Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

Seminario. Mantova
venerdì 16 ottobre 2026
ore 10:00–17:00

La regolazione dei grandi laghi e le sette opere del "Sistema Garda-Mincio"

Dal generale al particolare degli interventi terminati nel 2026 con fondi PNRR-Next Generation EU
Ente attuatore: AIPo

La regolazione dei grandi laghi

Relazioni scientifiche

Luca Adami, *Ricercatore TD presso il dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università di Trento*

con il patrocinio di COMUNE DI MANTOVA, CAMERA DI COMMERCIO CREMONA - MANTOVA - PAVIA

in collaborazione con Collegio Geometri e Geometri Laureati della Provincia di Mantova

in collaborazione con Consorzio del Mincio, Garda Chiese consorzio di bonifica, Consorzio di bonifica Territori del Mincio

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

LA REGOLAZIONE DEI GRANDI LAGHI E LE SETTE OPERE DEL "SISTEMA GARDA-MINCIO"

MANTOVA – 16/10/2026

IL FIUME MINCIO E LE SUE INFRASTRUTTURE: DALLA REGOLAZIONE IDRAULICA ALLA GESTIONE INTEGRATA DEL SISTEMA



LUCA ADAMI

luca.adami@unitn.it

MUR Ministero dell'Università e della Ricerca DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA 2023-2027

UNIVERSITÀ DI TRENTO Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

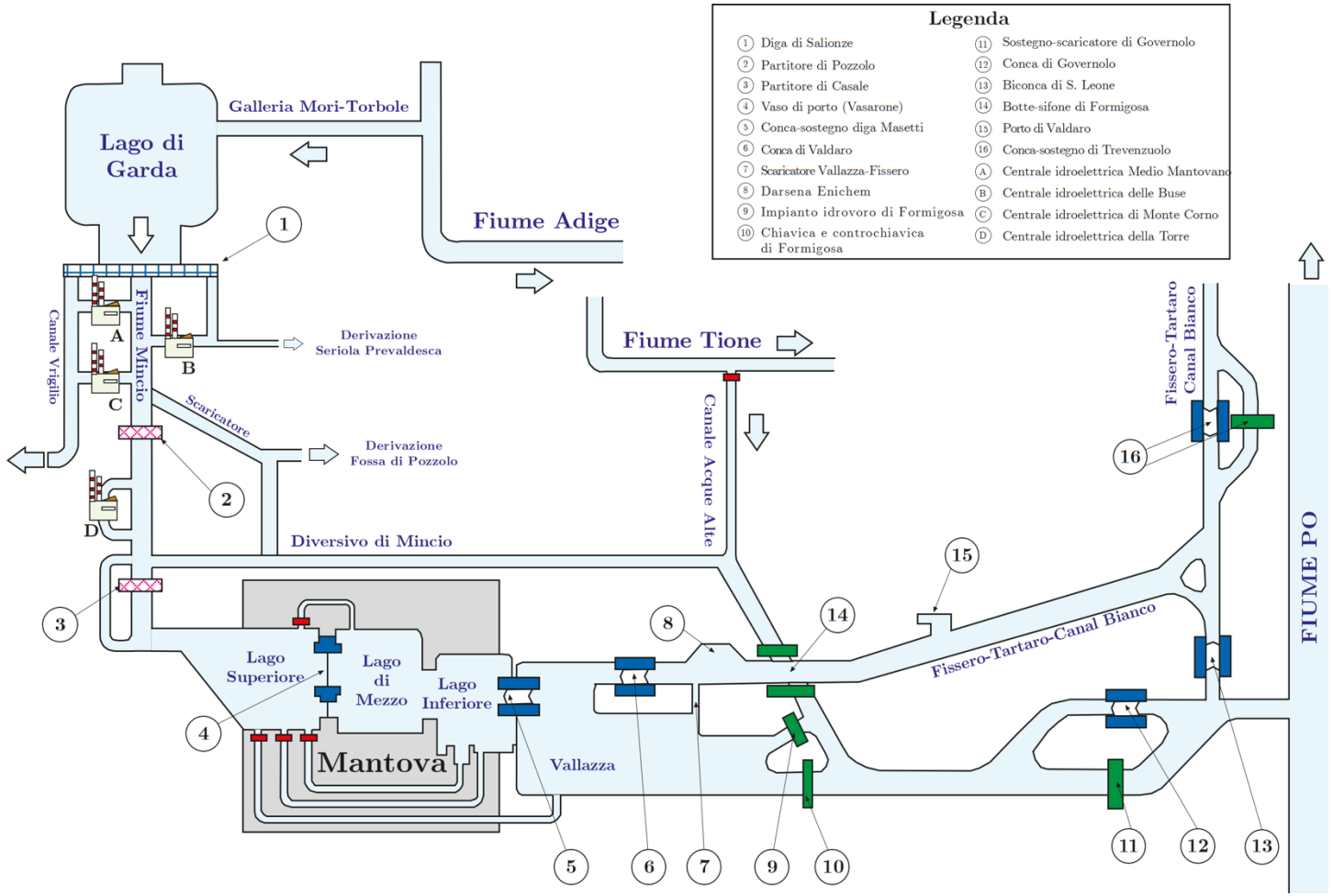
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

DAL GARDA AL PO: NON UN FIUME, MA UN SISTEMA

TRE FUNZIONI CHIAVE

1. **REGOLARE**
   livelli e portate
2. **DISTRIBUIRE**
   risorsa tra usi diversi
3. **PROTEGGERE**
   territorio e città

La portata che esce dal Garda attraversa una vera «macchina idraulica» lunga decine di chilometri.



UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

MIT
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo
Agenzia Interregionale per il fiume Po

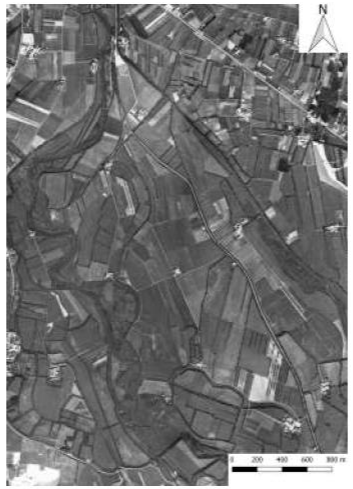
UN SISTEMA COSTRUITO NEL TEMPO

Il Mincio attuale è anche il risultato delle opere realizzate nel XX secolo.

Le **infrastrutture** non si sono semplicemente sovrapposte al fiume: ne hanno progressivamente **ridefinito assetto e funzioni**.



