

Sveučilište
u Rijeci
**Građevinski
fakultet**



Završna konferencija:

Upravljanje krškim priobalnim vodonosnicima
ugroženima klimatskim promjenama (UKV) –
KK.05.1.1.02.0022.

Pilot područje Vransko jezero na otoku Cresu – opis sliva, monitoring voda i rezultati monitoringa

Josip Rubinić, Maja Radišić, Igor Ružić, Bojana Horvat, Duje Kalajžić
(Građevinski fakultet u Rijeci)

Varaždin, 23.1.2023.



Europska unija
Zajedno do fondova EU



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI



Operativni program
KONKURENTNOST
I KOHEZIJA

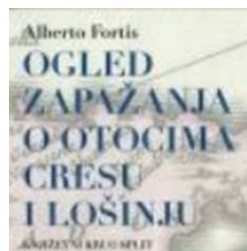


FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

Sadržaj:

- Uvod
- Opis sliva pilot područja Vransko jezero na Cresu
- Monitoring podzemnih i površinskih voda
- Rezultati monitoringa površinskih voda
- Rezultati monitoringa podzemnih voda





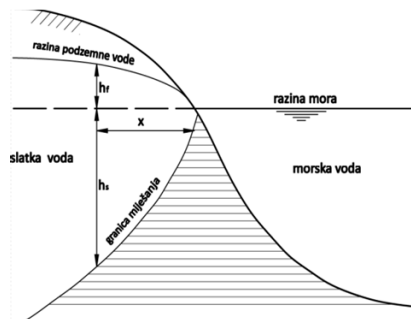
Prirodoslovac **Alberto Fortis** –boravio na Cresu 1770.g., knjigu objavio 1771.

u knjizi spominje i .. „**Lago di Jesero**” a na slici naslovnice prvog izdanja navodi se „**Lago di Vrana a Jesero**”. Navodi vrlo važna zapažanja: „**Jezero u svojim granicama nije stalno. Ponekad ih za za tri ili četiri godine napušta, a potom se ponovno uspe...**”

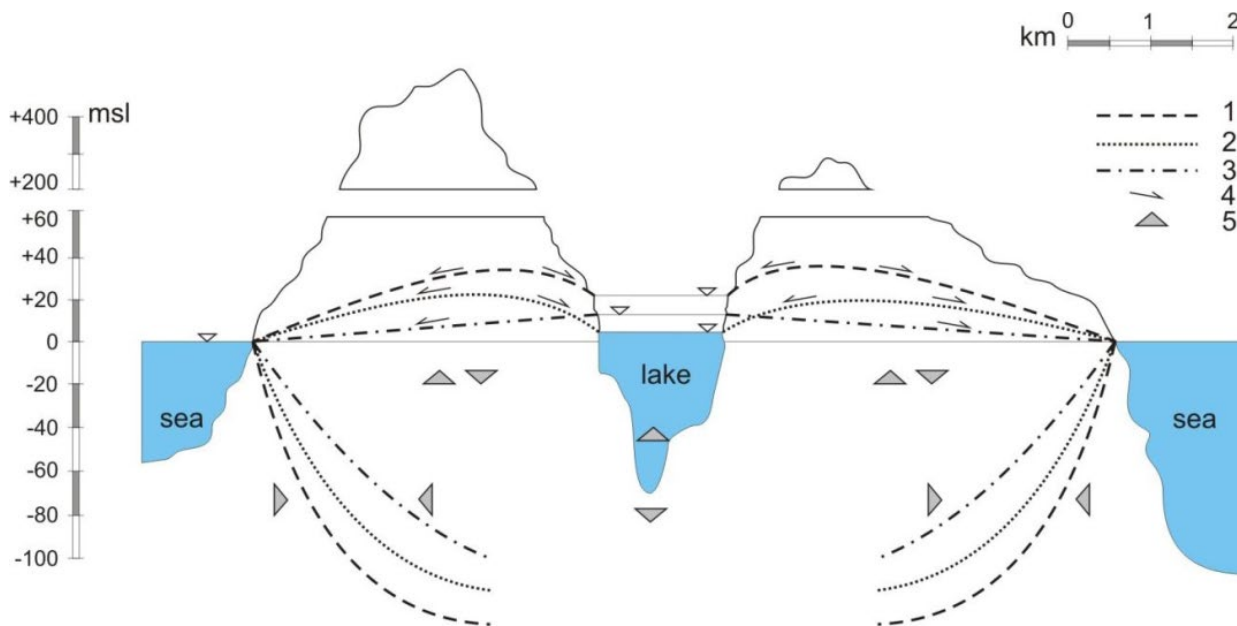
Među prvima Istraživali ga Lorenz (186+59) i Mayer (1873) s oprečnim postavkama o porijeklu vode.

Vrijedi istaći i Gavazzija (1902,1904), Mortona (1933), Cecconija (1940), Poljak (1947), Nümann (1949), Petrik (1957, 1960, 1969), Golubić (1961,1962), Magaš (1965), Rubinić (1988, 1990, 1991), B.Biondić i sur. (1991, 1994, 1998), Ožanić i Rubinić (1995), Bonacci (1996, 2014). Mesić (1996), Ožanić (1996), Kapelj (1997), Ilijanić (2014), Mesić i B.Biondić (2001), Kuhta (2002), Prohić (2002, 2003) te Mihovilović (2015).

Coronellijeva karta iz 1730. –**Vrana Lago**



**Konceptualni model
funkcioniranja Vranskog jezera
Ravnoteža slane i slatke vode u
priobalnim vodonosnicima**



**Crpljenja uvjetuju
neravnotežu jezerskog
sustava –**

iz jezera se može crpiti
samo onoliko za koliko se
smanje gubici uslijed
sniženja razine vode u
jezeru



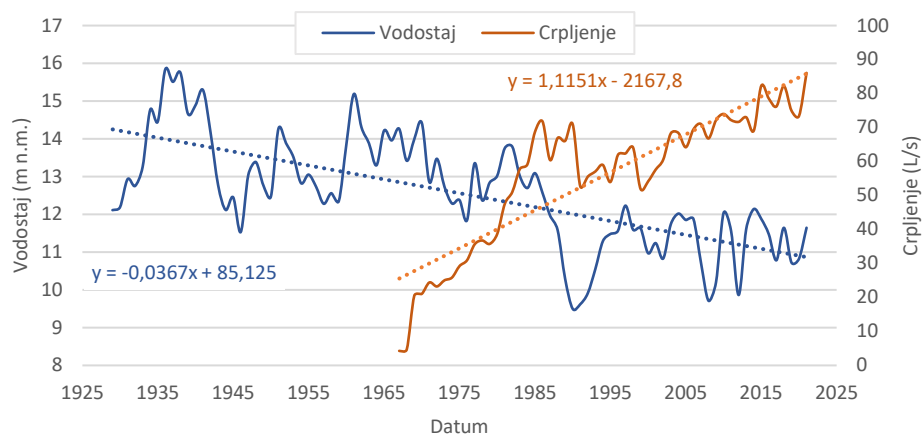
Volumen 220 mil. m³ slatke vode

Za potrebe vodoopskrbe crpi se oko 2,4 mil. m³/god.

God 2021. 2,72 mil. m³, odnosno oko 0,086 m³/s.

Ljeti i do 0,178 m³/s.

