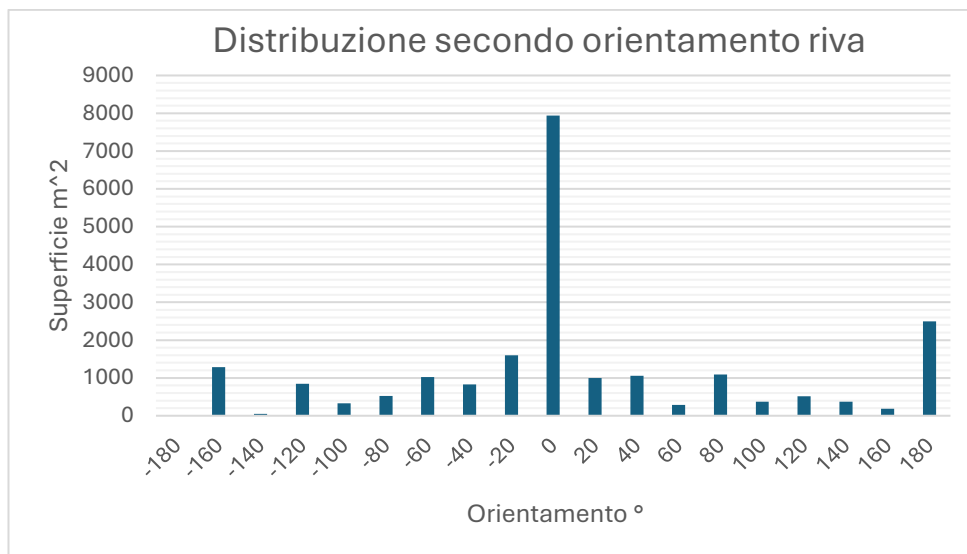


Figura 8 Grafico che rappresenta la superficie a porrachia rispetto l'orientamento delle sponde
 Legenda: 0°= sponda orientata Est-Ovest con esposizione a Sud; -180°,180° =sponda orientata Est-Ovest con esposizione a Nord; -90,90= sponda orientata Nord-Sud.

Le colonne rappresentano la somma delle superfici con orientamento compreso in bin di 20° tra il grado assegnato nel grafico e quello alla sua sinistra

Si nota come una grossa porzione della superficie occupata da *L. hexapetala* (circa 7940 m² sui 21825 m² totali di diffusione, ossia il 36%) sia raggruppata nell'intervallo attorno allo 0°, indicando che la maggior parte è insediata in tratti di canali orientati da Ovest a Est con esposizione a Sud, che sono quelli che ricevono la maggior quantità di luce durante il giorno. Questo perché saranno più difficilmente ombreggiate da vegetazione, infrastrutture o argini rialzati. Questo si

nota bene osservando le differenze di distribuzione di popolazioni tra le sponde Nord e Sud del canale Scaricatore come da figura successiva:

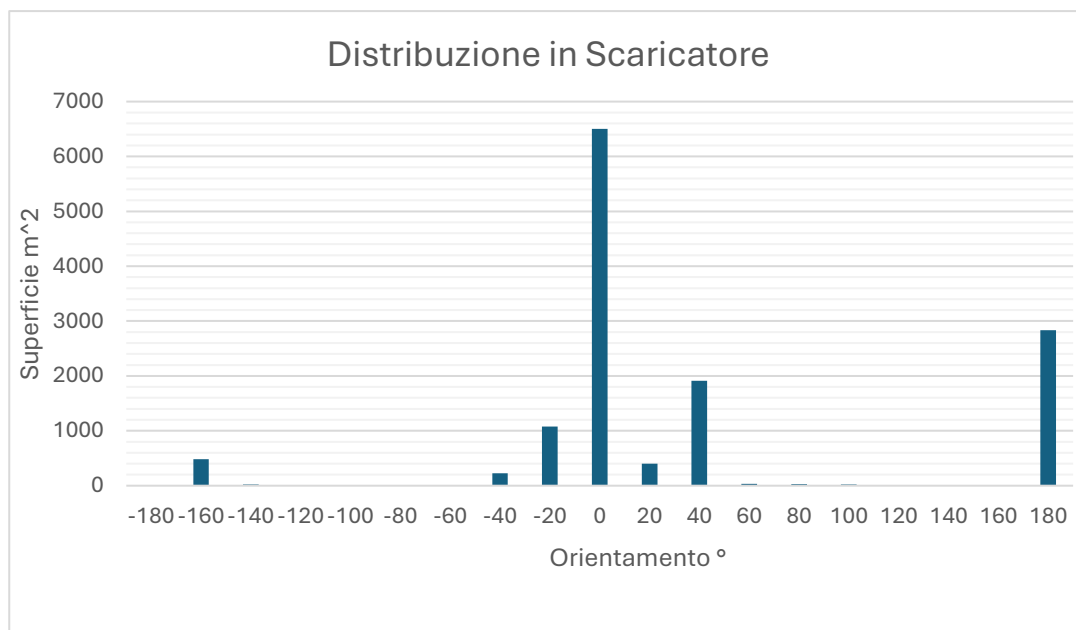


Figura 9 Grafico che rappresenta la superficie a porracchia rispetto l'orientamento delle sponde nel canale Scaricatore. Legenda: 0°= sponda orientata Est-Ovest con esposizione a Sud; -180°,180° =sponda orientata Est-Ovest con esposizione a Nord; -90,90= sponda orientata Nord-Sud.

Le colonne rappresentano la somma delle superfici con orientamento compreso in bin di 20° tra il grado assegnato nel grafico e quello alla sua sinistra.

Oltre allo studio sulla superficie è stato eseguito un confronto tra la lunghezza della totalità delle sponde e la lunghezza delle sponde occupate da *L. hexapetala*, raggruppandole come sopra, ad intervalli di 20°.

I risultati di questa analisi ci mostrano se la distribuzione sia allineata alla forma della rete idrica patavina, che vede le sue sponde orientate per la maggior parte da Est a Ovest.

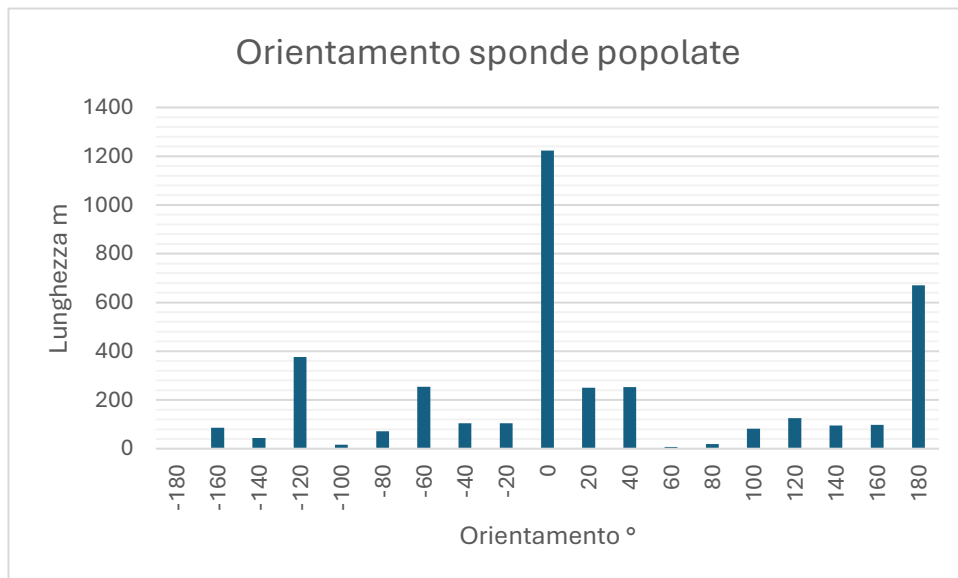
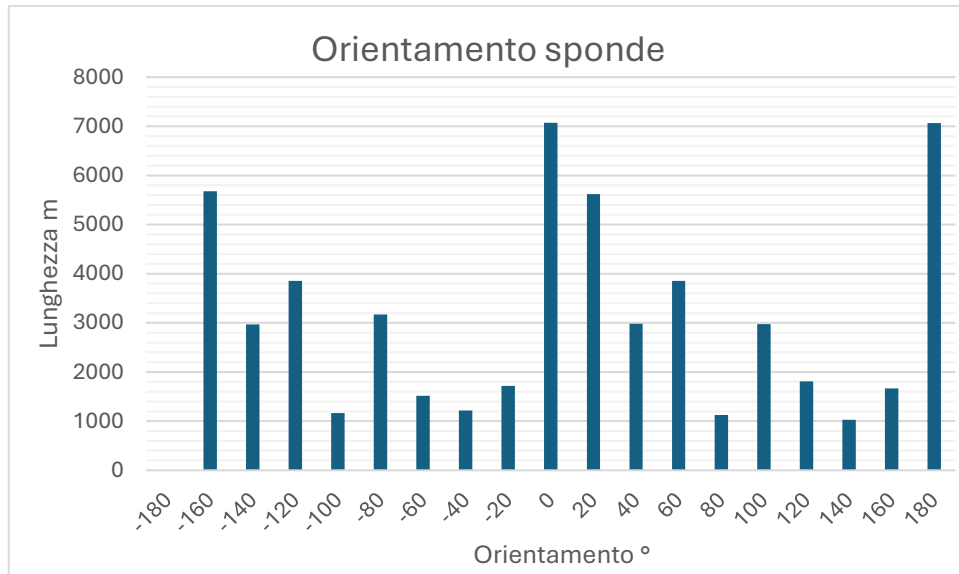