(a) *1820.*



(b) *1954.*



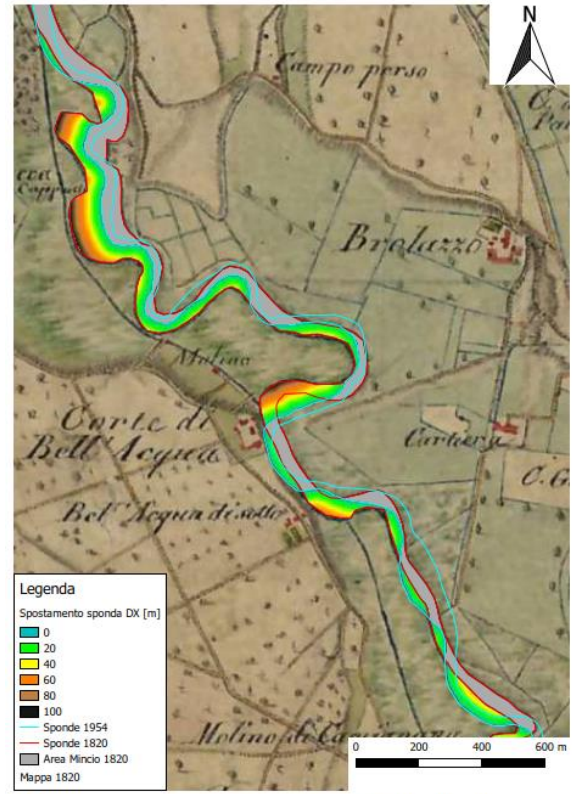
(c) *1975.*



(d) *1998.*



(e) *2019.*



(a) *Spostamento sponda destra nel tratto 4 nel periodo 1820-1954*

Studiando le differenze ne possiamo valutare la dinamica temporale

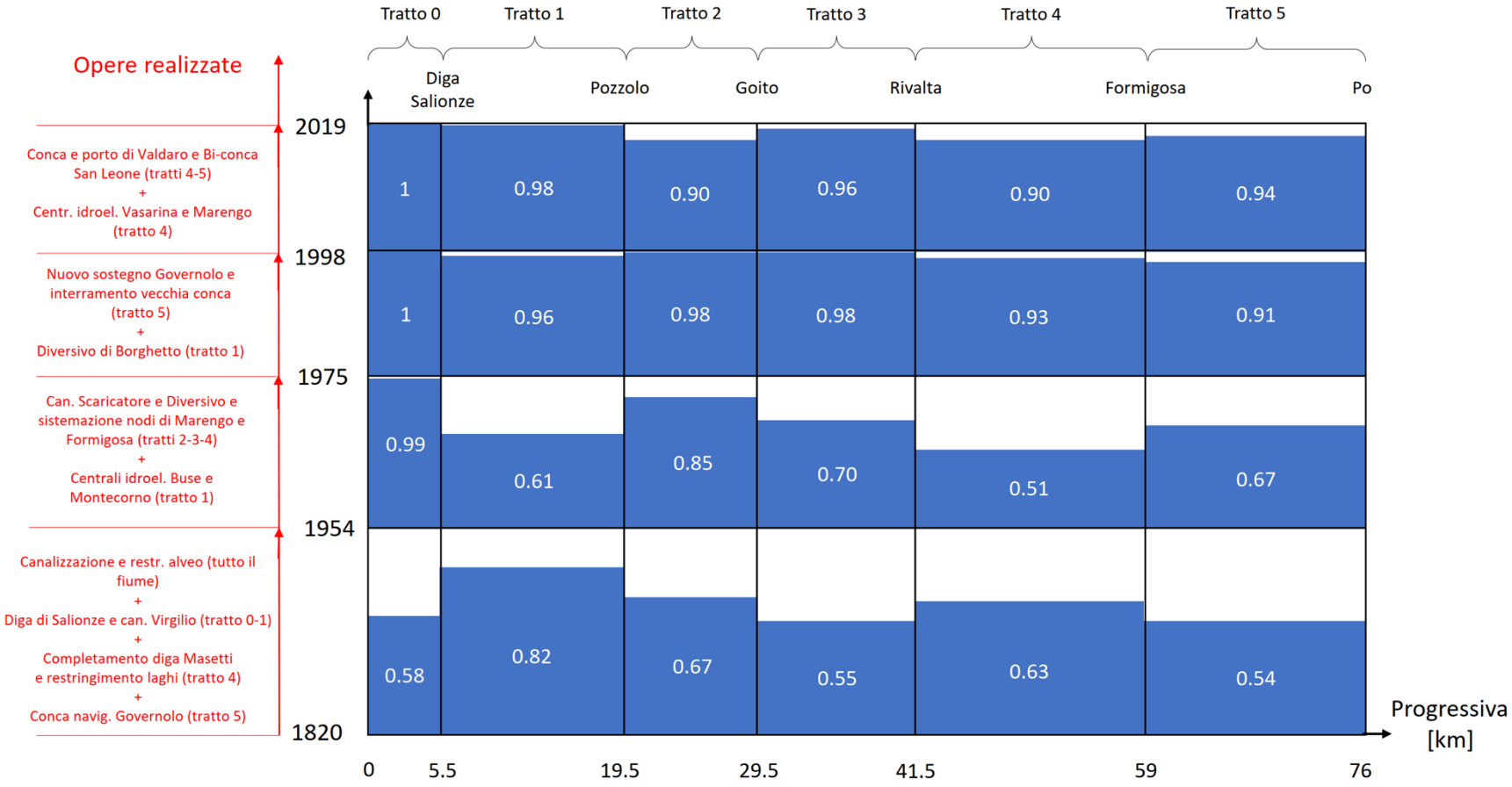
UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

UN SISTEMA COSTRUITO NEL TEMPO

Il Mincio attuale è anche il risultato delle opere realizzate nel XX secolo.

Le **infrastrutture** non si sono semplicemente sovrapposte al fiume: ne hanno progressivamente **ridefinito assetto e funzioni**.



UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

MOLTE ESIGENZE, MA UNA SOLA RISORSA E MOLTI ATTORI IN GIOCO

ACQUA

SICUREZZA
difesa idraulica
Protezione Civile

AMBIENTE
deflussi, habitat, qualità

AGRICOLTURA
prelievi irrigui

ENERGIA
produzione idroelettrica

TURISMO
habitat, qualità, servizi

NAVIGAZIONE
livelli e continuità della fruizione

La gestione è un problema di coordinamento tra obiettivi che cambiano nel tempo.

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

POZZOLO: DOVE LA GESTIONE DIVENTA UNA SCELTA

Qui una decisione gestionale si traduce letteralmente in una ripartizione di portata.