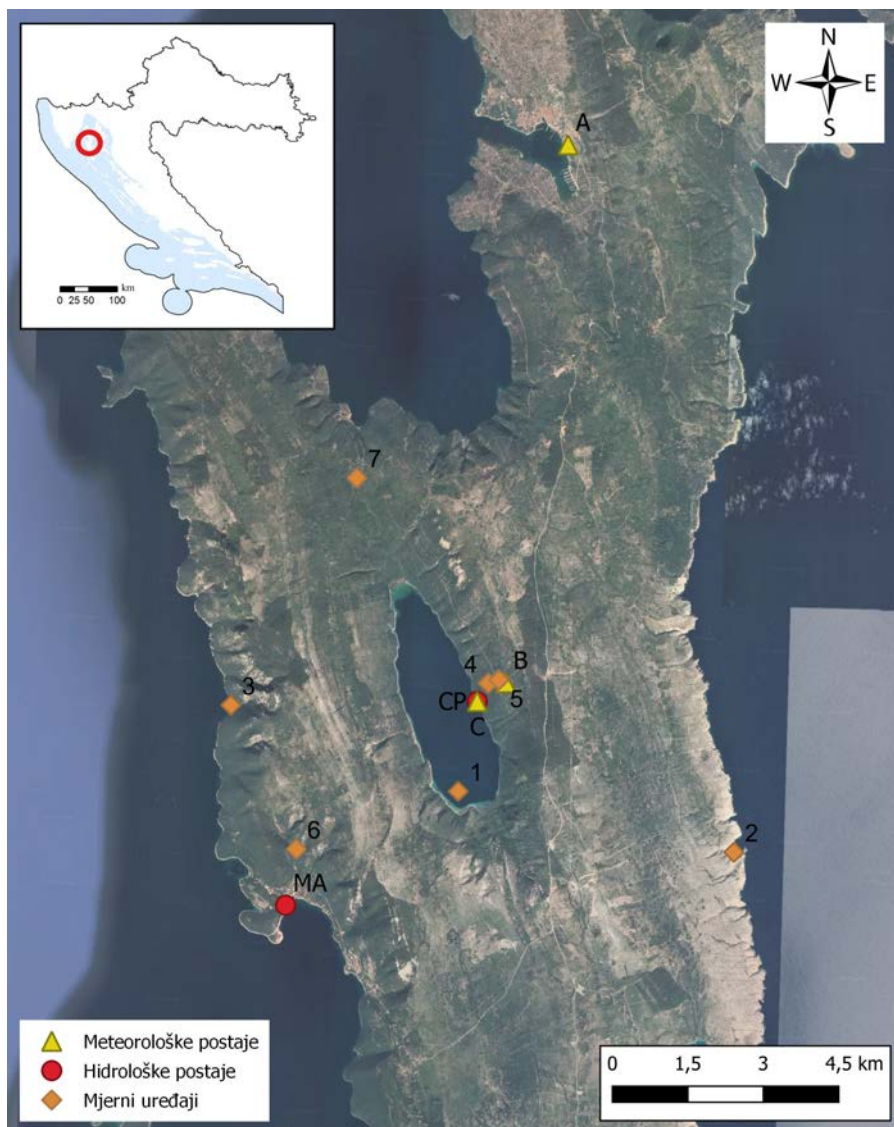
Crpljenje intenziviralo trend opadanja razina vode u jezeru.



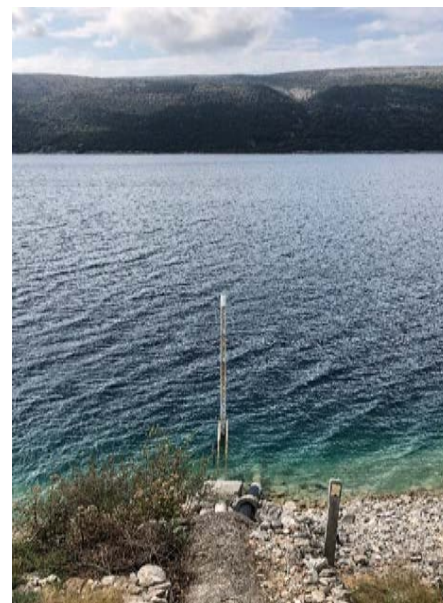
Unatoč relativno povoljnog sadašnjeg stanja – **prisutni razlozi za potrebu istraživanja mogućeg daljnjeg nepovoljnog utjecaja klimatskih promjena na Vransko jezero:**

- Povećani rizici približavanja **kritično niskim razina vode u jezeru za očuvanje stabilnosti jezerskog sustava od prodora zaslanjene vode,**
- Vrlo izražen **trend povećanja temperature vode** u jezeru i uz vezane promjene u kakvoći vode i ekosustavu,
- Trend **podizanja razine mora** – veća mogućnost komunikacije mora prema jezeru u otvorenijim dijelovima vodonosnika,
- **Povećanje potreba za vodom** u nepovoljnijim klimatskim prilikama,
- **Tromost jezerskog sustava** – kad bi jednom došlo do prodora mora u jezerski sustav, iznimno dugo bi trajao proces,
- Dugoročno prisutne **promjene u slivu** neovisno o klimatskim utjecajima – promjena vegetacijskog pokriva/efektivnih oborina, utjecaj crpljenja,
- **Pojave situacija s ekstremnim intenzitetima oborina, mutnoće, zdravstveni rizici...**

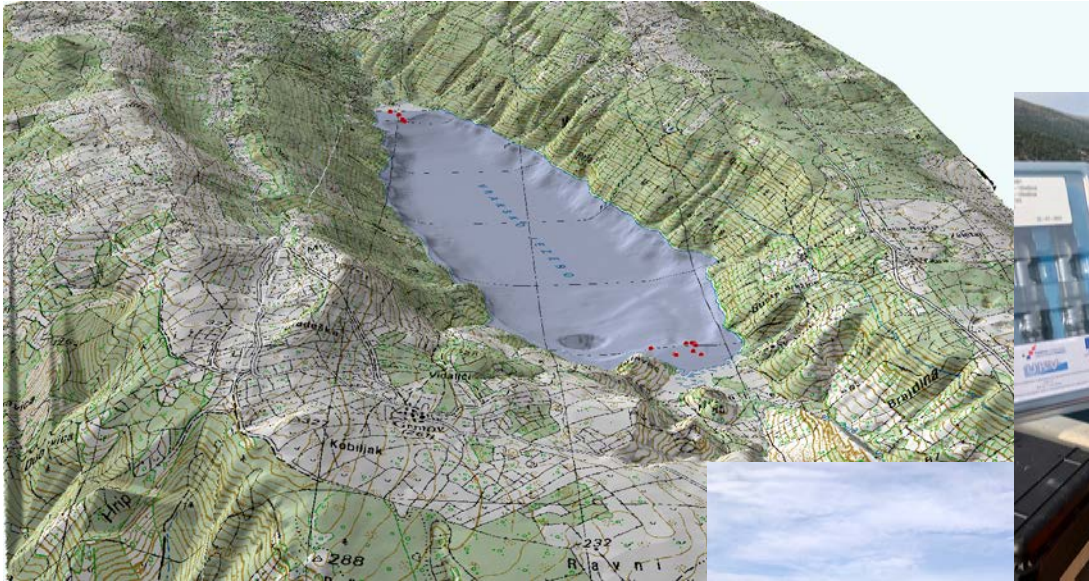
Monitoring podzemnih i površinskih voda



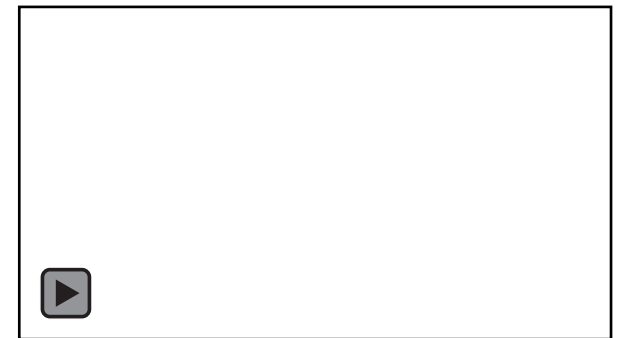
Situacija Vranskog jezera s prikazom položaja hidroloških (CP – C.P. Vrana, MA – Martinšćica more), meteoroloških postaja (A - klimatološke postaje Cres, B - automatska postaja Vransko jezero-Cres i C – kišomjerna postaja Vransko jezero – crpna postaja) i mjernih uređaja (1 – najdublji dio Vranskog jezera, 2 – Izvor Lukavac, 3 – Vrulja Vrutak, 4 – Piezometar PZ1, 5 – Piezometar PZ2, 6 – Piezometar Martinšćica i 7 – Piezometar Valun)



Monitoring podzemnih i površinskih voda



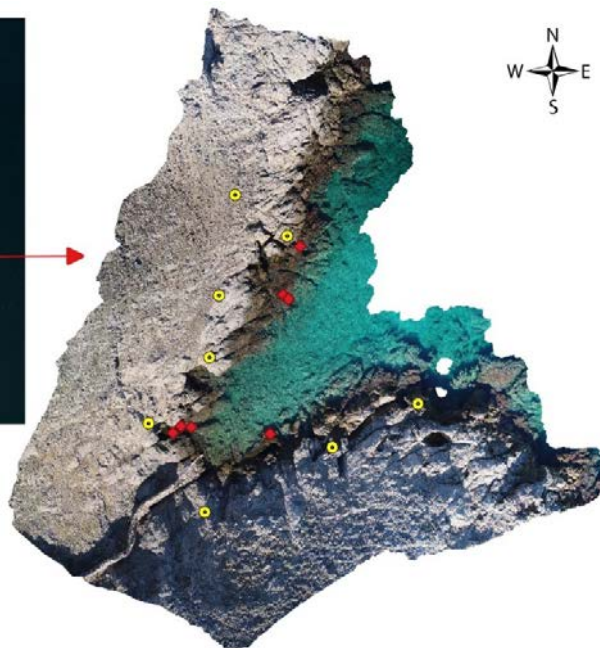
Postavljanje mjernog uređaja na najdubljem dijelu Vranskog jezera