Figura 10 Grafici che rappresentano l'orientamento della totalità dei canali (sopra) e l'orientamento delle sponde popolate (sotto). Legenda: 0°= sponda orientata Est-Ovest con esposizione a Sud; -180°,180° =sponda orientata Est-Ovest con esposizione a Nord; -90,90= sponda orientata Nord-Sud.

Le colonne rappresentano la somma delle superfici con orientamento compreso in bin di 20° tra il grado assegnato nel grafico e quello alla sua sinistra

Si riscontra che il 14% della lunghezza delle sponde è occupata da *L.* (3547.312 m su 25168.17 m totali) e che una grossa porzione cresce su sponde con esposizione a Sud, senza allinearsi all'andamento generale delle sponde, e quindi in maniera non casuale. Nonostante questi risultati andrebbero approfonditi con test statistici, suggeriscono sicuramente che *L. hexapetala* preferisca le sponde con esposizione a Sud.

3.2. Profondità

Allo stesso modo dell'insolazione le aree sono state sommate seguendo il loro grado di profondità ed è stato ottenuto il seguente grafico.

La maggioranza della superficie a porracchia si trova a cavallo del limite, di queste quasi la totalità delle popolazioni insediate nel Scaricatore hanno la porzione maggiore di superficie occupata nella zona ad alta profondità (2), mentre quelle di Tronco Maestro e Piovego propendono per le zone a bassa profondità.

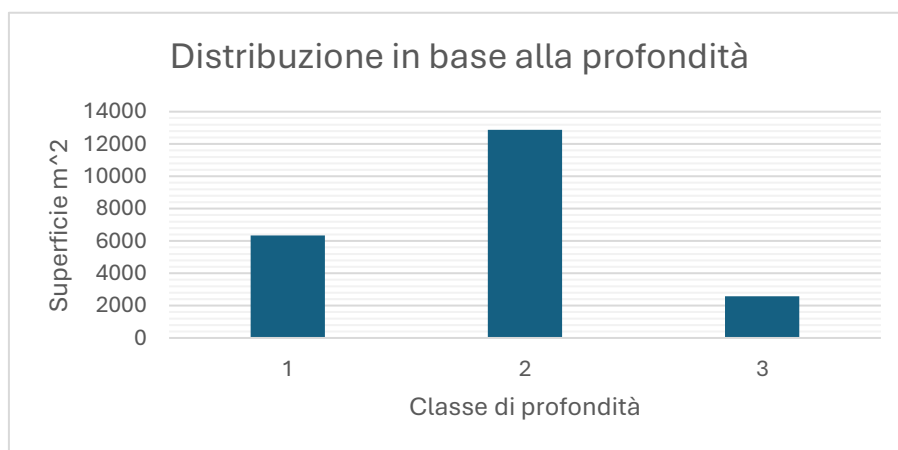


Figura 11 Grafico che mette in relazione la superficie a porracchia e la classe di profondità dei siti in cui è insediata. Legenda classi di profondità:

1: < 0.6 m, 2: circa 0.6 m, 3: > 0.6 m

3.2 Qualità dell'acqua

Alle popolazioni insediate nei canali Scaricatore, S. Gregorio e Tronco Maestro è stata associata la Classe relativa di qualità dell'acqua 1: buona, mentre a quelle presenti nel Piovego è stata associata la classe 2: cattiva, sulla base dei dati del Dip. di Biologia e del gruppo LASA del Dip. di Ingegneria Industriale (si veda Faccin et al., 2023 al riguardo). Sommando le superfici secondo la loro classe è stato ottenuto il seguente grafico:

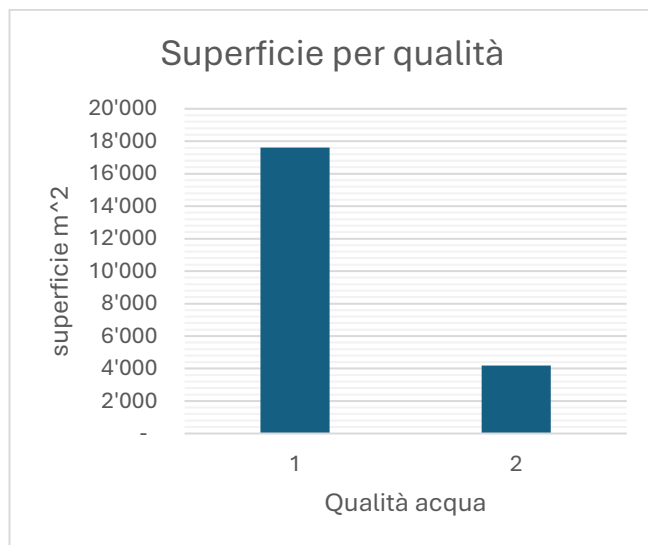


Figura 12 Grafico che mostra superficie a porracchia secondo la qualità dell'acqua.
 Legenda: 1= qualità buona 2= qualità cattiva

Si trova riscontro con la distribuzione divisa per canali, come mostrato con il grafico sottostante che vede le proporzioni tra le varie superfici totali occupate da *L.* nei vari canali.

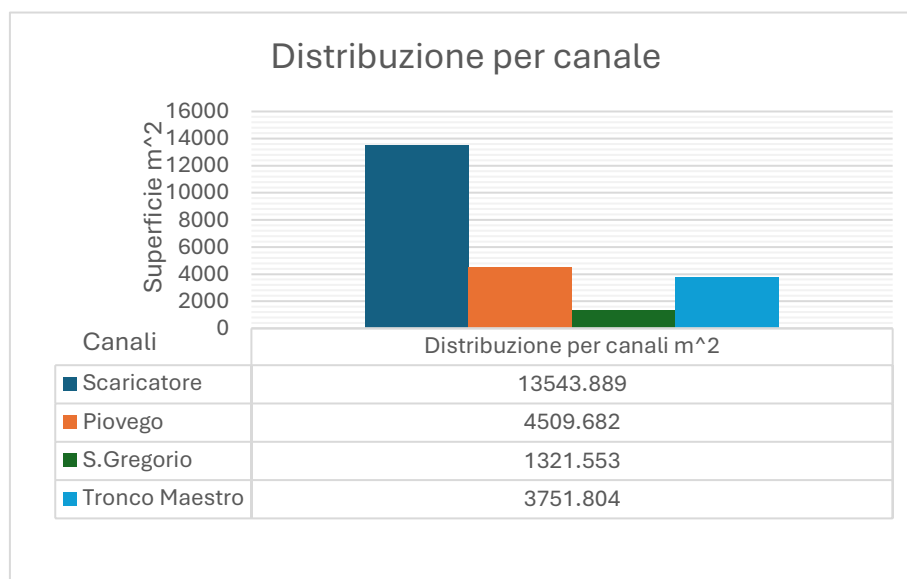


Figura 13 Grafico che mostra la superficie a porracchia di ogni canale.

4. Discussione

I risultati relativi all'insolazione ci suggeriscono che *L.* propenda ad insediarsi in tratti di fiume orientati Est-Ovest, preferibilmente quindi con esposizione a Sud, che sono quelli che hanno più possibilità di avere un buon grado di insolazione. Questa supposizione è avvalorata dal fatto che, durante i rilievi sul campo, non ne è stata riscontrata la presenza in tratti con sponde densamente popolate da vegetazione arborea di notevoli dimensioni, le quali chiome offrono copertura dal sole al corso d'acqua, come nel caso del canale Roncajette superiore (copertura totale) e un breve tratto del Tronco Maestro (copertura parziale) che prosegue per qualche centinaio di metri dopo la ramificazione del canale S. Michele all'altezza della Specola.