$200\ m^3\ s^{-1}$

BIFORCAZIONE

$70\ m^3\ s^{-1}$ $130\ m^3\ s^{-1}$



GOITO MANTOVA

SCARICATORE - DIVERSIVO (BYPASS DI MANTOVA)

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

POZZOLO E MARENGHELLO SONO UN UNICO NODO IDRAULICO

Periodo: **11 ANNI**
(10/2011 – 09/2022)

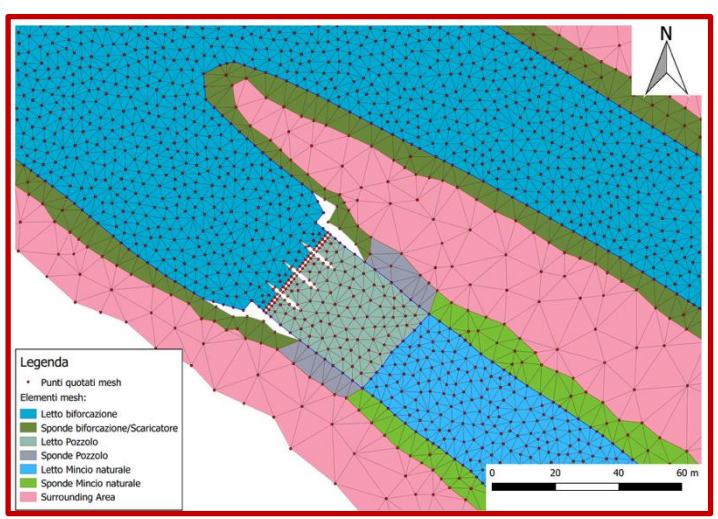
Quante regolazioni sono state fatte **in 11 anni** delle paratoie di Pozzolo e di Marenghello?

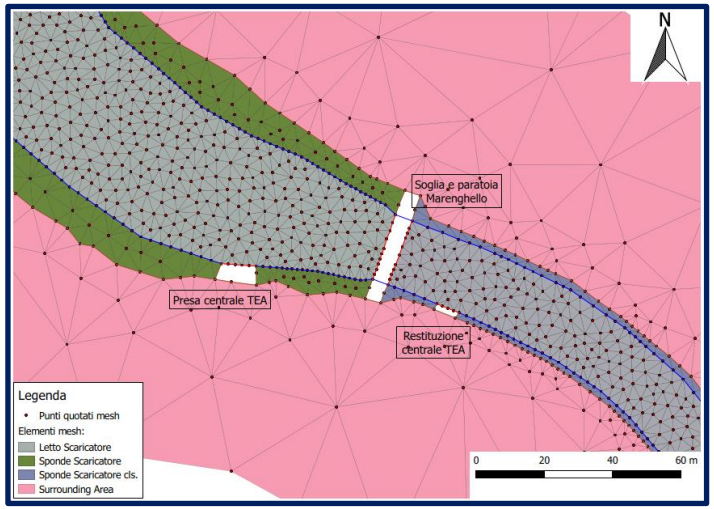
POZZOLO
~ 40’000

MARENGHELLO
~ 21’500



La **regolazione** **modifica livelli e portate nell’intero nodo.**





UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

IL MINCIO SCAMBIA ACQUA CON LA FALDA

UN BILANCIO DISTRIBUITO

fiume ⇄ falda

L'interscambio varia **nello spazio e nel tempo** e dipende da **livelli**, **morfologia** e **configurazione delle opere.**



La chiusura del bilancio richiede misure e modello integrato fiume–falda

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

LA FALDA NON APPORTA SOLTANTO ACQUA

QUANTITÀ

Q_{falda}

MODIFICA IL BILANCIO IDRICO
E IL DEFLUSSO DISPONIBILE

QUALITÀ

NO_3^- + nutrienti

PUÒ MODIFICARE LO STATO QUALITATIVO
SOPRATTUTTO NEI PERIODI DI MAGRA

DAL DEFLUSSO MINIMO VITALE AL DEFLUSSO ECOLOGICO

DMV $6{,}1\ m^3\ s^{-1}$

A = 0,75

DE $6{,}9\ m^3\ s^{-1}$

A = 0,85

	Livelli	Punteggi associati
Elevato	livello 1	≥ 0,66
Buono	livello 2	≥ 0,50
Sufficiente	livello 3	≥ 0,33
Scarso	livello 4	≥ 0,17
Cattivo	livello 5	<0,17

	2024	2025	
Q1 Mincio Pozzolo	0.732	0.581	scade
Q7 Mincio Goito	0.698	0.492	scade
Q13 Mincio Rivalta	0.458	0.333	scade
QG Mincio Grazie	0.276	0.234	uguale
Q12 Canale Goldone	0.359	0.219	scade
Q14 Canale Osone	0.302	0.190	uguale
Media stazioni canali	0.331	0.204	scade
Media stazioni Mincio	0.541	0.410	scade
Media tutte stazioni	0.471	0.342	uguale

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

PIÙ ACQUA NON RISOLVE TUTTO

DILUIZIONE → ↓ **concentrazione** → **carico ancora presente**

SERVE AGIRE ANCHE ALLA FONTE

Fattore moltiplicativo del DMV attuale *(6.1 m^3/s) necessario per migliorare ognuno dei tre parametri chimici inclusi nel calcolo dell'indice LIMeco di una classe di qualità a Mincio Rivalta*

	NO_3		NH_4		PTOT	
Molt (Q_{DE})	2024	2025	2024	2025	2024	2025
gennaio	**24.5**	3.9	3.2	3.2	nn***	nn**
febbraio	**13.8**	12.9	5.9	3.4	nn***	5.4
marzo	**29.2**	10.1	nn*	3.5	3.7	nn*
aprile	**6.0**	5.0	3.0	nn*	nn***	3.4
maggio	**13.6**	9.2	4.5	3.9	7.1	6.0
giugno	**9.4**	8.0	3.1	4.0	6.4	2.6
luglio	13.5	**17.4**	nn§	4.2	6.9	3.1
agosto	6.9	**19.8**	4.6	nn*	2.4	3.9
settembre	6.8	**12.2**	nn§	0.2	4.5	3.6
ottobre	12.1	10.2	nn**	**17.1**	7.4	3.8
novembre	**9.9**	5.5	3.1	nn*	nn****	3.1
dicembre	2.1	2.7	1.8	1.8	**4.0**	3.6

Gestione della portata + riduzione delle pressioni diffuse

ESEMPI:

- **FASCE TAMPONE**
- **RIQUALIFICAZIONE CANALI**
- **ZONE UMIDE**
- **GESTIONE DEI PRELIEVI**

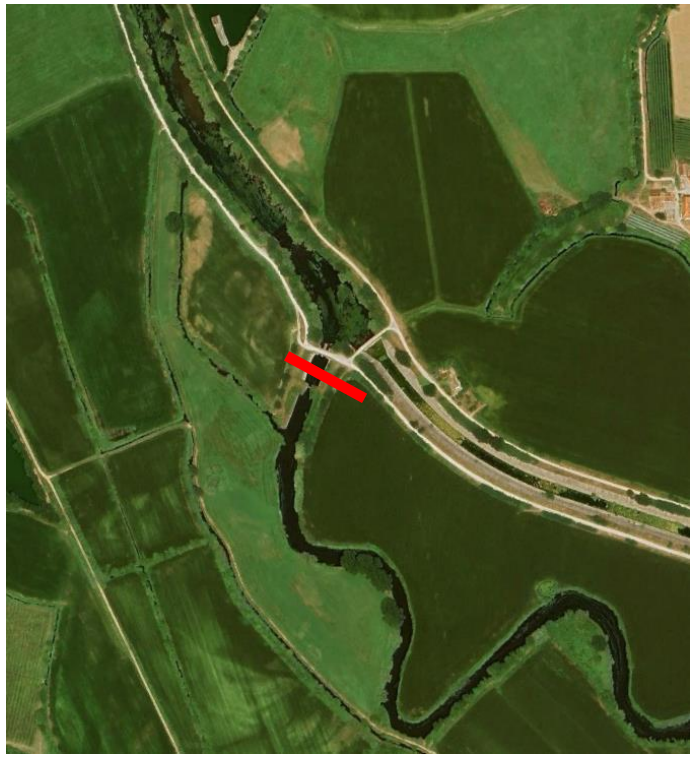
Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