Monitoring podzemnih i površinskih voda



Monitoring podzemnih i površinskih voda

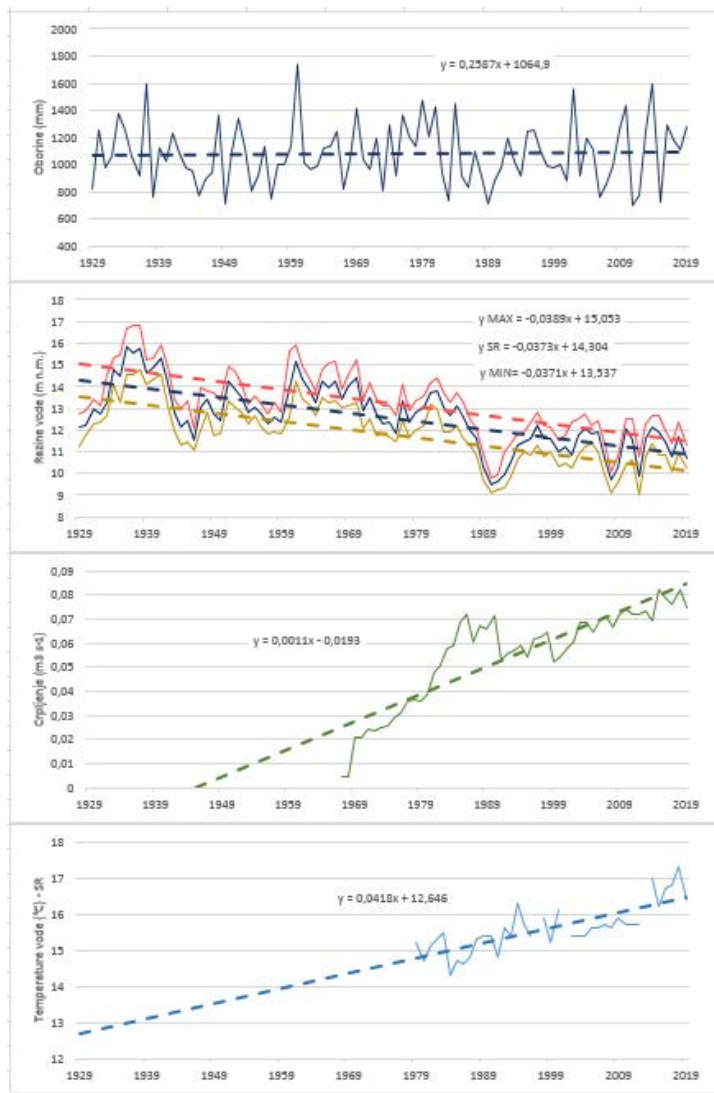


Legenda:
● Kontrolne točke
◆ Mjerenje temperature mora

0 10 20 30 m

Uvala Lukavac i mjesto istjecanja podzemnih voda na kome provođena vodomjerenja, snimanja termalnih anomalija autonomnom letilicom kao i i uzorkovanja

Rezultati monitoringa površinskih voda



Recentno stanje na Vranskom jezeru:

Trendovi:

- God količine oborina **stagniraju**, temp zraka **rastu**
- Vodostaji **opadaju 3,7 m/100 god (od 1948 – čak 4,6 m/100 god)**
- Crpljenja ponovno rastu **1,1 L/s/god - 11 L/s/10 god**
- Temperature vode rastu **4,2 °C/100 god**

Rezultati monitoringa površinskih voda



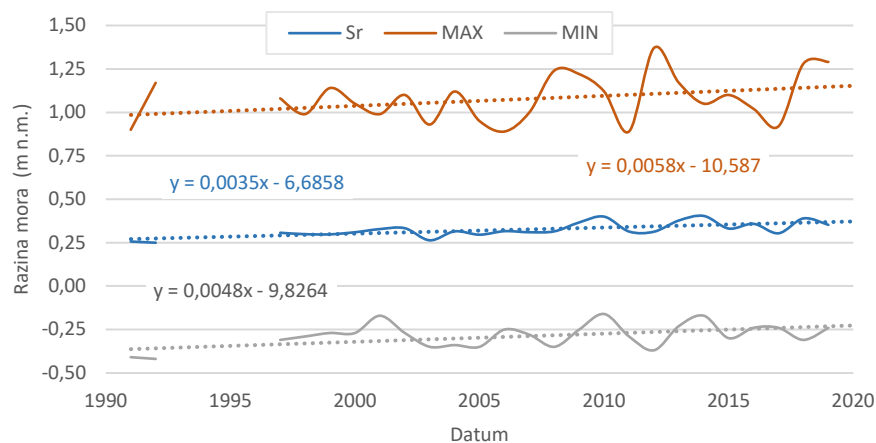
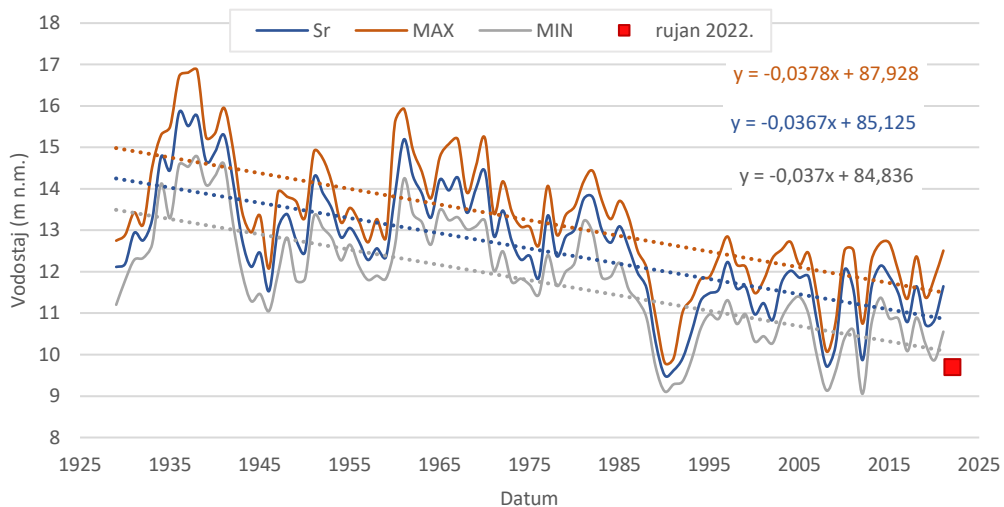
1990.



2008.

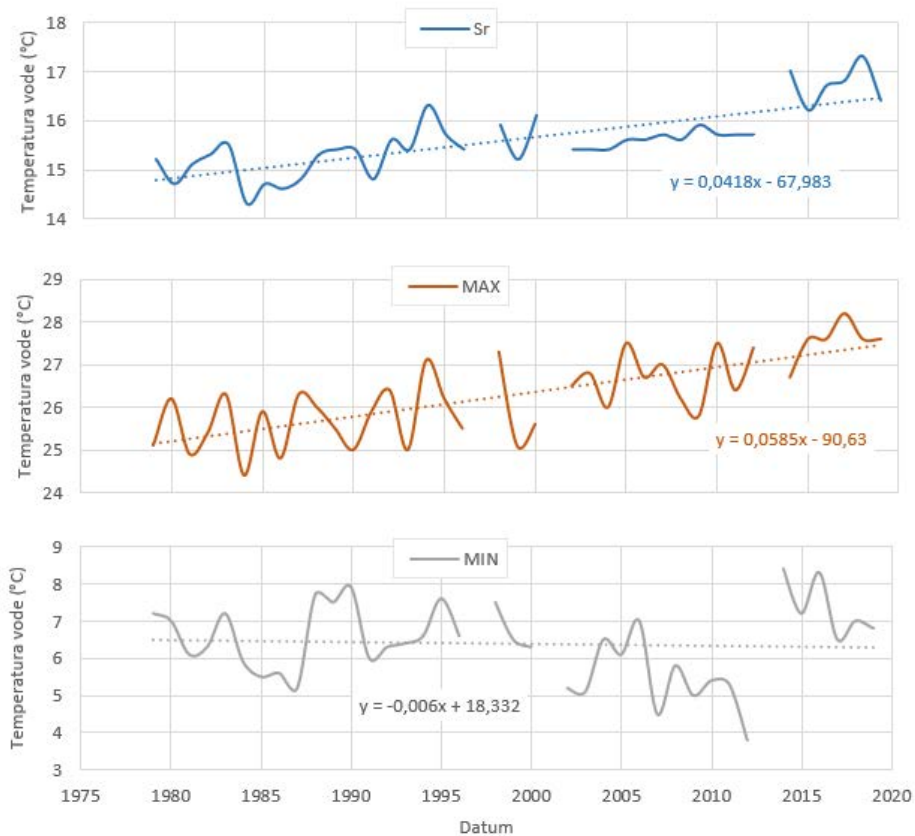
Iznimno niske razine jezera postaju sve uobičajenija pojava – najniže 2012. – 9,05 m n.m.