Per quanto riguarda i risultati relativi alla profondità parrebbe che *L. hexapetala* prediliga acque basse e quindi a corso lento come nel caso di Piovego e Tronco Maestro ma, in condizioni restrittive di questo fattore come nel caso di Scaricatore e S. Gregorio, non disdegna profondità maggiori. In uno studio del 2024 condotto in diversi corpi idrici italiani sembra che nei primi stadi di colonizzazione la porracchia faccia fatica a crescere a profondità maggiori di 50 cm, eccetto in un caso che è stata trovata radicata alla profondità di 1 m (Pelella E. e Ceschin S. 2024). Questo potrebbe voler dire che nei canali in cui radica a profondità maggiori di 60 cm la colonizzazione ha già superato le prime fasi.

I risultati riguardo la qualità delle acque sono un po' più ambigui. I risultati dello studio di Pelella del 2024 che suggeriscono che *L. hexapetala* preferisca insediarsi in zone con acque a basso contenuto di ossigeno disciolto e alti livelli di ammoniaca, ph e ioni liberi, anche in condizioni di tossicità per altre specie meno tolleranti. (Pelella E. e Ceschin S. 2024). I risultati dello studio di questa tesi evidenziano una quantità notevolmente maggiore nei corsi d'acqua classificati come di buona qualità. Tali risultati potrebbero essere sbilanciati dalla differenza in superficie dei corsi d'acqua con acqua buona e corsi con acqua di cattiva qualità analizzati in questo studio, così come dal fatto che le classi di qualità scelte sono relative e vanno lette come qualità "migliore" e "peggiore" e non "buona" o "cattiva". Oppure le condizioni di qualità dell'acqua medie nel Piovego potrebbero raggiungere stadi che la pianta, almeno nelle prime fasi di colonizzazione, non tollera. Bisogna infatti considerare il fatto che il Piovego ha un orientamento

generale e una lunghezza molto simili a quello dello Scaricatore, ma la quantità di *L. hexapetala* trovata nel Piovego è meno di un terzo di quella trovata nello Scaricatore.

5. Conclusioni

Questo studio rappresenta una mappatura quantitativa aggiornata della porracchia nei canali di Padova e chiarisce quali sono i fattori ambientali che ne possono influenzare la distribuzione e, di conseguenza, fondamentali per pianificare eventuali azioni di gestione e mitigazione. Secondo la letteratura, per la gestione del problema della porracchia vengono utilizzati in parecchi siti metodi chimici, introduzione di macroinvertebrati che se ne nutrono, estirpazione manuale o tramite macchinari, annegamento o riduzione dell'esposizione solare (G. Thiébaud and A. Dutartre 2009). I metodi chimici e l'inserimento di macroinvertebrati sono sconsigliabili perché troppo impattanti: il primo altera l'ambiente acquatico non solo per la specie da estirpare ma anche per il resto della flora e della fauna presenti; il secondo potrebbe diventare un problema se viene inserita una specie alloctona o se non ne viene limitata la riproduzione, perché una volta finite le piante bersaglio i macroinvertebrati inizieranno a mangiarne altre e se la popolazione è molto numerosa non è detto che ci sia abbastanza biomassa per sostentarla causando potenzialmente gravi squilibri nell'ecosistema. I metodi di estirpazione manuale e soprattutto tramite macchinari potrebbero facilitare la diffusione di frammenti che portano le gemme per la riproduzione vegetativa, questi frammenti possono radicare al suolo permettendo alla pianta di insediarsi in un altro sito. Il metodo dell'annegamento è utile per mitigare il problema della diffusione per dispersione di semi; infatti, se il livello dell'acqua viene aumentato nel periodo di fioritura delle piante queste non possono venire impollinate. Quest'ultimo metodo assieme alla riduzione di esposizione solare tramite la coltivazione di specie arboree autoctone per ombreggiare le sponde o di altra vegetazione ripariale competitiva con porracchia sono i metodi meno impattanti a livello ecosistemico. Inoltre, piantare alberi lungo le sponde, compatibilmente ai rischi idrogeologici, aiuterebbe a mitigare il problema delle isole di calore dovute all'eccessivo consumo di suolo

delle zone urbanizzate presente anche a Padova (Pappalardo et al., 2023), creando così anche un luogo dove ripararsi un po' dall'afa nelle calde estati di Padova.