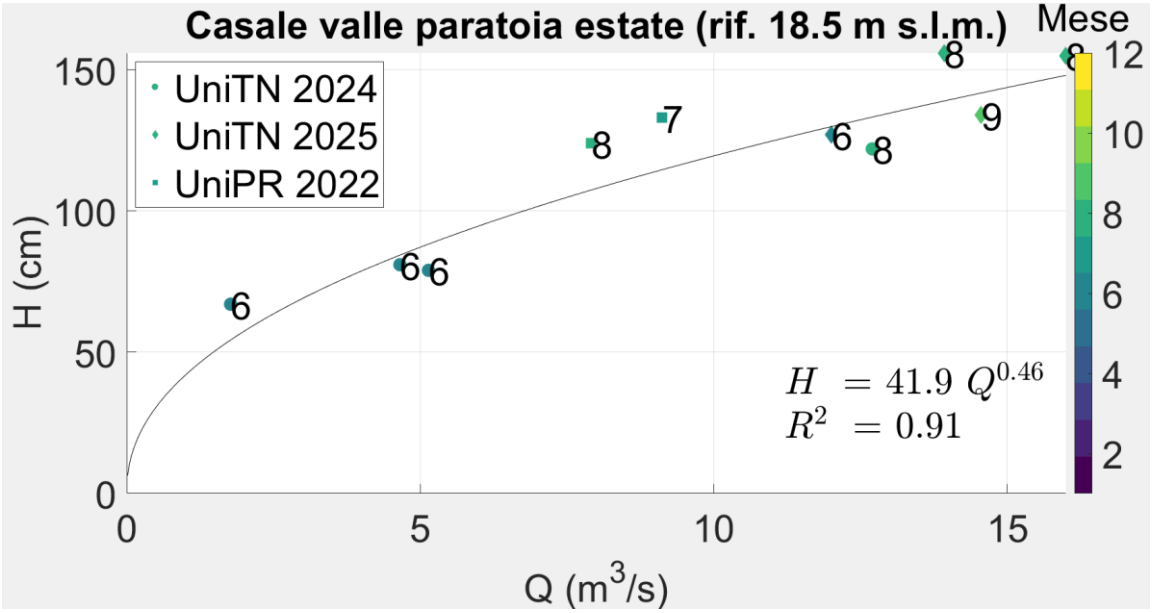
IL NODO DI CASALE DI SACCA (GOITO)