Rezultati monitoringa površinskih voda



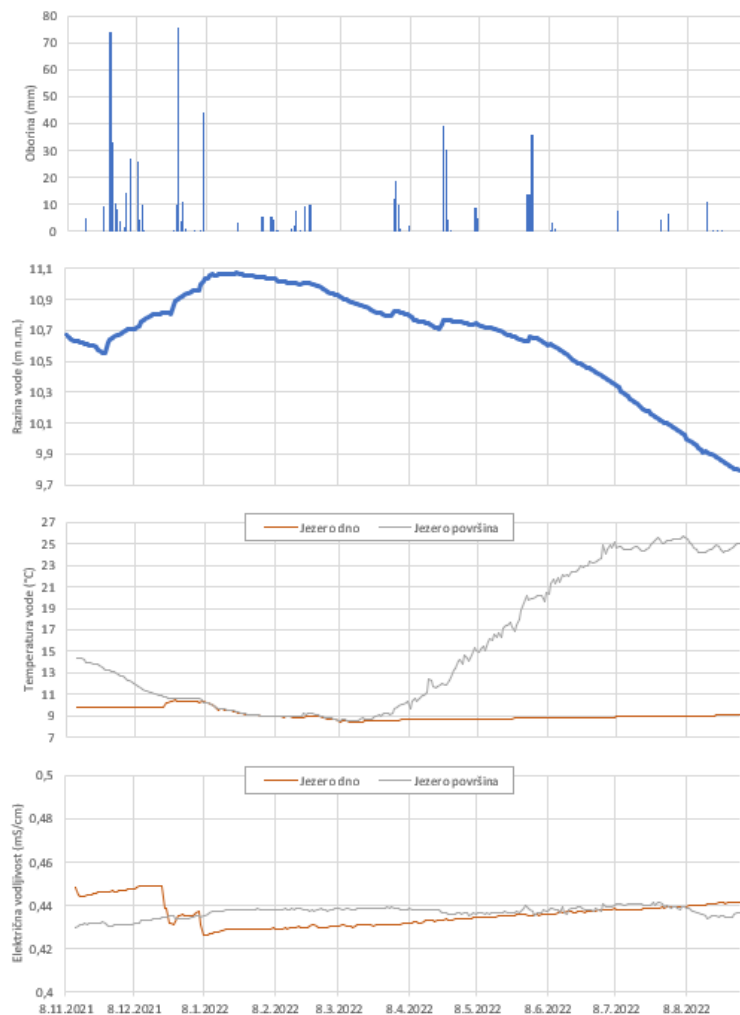
Godišnji hod srednjih, maksimalnih i minimalnih vodostaja na Vranskom jezeru, kao i njihovi pripadajući trendovi (1929.-2021.) te na mareografu Martinšćića (1991.-2019.)

Rezultati monitoringa površinskih voda

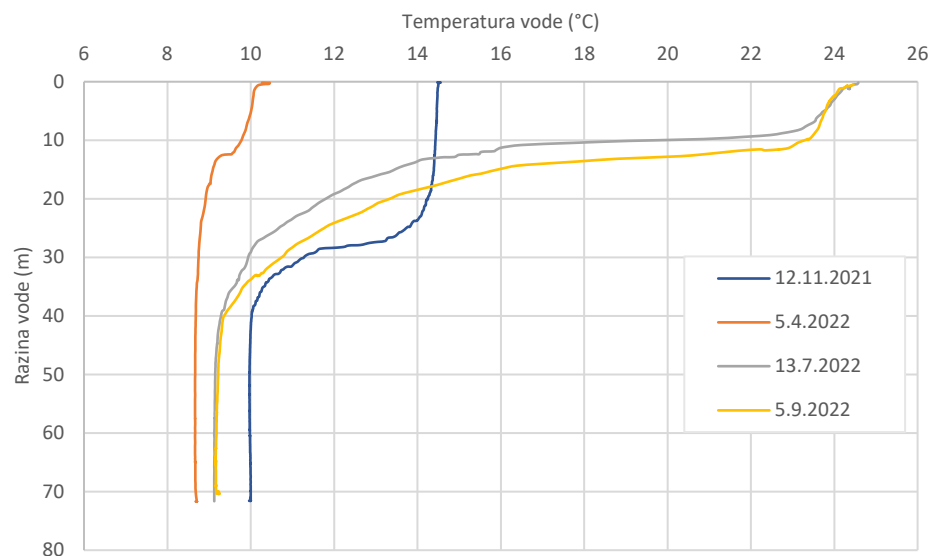


Godišnji hod srednjih, maksimalnih i minimalnih temperatura vode u Vranskom jezeru, kao i njihovi pripadajući trendovi (1979.-2019.)

Rezultati monitoringa površinskih voda

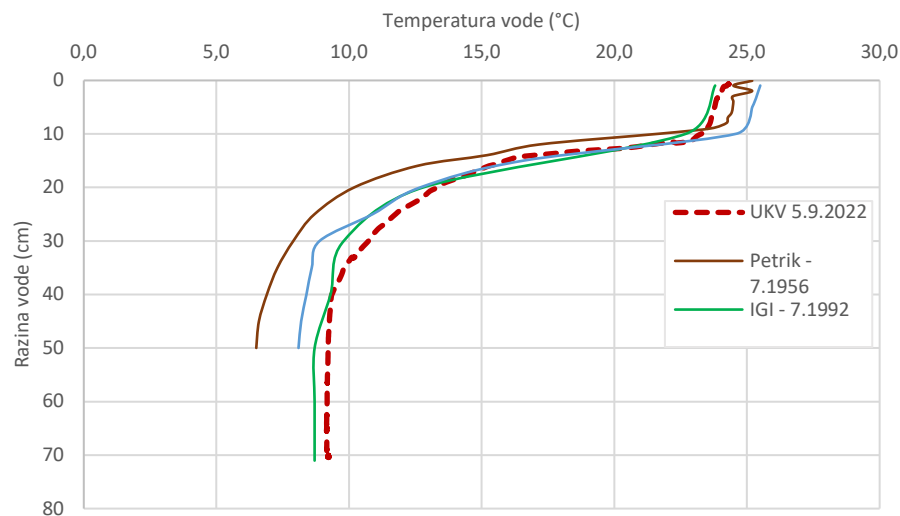


Slika 5.2.1-5. Prikaz razina vode, temperature i električne vodljivosti jezera i dnevni oborina na postaji Vrnsko jezero (12.11.2021.-31.8.2022.)