6. Bibliografia

- Actaplantarum (2025). *Ludwigia hexapetala*. www.actaplantarum.org. Visitato il 15/02/2025.
- Barausse, A., 10-11/2023, Padova, la sua Università e i suoi canali, I canali di Padova, Galileo, 268, 12-13
- Casarin, F. (2023) Monitoraggio della vegetazione dei canali urbani di Padova: biodiversità e strategie di sensibilizzazione ambientale. Tesi di laurea magistrale in Environmental Sustainability and Education in Università degli studi di Padova, a.a. 2023/24
- Dandelot, S., Verlaque, R., Dutartre, A. *et al.* (2005) Ecological, Dynamic and Taxonomic Problems Due to *Ludwigia* (Onagraceae) in France. *Hydrobiologia* **551**, 131-136.
- Faccin A., Carrer G. M., Smania D., Palmeri L., Barausse A., (10-11/2023), Padova, la sua Università e i suoi canali, I canali di Padova, Galileo, 268, 28-34.
- Farhadian, S., (2022), A survey of the water flow, and depth of the canals of Padova, Italy, and a comparison with historical data, Tesi di laurea magistrale in Environmental Engineering, Università degli studi di Padova 2021/22.
- Geier, C., Bouchal, J. M., Ulrich, S., Wappler, T., and Grímsson, F.: Fossil Onagraceae flower and insects with in situ or adhered pollen from the Eocene of Eckfeld, Germany, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023, EGU23-6116 <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-6116>, 2023.
- Schoch C. L., Ciuffo S., Domrachev M., Hotton C. L., Kannan S., Khovanskaya R., Leipe D., McVeigh R., O'Neill K., Robbertse B., Sharma S., Soussov V., Sullivan J. P., Sun L., Turner S., Karsch-Mizrachi I., (2020) NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools, *Database*, Volume 2020, 2020, baaa062, <https://doi.org/10.1093/database/baaa062>
- Pappalardo S. E., Zanetti C., Todeschi V., (2023) Mapping urban heat islands and heat-related risk during heat waves from a climate justice perspective: A case study in the municipality of Padua (Italy) for inclusive adaptation policies, *Landscape and Urban Planning*, Volume 238, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104831>

- Pelella, E., & Ceschin, S. (2024). A morphological investigation of the alien *Ludwigia* species in Italy: towards a new key for unambiguous identification. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 158(6), 1406–1414. <https://doi.org/10.1080/11263504.2024.2421223>
- POWO (2025). "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <https://powo.science.kew.org>
- Thiébaud, G., & Dutartre, A. (2009). Management of invasive aquatic plants in France. *Aquatic Ecosystem Research Trends*, 25-46.
- Weidlich EWA, Flórido FG, Sorrini TB, Brancalion PHS. Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. *J Appl Ecol.* 2020; 57: 1806–1817. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13656>
- Veronese, F., (10-11/2023), L'idraulica dei corsi d'acqua di Padova, I canali di Padova, Galileo 268, 14-18.
- Zardini, Elsa M., et al. "On the Separation of Two Species within the *Ludwigia Uruguayensis* Complex (Onagraceae)." *Systematic Botany*, vol. 16, no. 2, 1991, pp. 242–44. *JSTOR*, <https://doi.org/10.2307/2419276>. Accessed 28 Jan. 2025.
- Zanetti, P. G., (2013), Acque di Padova: 150 anni del canale scaricatore. Cierre edizioni. pp. 191.

Sitografia:

- <https://www.actaplantarum.org>
- <https://www.padovanet.it>
- <https://powo.science.kew.org>
- <https://academic.oup.com>

7. Appendice:

Le tabelle seguenti rappresentano superficie, orientamento e lunghezza interessata della sponda per ogni Patch che rappresenta una popolazione di *Ludwigia hexapetala*. Id ripetuti con valori diversi rappresentano porzioni di patch associate ad orientamento diversi per via della discontinuità nell'orientamento della sponda.

Id è un codice assegnato alla patch con la prima L sta per *Ludwigia*, La seconda lettera indica il canale in cui è stata ritrovata (G = S. Gregorio, P = Piovego, S = Scaricatore, T = Tronco Maestro) e la terza lettera indica il lato della sponda secondo corrente (L = sinistra, R = destra).

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LSL01	3.304	12.838	2
LSL01	6.537	35.553	-43
LSL01	8.616	77.247	-29
LSL01	9.211	126.466	-20
LSL01	11.201	115.262	-19
LSL01	12.846	77.398	-3
LSL02	16.695	108.3	-43
LSL03	13.822	47.472	-21
LSL04	36.63	167.17	-3
LSL05	8.41	29.673	-4
LSL06	20.773	83.113	-4
LSL07	33.86	105.825	-4
LSL08	29.713	103.163	-4
LSL09	1.247	28.527	-15
LSL09	6.321	4.337	-2
LSL10	7.316	30.357	0
LSL11	12.05	48.366	-4
LSL11	0.859	48.366	0
LSL12	6.505	158.504	-5
LSL12	13.964	13.478	-5
LSL12	29.565	98.558	-4
LSL12	9.661	219.227	-4
LSL12	35.762	47.44	-2
LSL13	23.323	119.931	-5
LSL13	33.379	253.757	-3
LSL14	15.842	216.997	-7
LSL14	33.074	182.588	-3
LSL14	46.68	58.262	-1

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LSL15	23.066	50.136	-5
LSL15	2.68	44.91	-5
LSL15	15.608	44.91	-5
LSL15	0.226	5.169	-2
LSL15	18.32	69.11	-1
LSL16	19.682	92.006	-6
LSL16	33.782	96.456	-2
LSL16	24.475	116.571	-2
LSL17	5.043	59.919	-15
LSL17	8.966	370.929	-13
LSL17	30.598	180.654	-5
LSL17	51.598	226.773	-3
LSL17	69.331	46.851	-2
LSL17	36.091	129.288	-2
LSL17	21.712	229.223	0
LSL18	73.037	23.729	-3
LSL19	14.226	304.795	5
LSL19	21.612	141.502	11
LSL19	24.402	78.741	15
LSL19	37.096	475.867	21
LSL19	35.221	30.906	27
LSL19	1.991	75.857	28
LSL19	32.844	30.719	33
LSL19	45.638	29.604	35
LSL19	43.775	661.947	35
LSL19	55.568	27.419	38
LSL19	7.3	1176.412	46
LSL19	5.435	857.29	79

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LSL19	5.793	523.798	-35
LSL19	4.719	705.897	-33
LSL19	4.121	397.852	-24
LSR01	12.223	258.936	150
LSR01	34.991	88.292	160
LSR01	53.712	12.569	165
LSR01	4.102	326.683	170
LSR02	4.516	338.692	173
LSR03	19.049	11.76	177
LSR04	38.319	48.62	175
LSR04	3.711	9.353	177
LSR06	9.583	133.64	177
LSR07	3.308	0	164
LSR07	5.413	33.172	164
LSR07	19.456	83.858	177
LSR07	23.445	18.45	177
LSR07	6.989	23.986	-179
LSR07	10.312	45.76	-176
LSR07	9.256	9.514	-166
LSR08	3.387	60.265	-157
LSR09	11.208	31.309	178
LSR10	3.129	10.639	175
LSR10	4.324	31.207	-176
LSR11	8.266	5.92	173
LSR11	0.76	9.956	178
LSR11	7.525	18.102	-174
LSR13	5.79	5.118	163
LSR13	6.389	19.129	165

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LSR13	18.32	180.254	174
LSR13	25.832	95.803	175
LSR13	55.728	264.832	175
LSR13	23.221	57.689	177
LSR13	73.55	62.375	177
LSR13	57.467	208.674	178
LSR13	55.948	413.557	178
LSR13	6.811	104.509	-175
LSR13	6.138	282.521	-174
LSR13	8.624	23.007	-154
LPL01	11.332	35.12	3
LPL01	14.897	257.203	17
LPL01	2.176	32.457	-87
LPL01	4.797	76.359	-12
LPL01	12.772	5.225	-9
LPL01	5.952	33.672	-5
LPL01	19.501	57.603	0
LPL02	8.486	21.242	-5
LPL03	9.572	33.674	-25
LPL03	11.604	28.068	-19
LPL03	21.964	45.577	-12
LPL03	12.349	29.09	-5
LPL04	3.102	77.722	-19
LPL05	3.85	40.244	-45
LPL05	14.894	7.147	-27
LPL06	4.568	28.343	-53
LPL07	2.494	7.288	-69
LPL08	4.65	5.844	-53