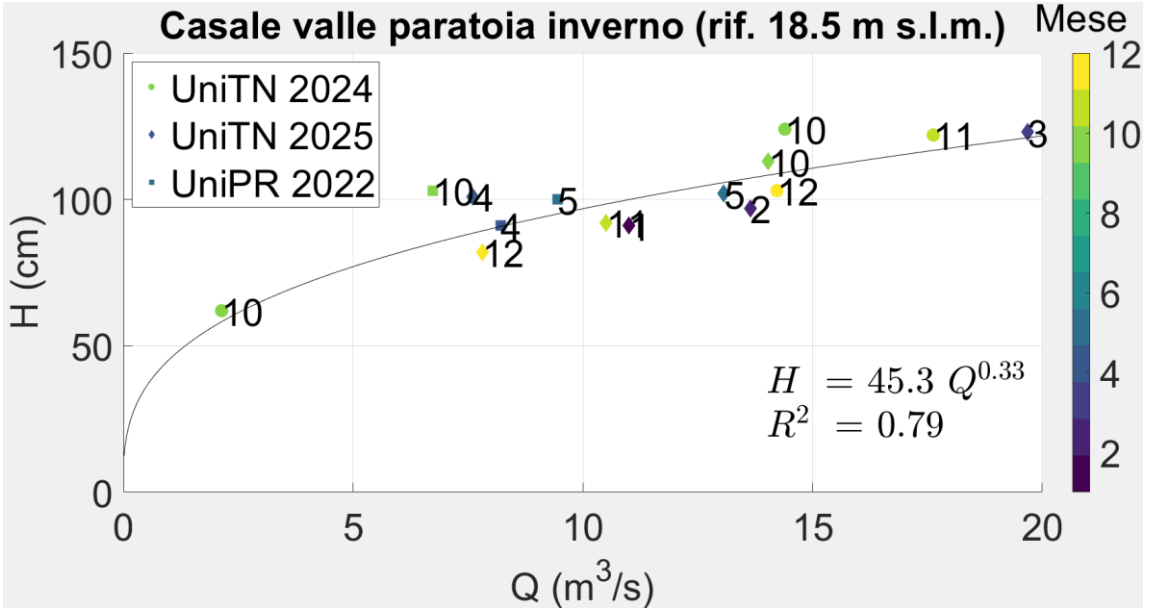
70 $m^3 s^{-1}$

BIFORCAZIONE

50 $m^3 s^{-1}$ 320 $m^3 s^{-1}$



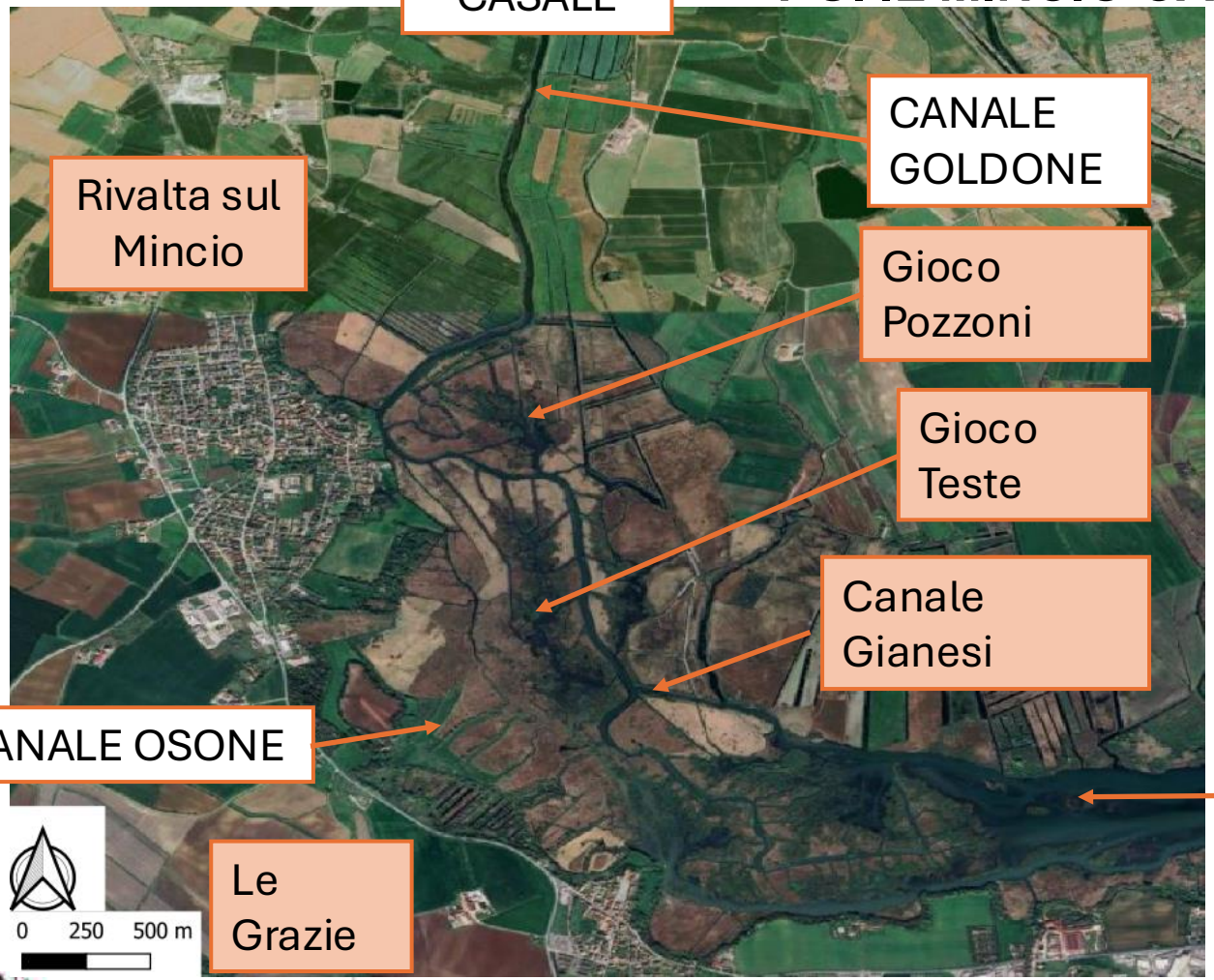




UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

POI IL MINCIO CAMBIA NATURA



CAMBIANO I PROCESSI FISICI

velocità ↓
più tempo di permanenza

sedimentazione ↑
riduzione profondità

vegetazione ↑
più resistenza e ombreggiamento

mixing ↓
ossigeno più vulnerabile

Non cambia soltanto la qualità dell'acqua: cambia il tipo stesso di sistema idraulico.

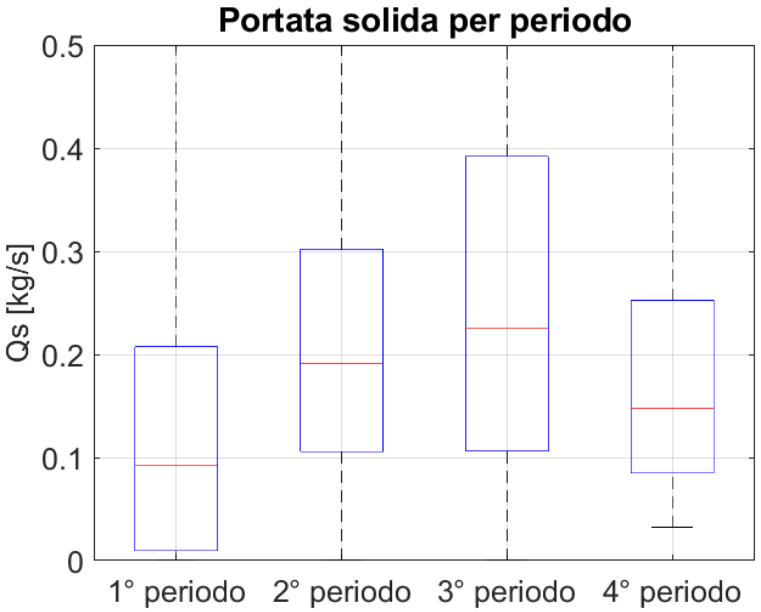
UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

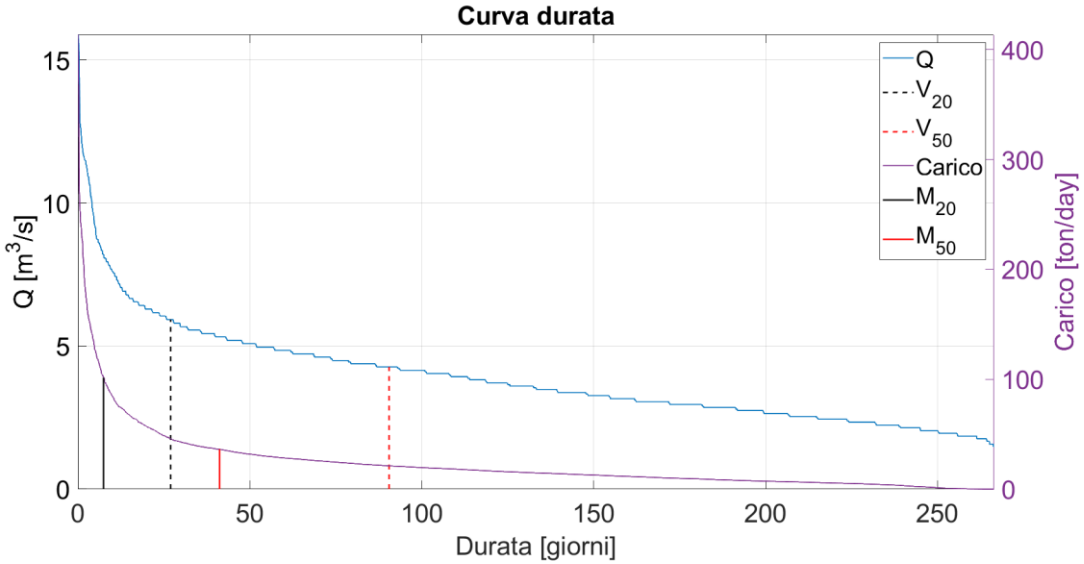
Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

ALCUNI DEI PARAMETRI IN EVOLUZIONE IN QUESTO AMBIENTE: SOLIDI SOSPESI

- Torbidimetro Ponsel NTU: da febbraio 2025
- Solitax t-line sc (Hach Lange): da ottobre 2025







Metodo	Carico giornaliero $[ton/day]$	Carico annuale $[ton/year]$
Media puntuale	23	8400
Trapezi	25	9100
Trapezi con SRC	22	8000
	Stime precedenti	
Telò et al. 2007	14	5110
Nicola Corradini 2025	5	1700
Croci et al. 2023	0.7	250