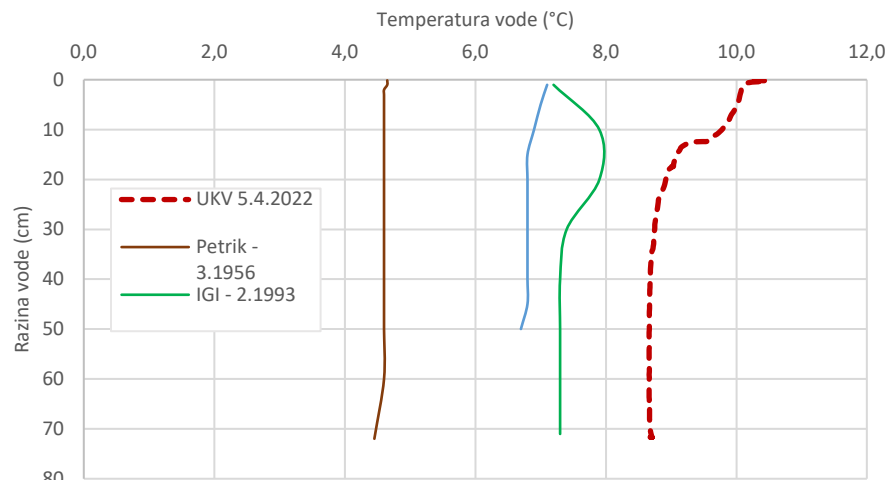


Međuvisnost stanja pri površini i dnu jezera

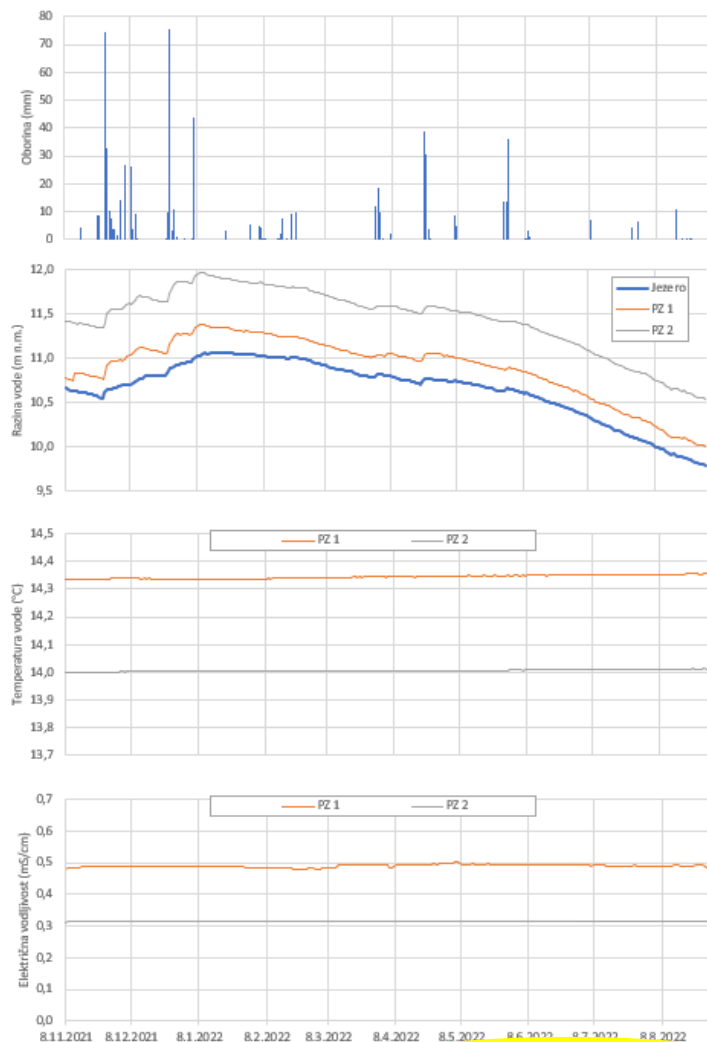
Rezultati monitoringa površinskih voda



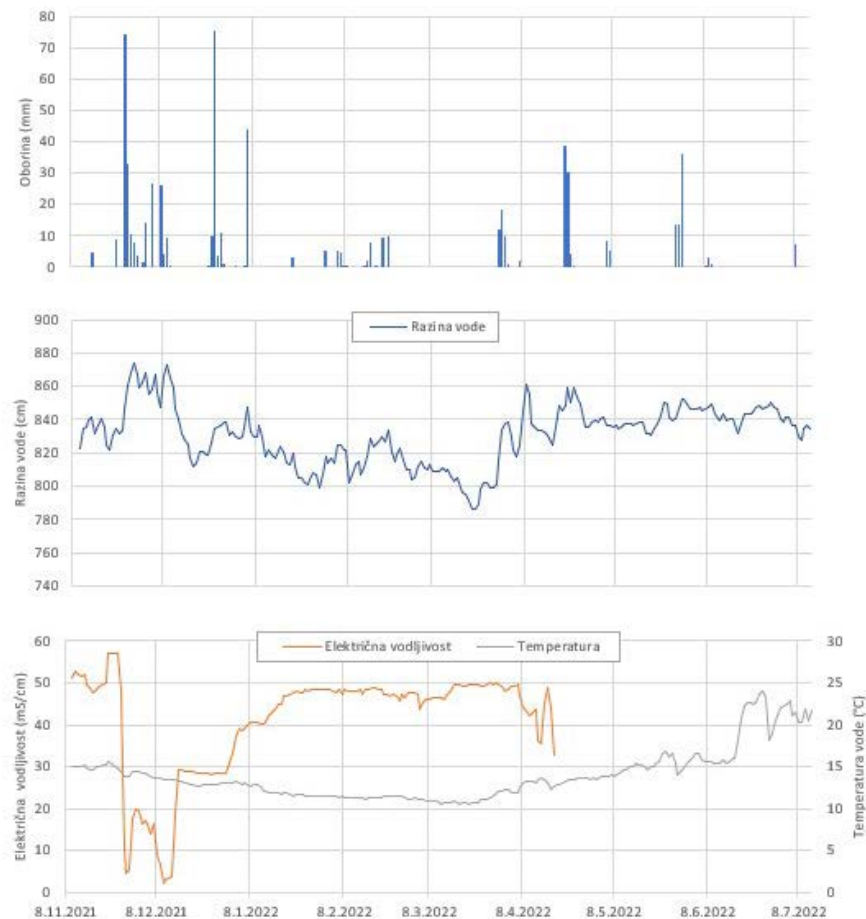
Zamjetljivo globalno zagrijavanje jezera tijekom proteklog razdoblja od 70-tak godina



Rezultati monitoringa podzemnih voda

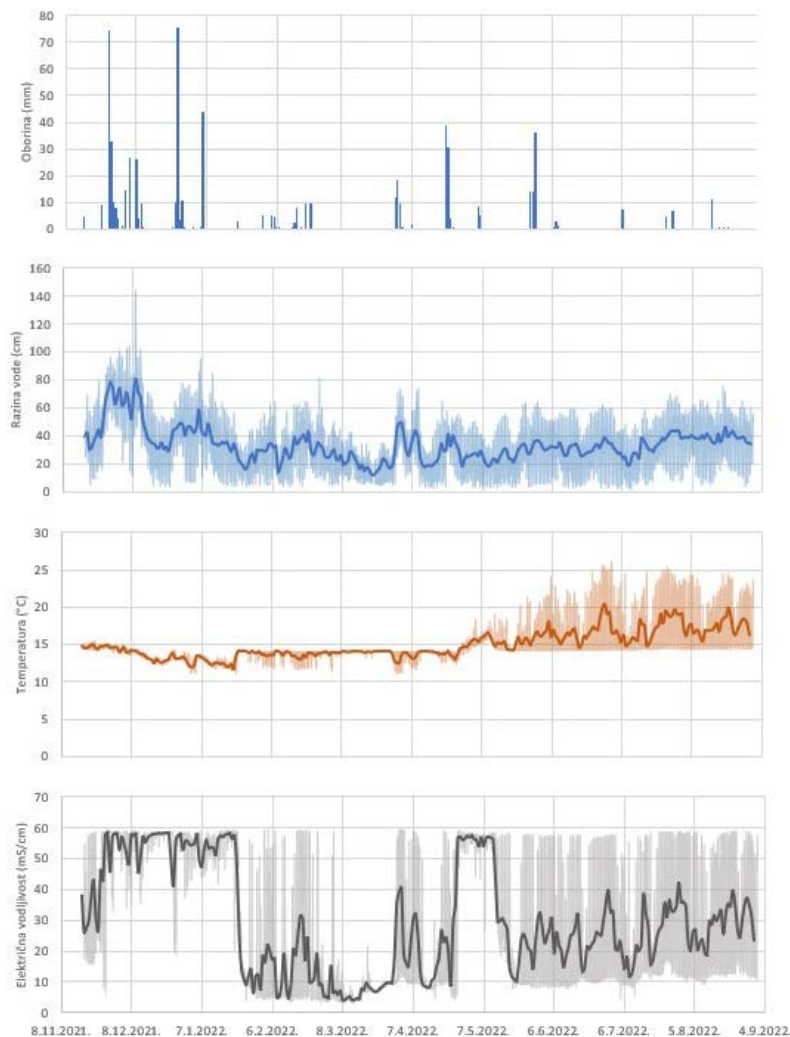


Slika 5.2.2-1. Prikaz razina vode, temperature i električne vodljivosti u piezometrima PZ1 i PZ2 i dnevnih oborina na postaji Vransko jezera (8.11.2021.-31.8.2022.)