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LPL10	10.088	4.17	-34
LPL10	12.727	7.172	-31
LPL10	19.951	162.755	-25
LPL11	17.839	162.755	5
LPL11	28.54	29.687	8
LPL11	9.189	66.984	-10
LPL11	40.601	119.299	0
LPL12	1.765	186.525	11
LPL13	4.838	4.412	11
LPL13	1.374	8.038	11
LPL14	0.618	1.928	11
LPL15	32.846	0.461	-2
LPL16	1.48	68.134	-7
LPL16	4.46	17.089	-2
LPL17	0.491	97.783	-15
LPL17	19.894	64.727	-15
LPL17	25.773	1.108	-12
LPL18	1.29	86.669	-8
LPL19	14.767	0.361	8
LPL19	93.251	720.817	-8
LPL19	9.216	115.034	-1
LPL20	3.927	4.113	75
LPL20	2.832	103.768	73
LPL20	24.38	3.728	-9
LPL20	12.838	297.675	-9
LPL20	0.405	3.157	-8
LPL21	2.521	85.563	77
LPL21	0.255	70.705	-10

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LPL21	12.244	2.884	-7
LPL21	14.993	188.76	-6
LPL22	36.872	22.611	-7
LPR01	9.511	36.624	143
LPR01	6	61.379	164
LPR02	23.138	7.631	-177
LPR04	3.614	7.51	155
LPR06	0.234	5.35	114
LPR06	3.174	15.336	117
LPR07	3.611	208.948	117
LPR08	8.411	75.411	117
LPR09	37.208	84.69	123
LPR09	19.282	104.06	133
LPR09	21.185	67.14	141
LPR09	18.22	27.746	141
LPR09	1.358	5.361	149
LPR10	2.432	28.383	131
LPR10	21.967	7.535	141
LPR11	3.194	21.544	154
LPR11	0.242	1.364	176
LPR12	9.098	7.271	167
LPR12	7.46	9.423	-179
LPR12	3.346	20.238	-172
LPR13	1.367	21.383	175
LPR14	6.093	17.681	140
LPR14	4.477	68.529	161
LPR14	2.851	34.136	177
LPR15	31.383	8.24	160

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LPR15	20.898	1.259	164
LPR15	14.269	150.264	169
LPR15	10.921	95.425	172
LPR16	0.535	44.084	-104
LPR16	4.202	9.687	173
LPR17	13.886	17.623	-159
LPR17	5.97	51.489	109
LPR17	15.098	77.979	137
LPR18	4.183	103.121	115
LPR18	4.862	34.753	137
LGL01	13.406	11.96	-129
LGL01	21.594	33.404	-122
LGL02	28.02	13.444	-121
LGL03	9.436	37.255	-140
LGL03	15.638	186.192	-121
LGL04	13.587	202.974	-139
LGL05	14.114	374.04	-141
LGL05	4.74	13.205	-126
LGL06	71.487	66.363	-140
LGR01	30	115.374	-138
LGR01	51.57	55.37	-130
LGR02	2.623	15.057	-120
LGR03	54.543	39.45	-140
LGR04	61.994	17.513	-140
LTL1	15.403	47.412	-82
LTL1	14.602	79.288	-80
LTL1	10.523	136.483	-78
LTL1	6.554	136.483	-74

Id	L. sponda m	Sup. m ²	Orientamentoh °
LTL1	17.629	136.483	-72
LTL1	26.422	136.483	-72
LTL1	14.04	44.248	-70
LTL1	28.815	129.049	-69
LTL1	14.375	32.979	-66
LTL1	5.176	65.992	-53
LTL1	5.323	127.772	-48
LTL2	53.262	184.7	-81
LTL2	21.143	318.74	-76
LTL2	28.218	89.08	-73
LTL2	38.448	73.786	-70
LTL2	11.073	392.409	-70
LTL2	9.282	513.185	-69
LTL2	10.287	4.286	-62
LTL2	33.987	1.19	-54
LTL2	9.397	2.15	-50
LTL2	14.153	18.176	-46
LTL3	2.393	18.814	71
LTL4	1.943	247.185	71
LTL5	1.342	33.83	85
LTR1	4.383	281.449	100
LTR1	7.15	329.552	123
LTR2	80.758	27.509	99
LTR2	50.055	1.84	107
LTR2	45.38	3.414	110
LTR2	9.48	10.447	123
LTR3	11.82	27.51	-111
LTR4	1.352	5.25	-114
LTR5	4.206	10.45	-149