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

MIT
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

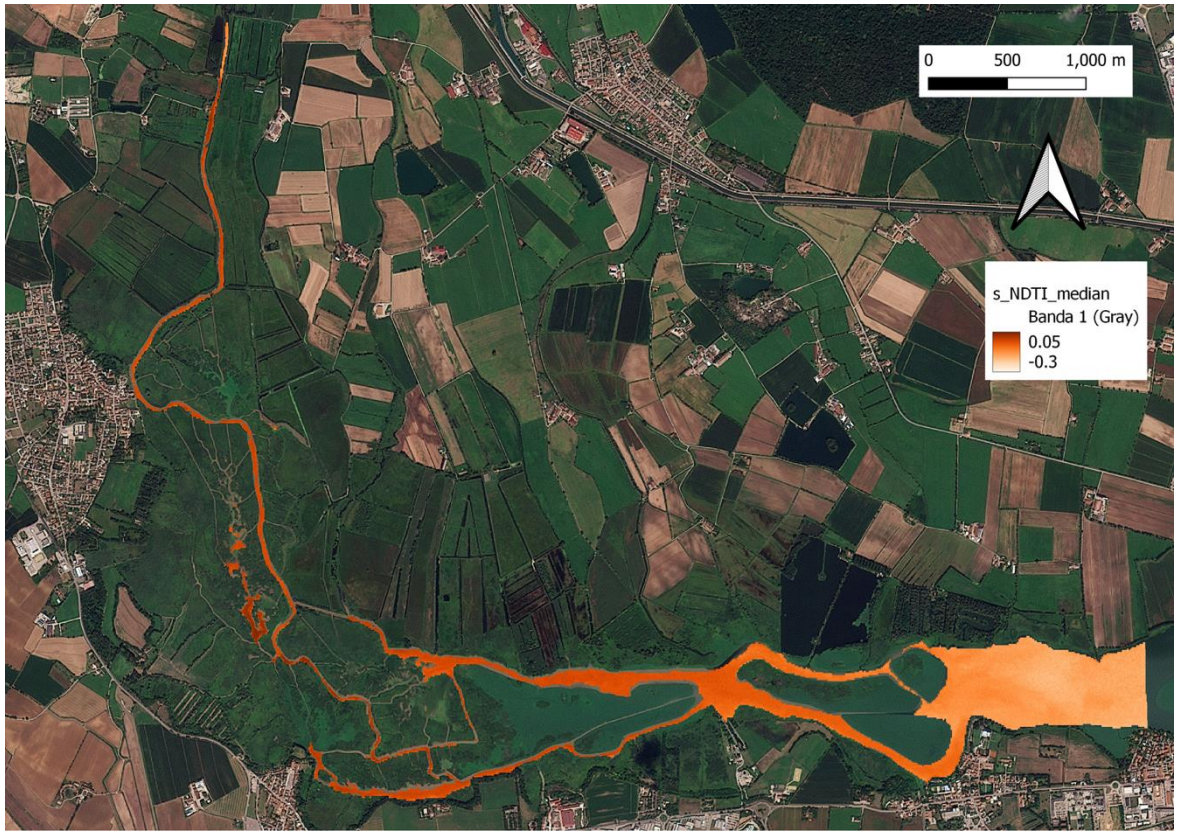
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo
Agenzia Interregionale per il fiume Po

ALCUNI DEI PARAMETRI IN EVOLUZIONE IN QUESTO AMBIENTE: SOLIDI SOSPESI

Utilizzo immagini Planet Scope con risoluzione 3m x 3m





UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

ALCUNI DEI PARAMETRI IN EVOLUZIONE IN QUESTO AMBIENTE: OSSIGENO DISCIOLTO

- *In quale sotto-bacino?* MINCIO – Tratto **Goito-Rivalta sul Mincio**

- *Perchè?* Studiare 4 effetti
  → vegetazione / acque libere
  → meteo giornaliero
  → variazioni stagionali
  → **chiusura della paratoia di Casale**

- *Cosa abbiamo fatto?* Monitoraggio in continuo 2024+2025
  - Fronte santuario delle Grazie (fior di Loto)
  - Imbocco canale secondario vicinanza santuario delle Grazie (Ludwigia)
  - Mincio principale (acque fluenti) a monte e a valle dell'immissione dell'Osone
  - Gioco delle teste (acque poco profonde e a velocità quasi nulla)

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

ALCUNI DEI PARAMETRI IN EVOLUZIONE IN QUESTO AMBIENTE: OSSIGENO DISCIOLTO

- *In quale sotto-bacino?* MINCIO – Tratto **Goito-Rivalta sul Mincio**

- *Perchè?* Studiare 4 effetti
  → vegetazione / acque libere
  → meteo giornaliero
  → variazioni stagionali
  → **chiusura della paratoia di Casale**

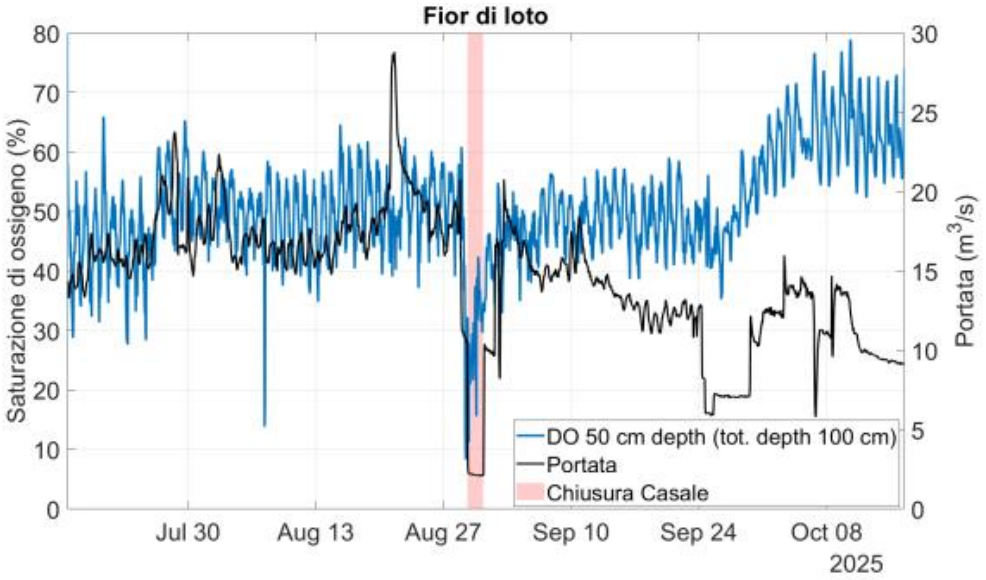
- *Cosa abbiamo fatto?* Monitoraggio in continuo 2024+2025
  - Fronte santuario delle Grazie (fior di Loto)
  - Imbocco canale secondario vicinanza santuario delle Grazie (Ludwigia)
  - Mincio principale (acque fluenti) a monte e a valle dell'immissione dell'Osone
  - Gioco delle teste (acque poco profonde e a velocità quasi nulla)