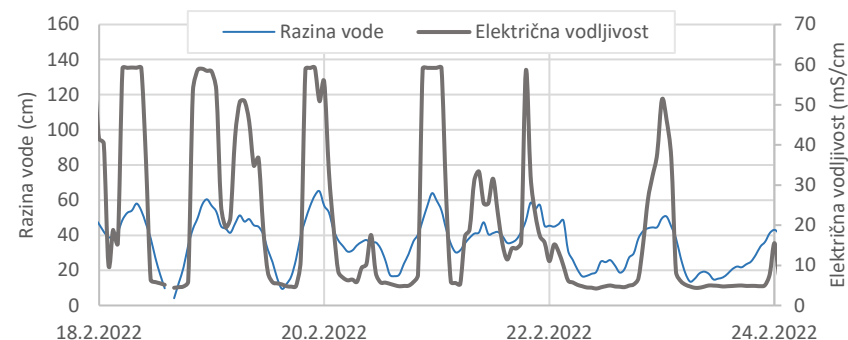


Slika 5.2.2-2. Prikaz razina vode, temperature i električne vodljivosti u vrulji Vrutak i dnevnih oborina na postaji Vransko jezera (8.11.2021.-31.8.2022.)

Rezultati monitoringa podzemnih voda



Slika 5.2.2-3. Prikaz razina vode, temperature i električne vodljivosti na izvoru Lukavac i dnevnih oborina na postaji Vransko jezo (8.11.2021.-31.8.2022.)



Tablica 5.2.2-2. Rezultati vodomjerenja i procijenjenih dotoka podzemnih voda na izvoru Lukavac

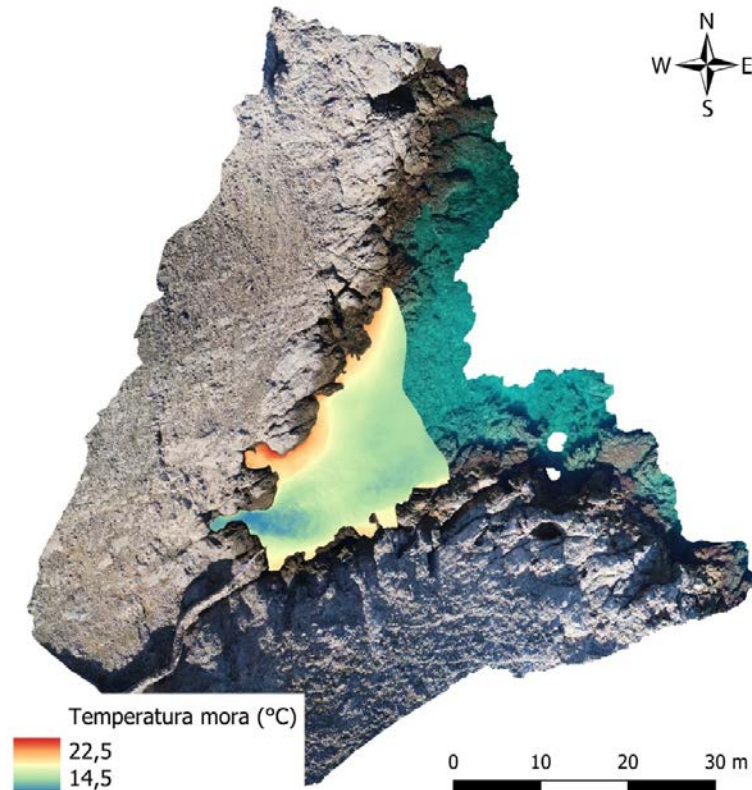
Datum	Izmjereni protok (l/s)	Procijenjeni dotok podzemnih voda obzirom na MDK u odnosu na <u>zaslanjenost mora</u> (l/s)
17.11.2021	50,7	3,6
7.4.2022	57,8	5,0
14.7.2022	38,4	2,1
31.8.2022	59	3,8
28.10.2022	52	5,7

Rezultati monitoringa podzemnih voda

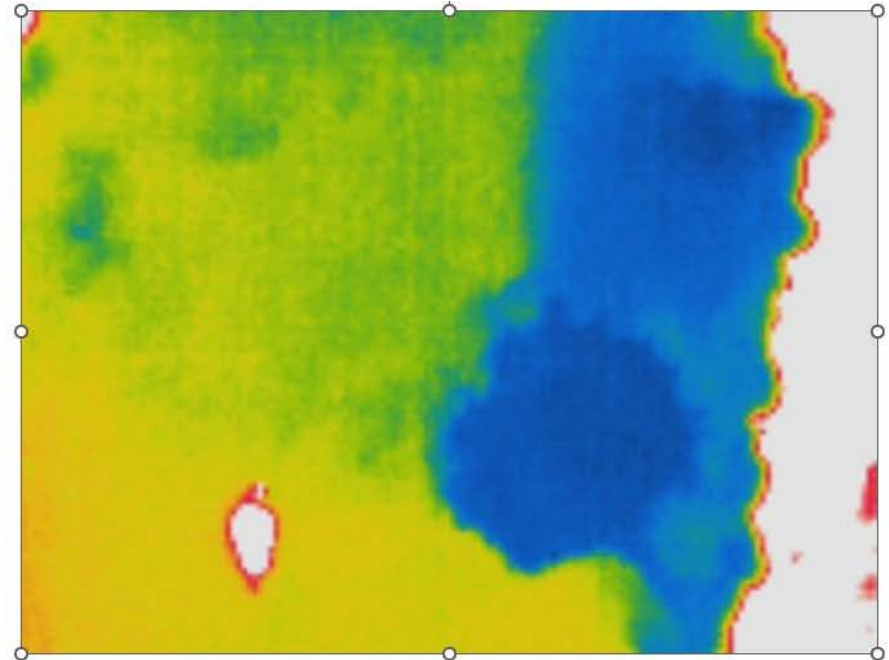


Slika 5.2.2-8. Termalna anomalija i pozicija snimanja na Izvor Lukavac (kosa projekcija područja izvora) na dne 31.8.2022.

Snimanja termalnih anomalija u široj zoni istjecanja izvora Lukavac uz pomoć bezpilotne letjelice opremljene termalnom kamerom – razvijena metodologija za snimanje i interpretaciju rezultata

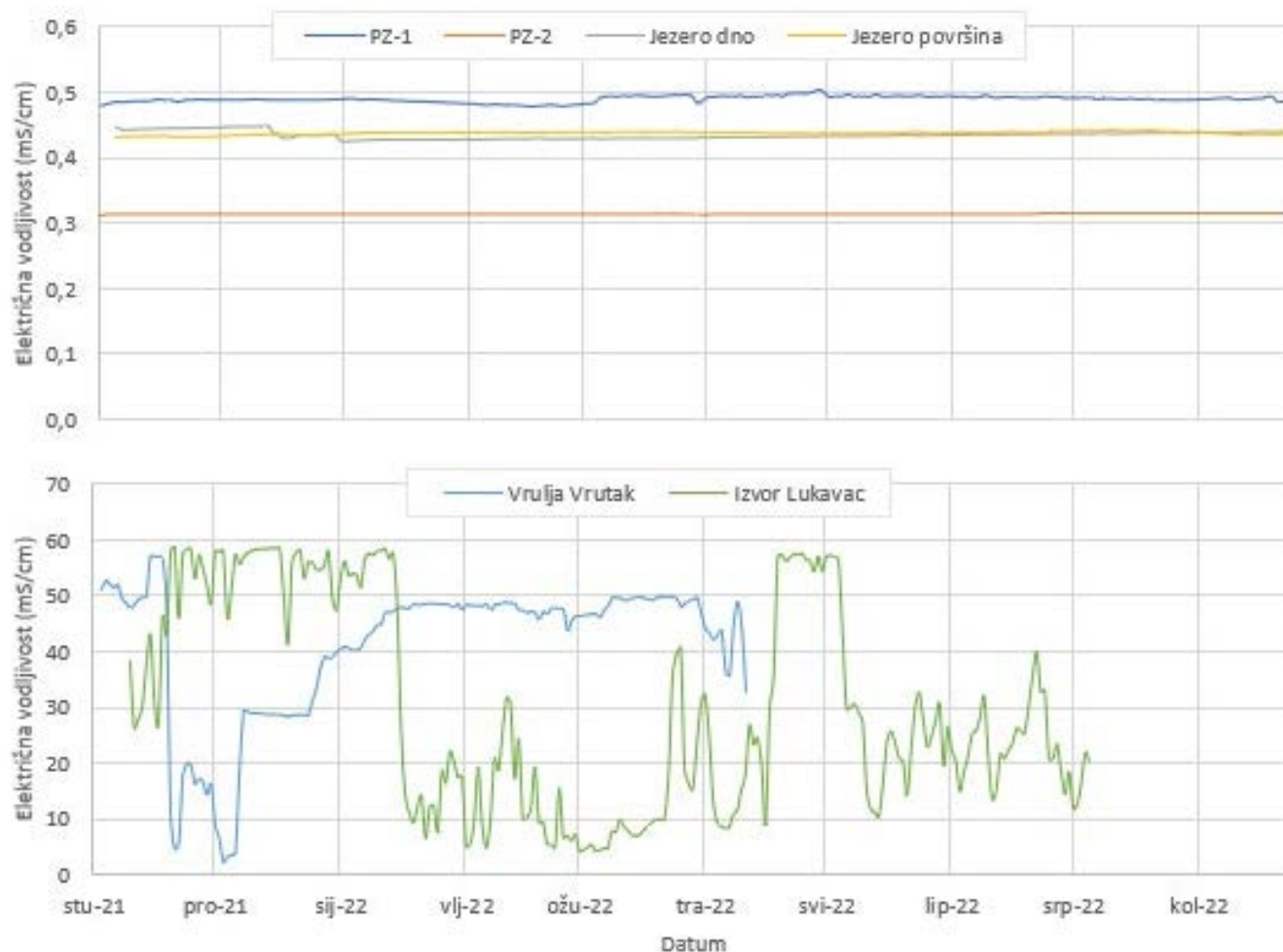


Rezultati monitoringa podzemnih voda



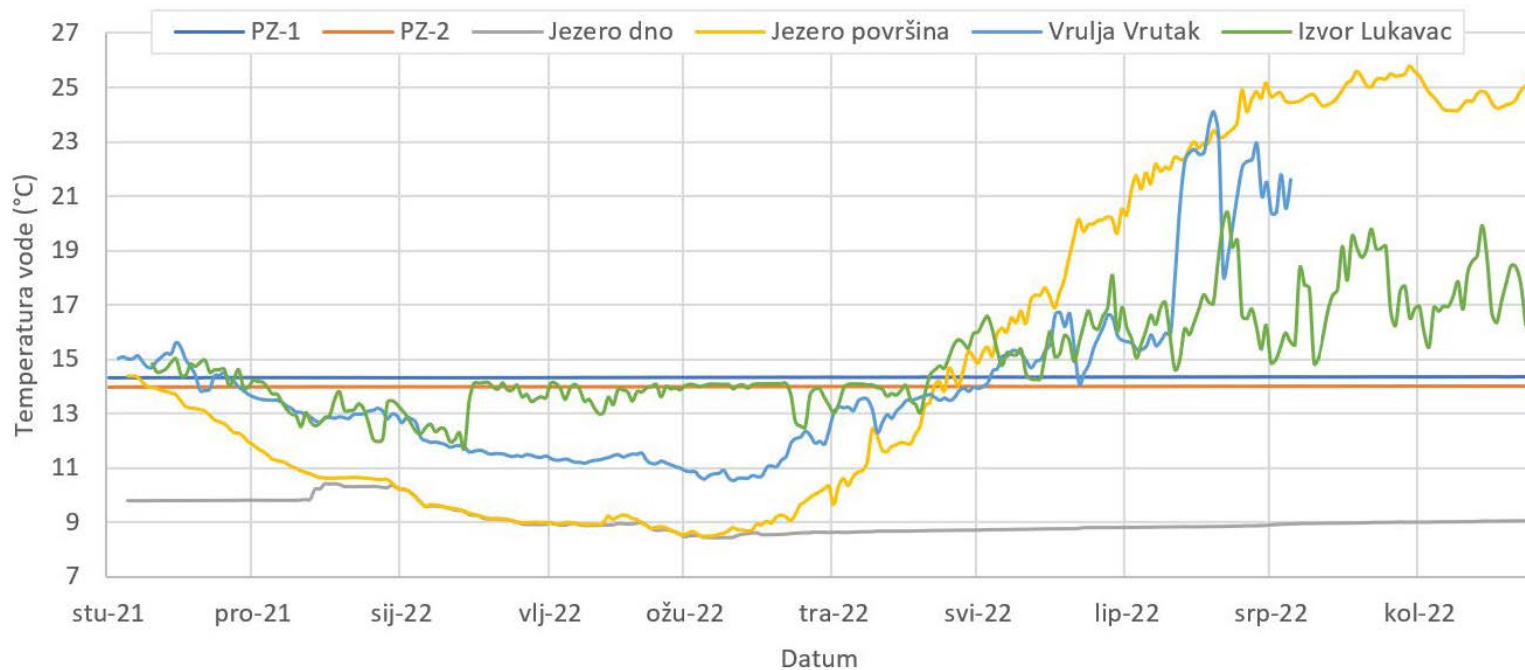
Slika 5.2.2-7. Termalna anomalija i pozicija snimanja na vrulji Vrutak na dne 14.7.2022.

Rezultati monitoringa podzemnih voda



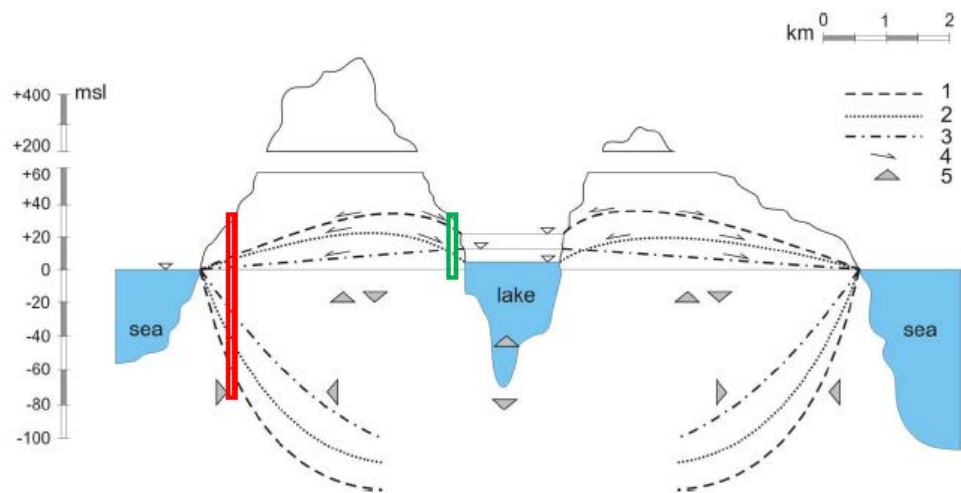
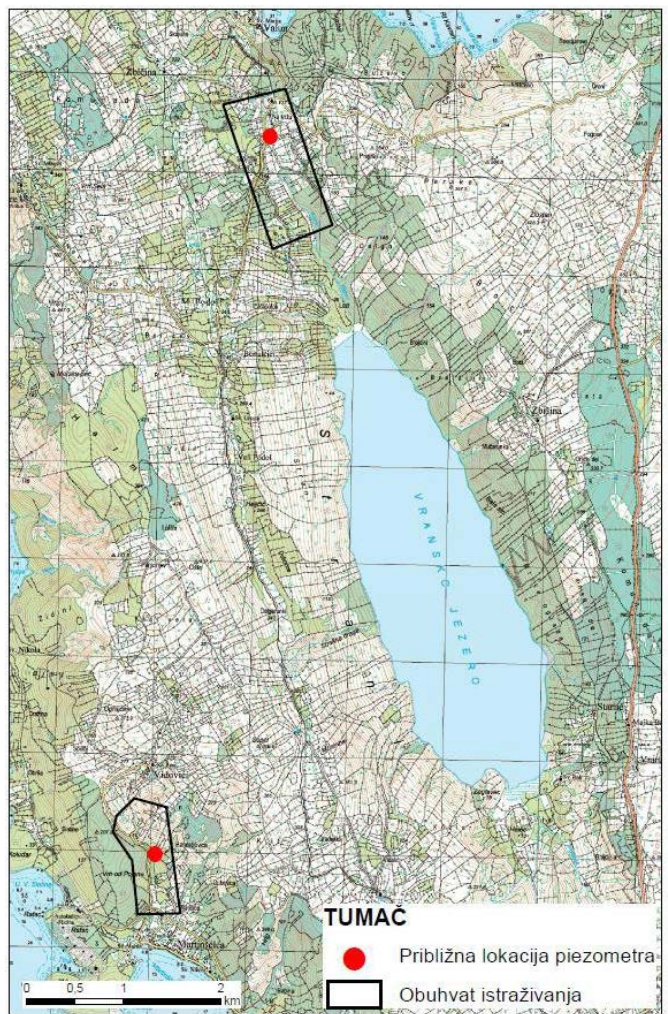
Slika 5.2.2-10. Usporedni prikaz električne vodljivosti na svim mjernim lokacijama (8.11.2021. - 31.8.2022.)

Rezultati monitoringa podzemnih voda



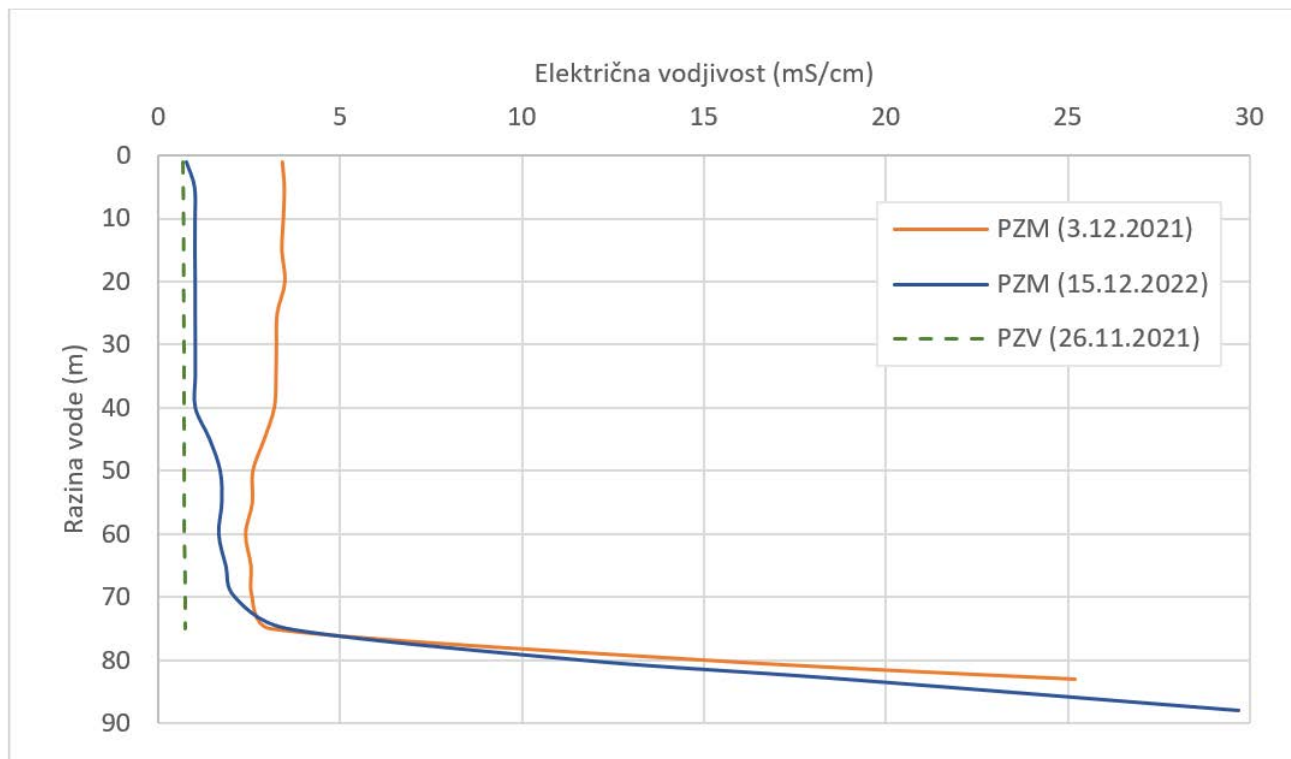
Slika 5.2.2-11. Usporedni prikaz temperatura vode na lokacijama vrulja Vrutak i izvor Lukavac (8.11.2021. - 31.8.2022.)

Rezultati monitoringa podzemnih voda



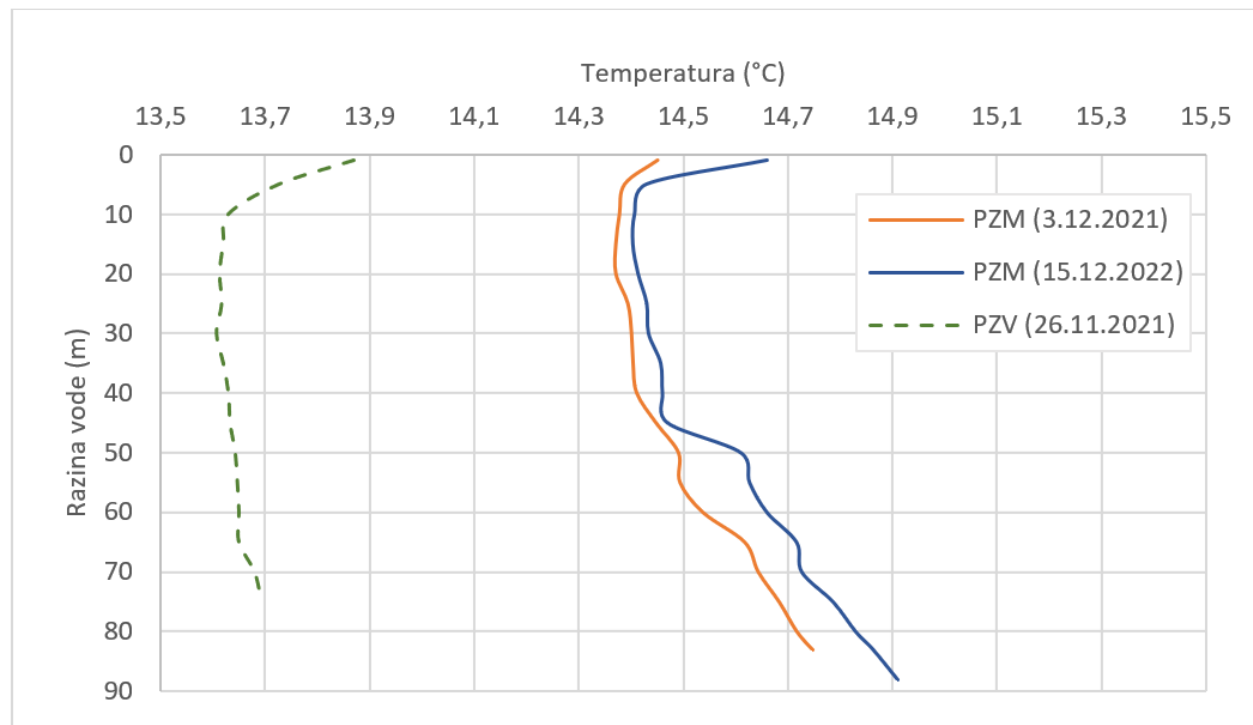
Uspostavljeni monitoring Hrv voda krajem 2021. - duboke bušotine za praćenje stanja u donjim dijelovima otočke vodne leće

Rezultati monitoringa podzemnih voda



. Prikaz električne vodljivosti vode po dubini u piezometrima Martinščica (3.12.2021. i 15.12.2022.) i Valun (26.11.2021.)

Rezultati monitoringa podzemnih voda



Prikaz temperature vode po dubini u piezometrima Martinšćica (3.12.2021. i 15.12.2022.) i Valun (26.11.2021.)

- Hvala svima na pomoći oko realizacije projekta, a posebno
Vodovod i odvodnja Cres – Lošinj
Hrvatske vode
Geo-5 Rovinj ...
- Hvala suradničkim ekipama na projektu s kojima ne dijelimo samo interes za istraživanje pojedinih istraživanih lokaliteta nego i ljubav prema njima i njihovoj zaštiti.
- Posebno hvala Cresanima i Lošinjanima što čuvaju Vransko jezero i svoj otok na održivi način od puno dulje nego li je pojam održivog razvoja ušao u svakidašnju, dijelom i pomodnu verbalnu praksu.