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

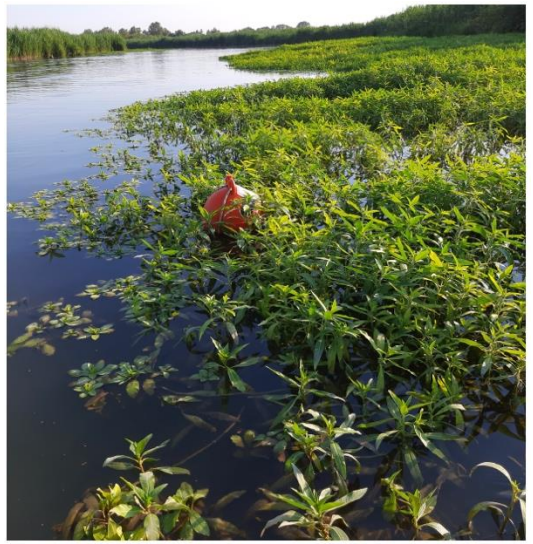
Forzanti plurime sulle dinamiche dell'ossigeno :

- Cosa abbiamo trovato?
  - Vegetazione (es. Fior di Loto)
    - Effetto giornaliero (meteo+portata)
    - Effetto stagionale (meteo) in cui la portata ha minor effetto su O_2
    - Effetto quasi immediato su O_2 dovuto alla chiusura della paratoia di casale





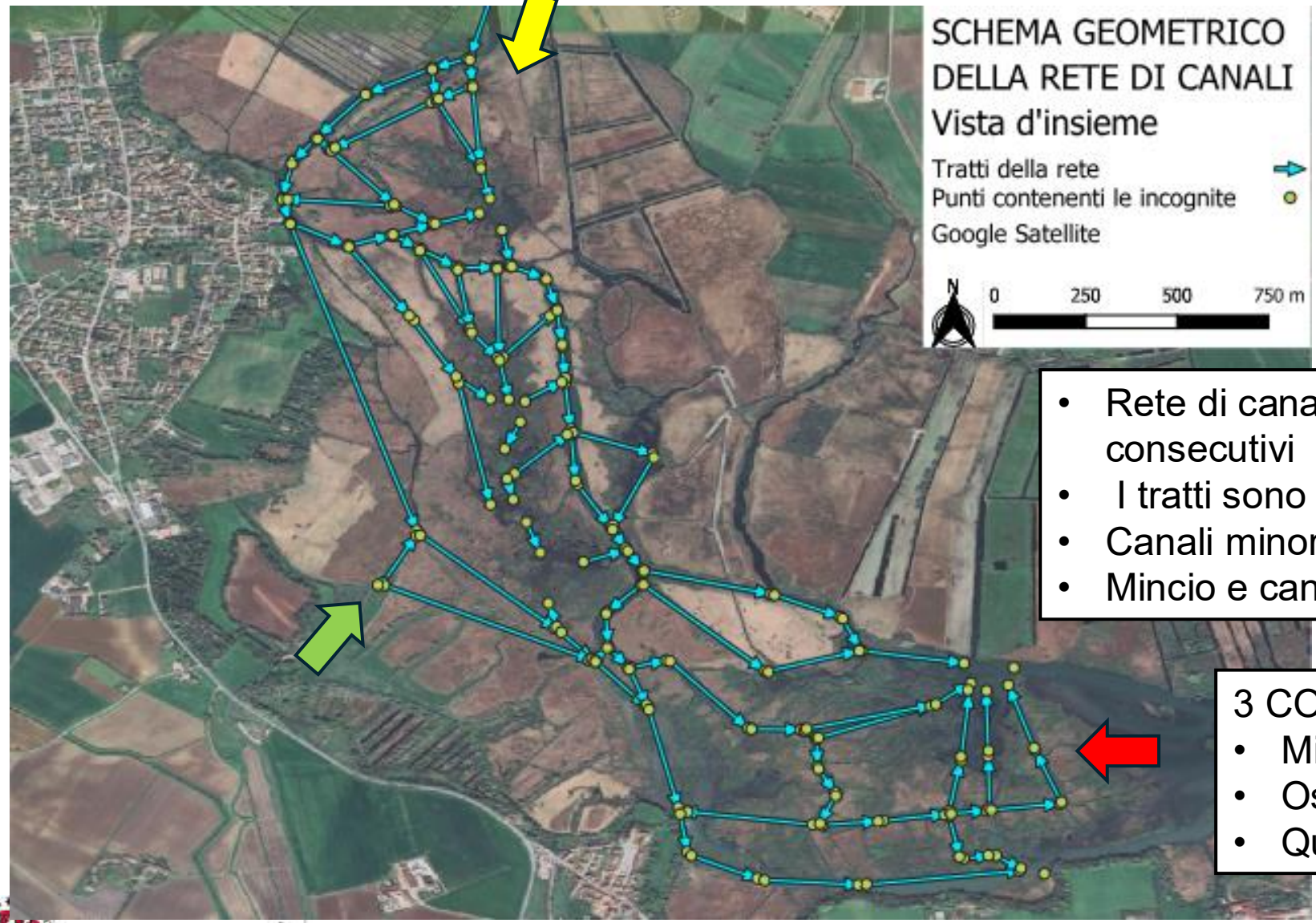
Fonte: M. De Vincenzi



Fonte: M. De Vincenzi

Anno	Giorni di chiusura
2014	110
2015	12
2016	0
2017	0
2018	19
2019	39
2020	17
2021	22
2022	0
2023	12
2024	89
Totale	320

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po



- Rete di canali schematizzata in un insieme di tratti consecutivi
- I tratti sono numerati in modo univoco
- Canali minori → un unico tratto
- Mincio e canali maggiori → spezzati in più tratti

3 CONDIZIONI AL CONTORNO
- Mincio + Goldone (portata)
- Osone (portata)
- Quota lago Superiore

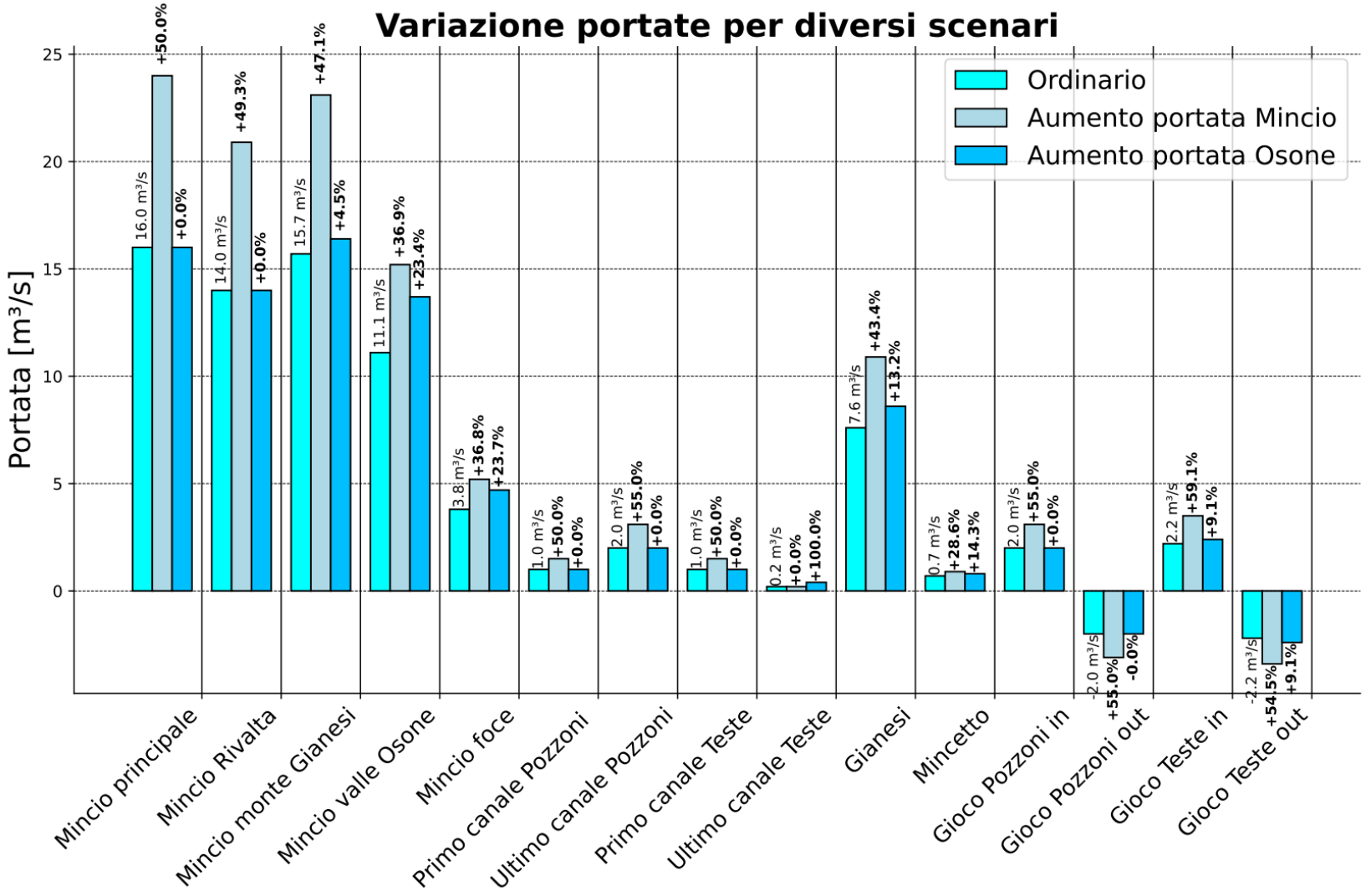
UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

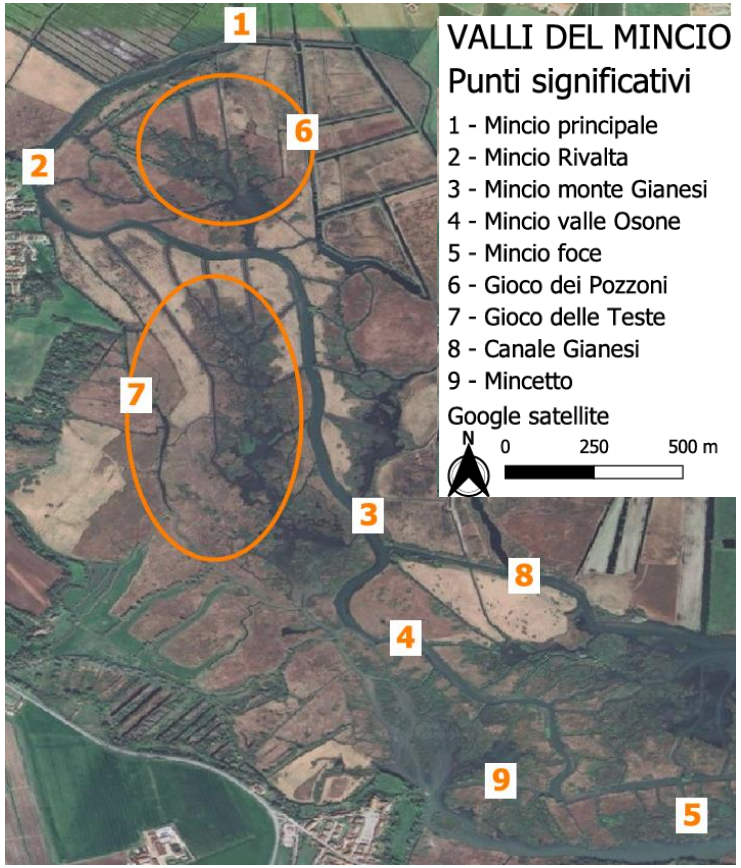
MIT
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo
Agenzia Interregionale per il fiume Po



Le diverse zone della rete rispondono in modo differente alle variazioni di portata in ingresso



UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

CRITICITA'

- Accumulo di materiale solido (in particolare nel reticolo secondario)
- Disconnessione delle aree umide
- Accelerazione dei fenomeni di successione ecologica → «terrestrializzazione»
- Eutrofizzazione
- Fenomeni di anossia

CAUSE

- Apporto di sedimenti dai tributari (Osone, Goldone)
- Gestione delle portate da Casale e dei livelli del lago
- Risagomatura e scavo di canali
- Gestione dei sedimenti a seguito di dragaggi
- Proliferazione di specie aliene invasive
- Accumulo di biomassa vegetale

Confronto quote del fondo Telò 2016 – UniTN 2025



- Evidenza di depositi dell'ordine del metro in canali secondari

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU
MIT
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
AIPo
Agenzia Interregionale per il fiume Po

COSA ABBIAMO IMPARATO?

IL MINCIO È UN SISTEMA

Le opere non possono essere gestite indipendentemente

QUANTITÀ ≠ SOLO PORTATA

Falda, qualità, sedimenti e vegetazione modificano la risposta del fiume.

PIÙ ACQUA NON BASTA

La regolazione aiuta, ma deve accompagnarsi alla riduzione delle pressioni sul bacino e sugli ecosistemi

CONTA ANCHE QUANDO E DOVE

Le diverse parti del sistema reagiscono diversamente agli stessi rilasci

GESTIRE IL SISTEMA, NON SOLTANTO LE OPERE

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

MIT MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po

Gruppo di lavoro
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

- Alice Zorzi
- Luca Adami (resp. scientifico)
- Gabriele Barile
- Filippo Ferronato
- Martina Busetti
- Marco Tubino (resp. scientifico)
- Matteo De Vincenzi
- Matteo Giovannini
- Riccardo Salucci

Gruppo di lavoro
Fondazione Edmund Mach (TN)

- Maria Cristina Bruno
- Leonardo Cerasino

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Parco del Mincio

UNIVERSITÀ DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica