



Javna agencija za znanstvenoraziskovalno
in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR

Ocena vpliva ribiške prakse privabljanja rib s hrano in drugih dejavnosti na kakovost jezerske vode

Delavnica z deležniki

Grad v parku Goričko, 30. september 2025



NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO
NATIONAL INSTITUTE OF BIOLOGY



INŠTITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE
*Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia*



Zavod za
ribištvo
Slovenije



NACIONALNI
LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE
IN HRANO

Program delavnice

10.00 - 10.30	Registracija, kava
10.30 - 10.40	Predstavitev projekta RIBE in poteka delavnice
10.40 - 11.00	Izsledki projekta Green4Waters
11.00 – 11.20	Rezutati modeliranja porečja in stanja Ledavskega jezera (CRP RIBE)
11.20 – 12.00	Vodena diskusija, razmislek o danih vprašanjih po skupinah
12.00 - 13.00	Skupine predstavijo odgovore, skupna diskusija in zaključki
13.00	Pogostitev

Podatki o projektu

- Šifra projekta: V2-2370
- Vodja projekta: dr. Nataša Atanasova
- Financerja: ARIS in MNVP
- Vsebinska spremljevalka: dr. Nataša Smolar Žvanut, DRSV
- Trajanje: 1.12.2023 do 30.11.2025
- Partnerji: UL FGg, NIB, IzVRS, ZZRS, NLZOH

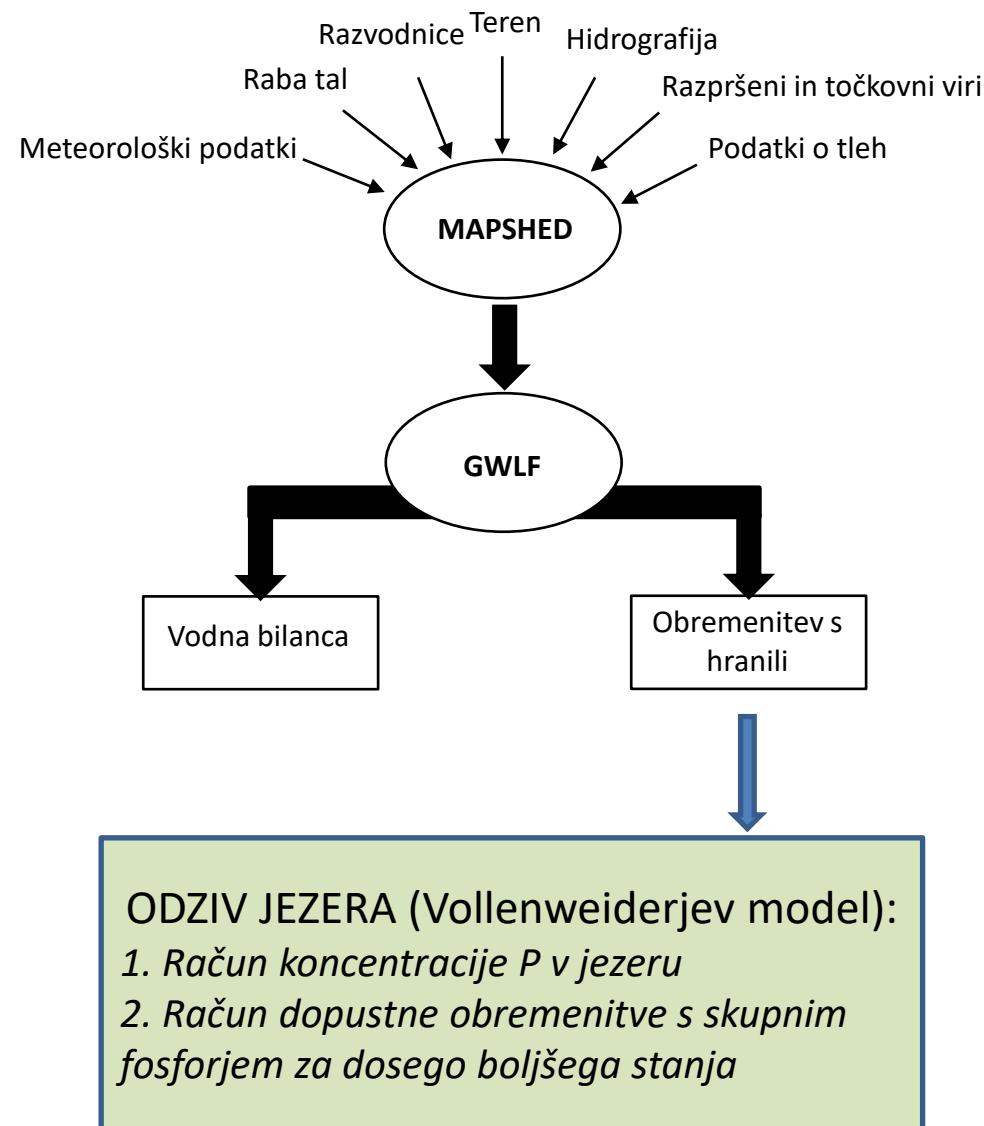
Cilj projekta

Postaviti model Ledavskega jezera in porečja, s katerim bi ovrednotili vpliv:

- ribiške prakse privabljanja rib s hrano za namene športnega ribolova in
- ostalih dejavnosti

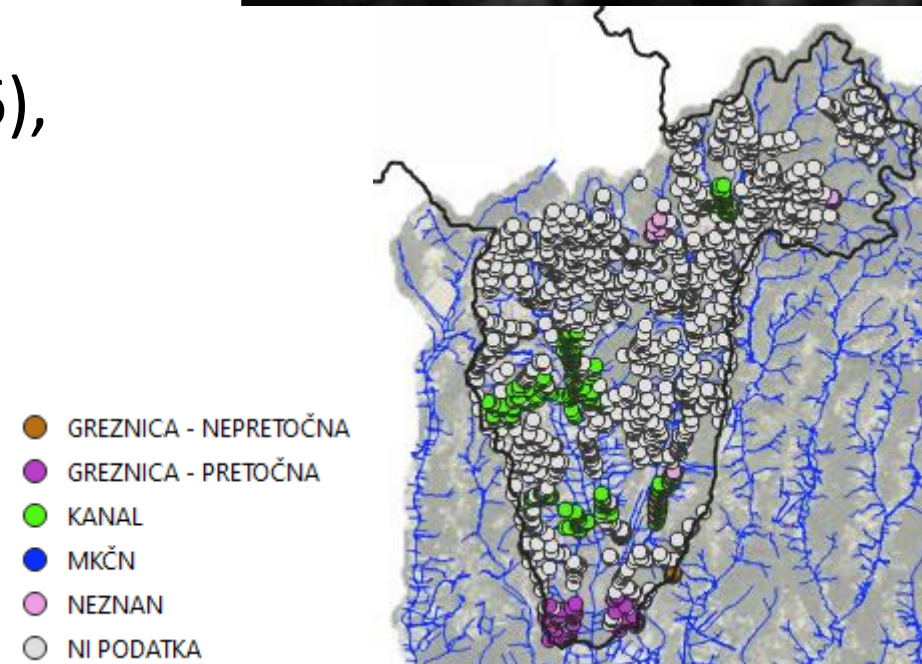
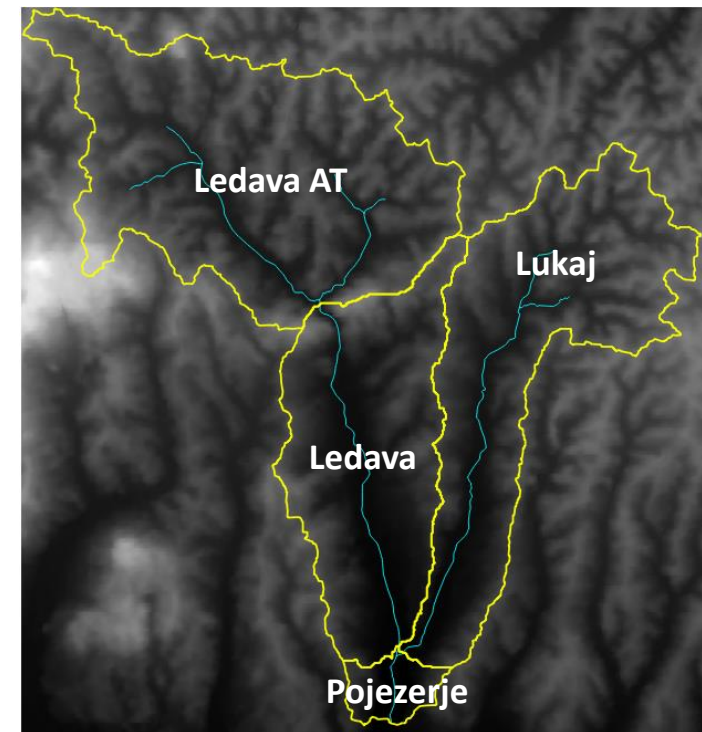
na kakovost jezerske vode.

Predlagati ukrepe za izboljšanje stanja na osnovi rezultatov modela.

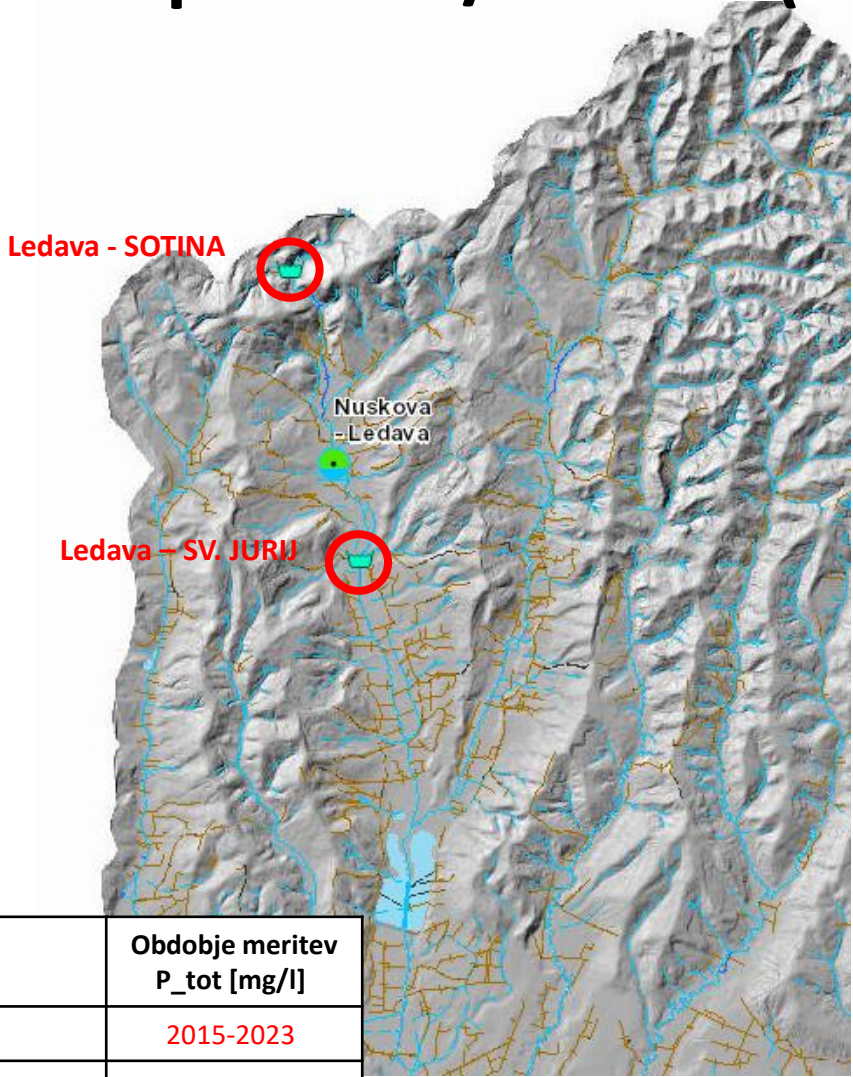


Zbrani prostorski podatki

- Relief: Lidar (ARSO) in EU-DEM
- Hidrografija in hidrografska območja (Vodni kataster, DRSV)
- Raba tal (MKGP, 2023 in CLC)
- Podatki o lastnostih tal: sposobnost zadrževanja vode v tleh (Ballabio in sod., 2016), K-faktor (Panagos in sod., 2014), hidrološke skupine tal (Pintar, 2012 in JRC ESDAC).
- Ureditev odvajanja in čiščenja odpadnih voda (IzVRS, 2017)

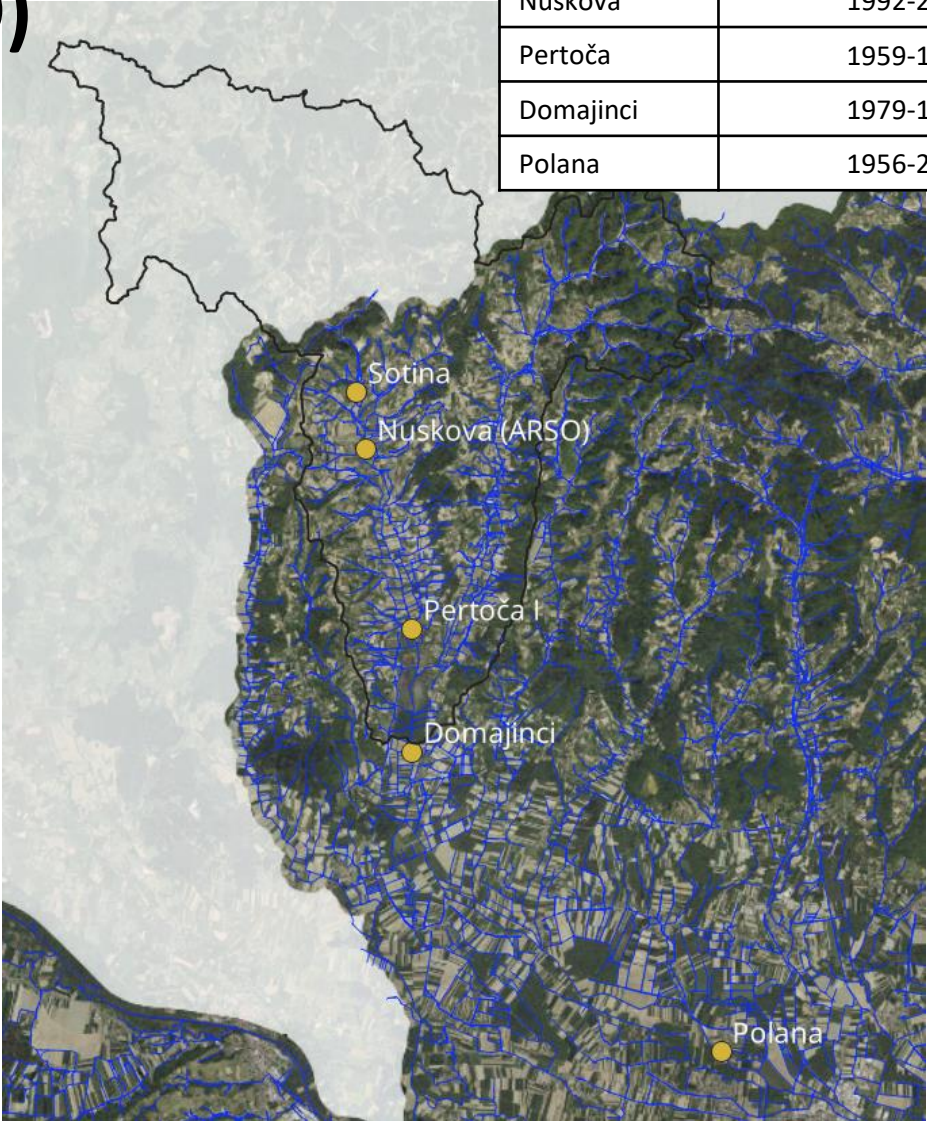


Zbrani hidrološki podatki in podatki o kakovosti pritokov/iztokov (ARSO)



	Obdobje meritev P_tot [mg/l]
Sotina	2015-2023
Sveti Jurij	2007-2019

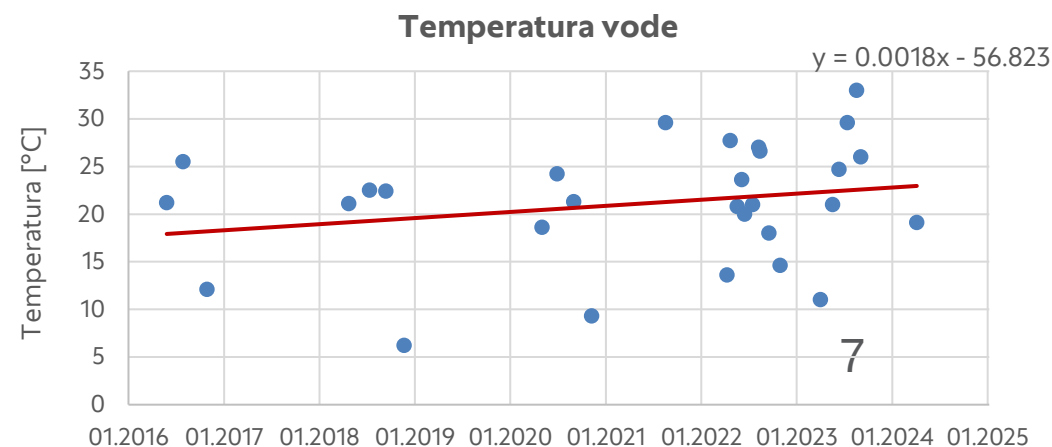
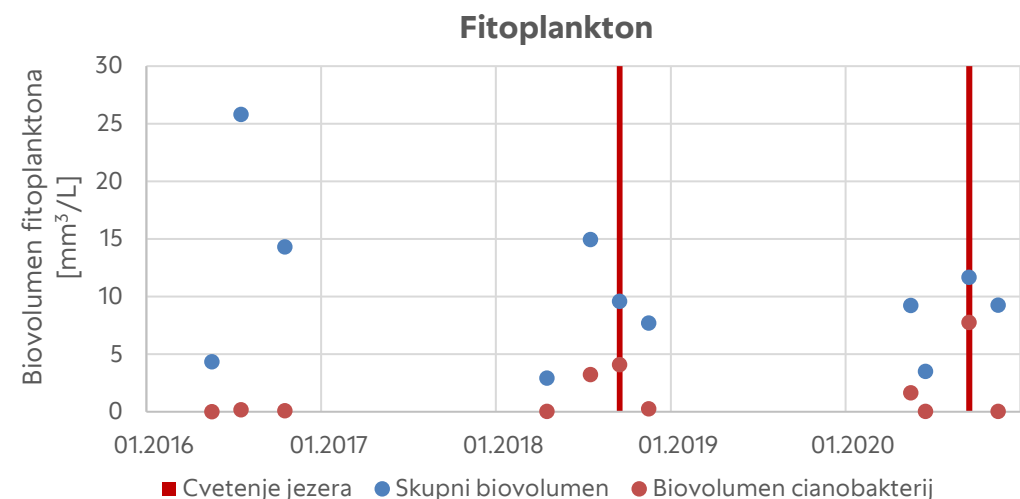
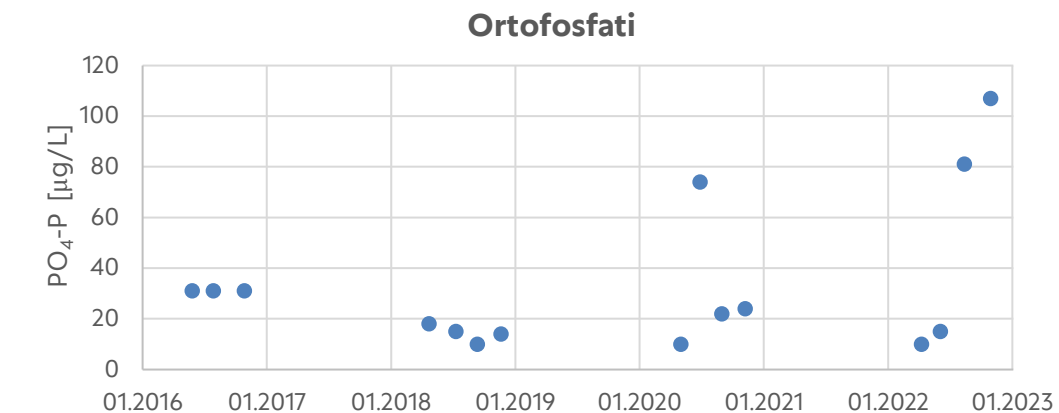
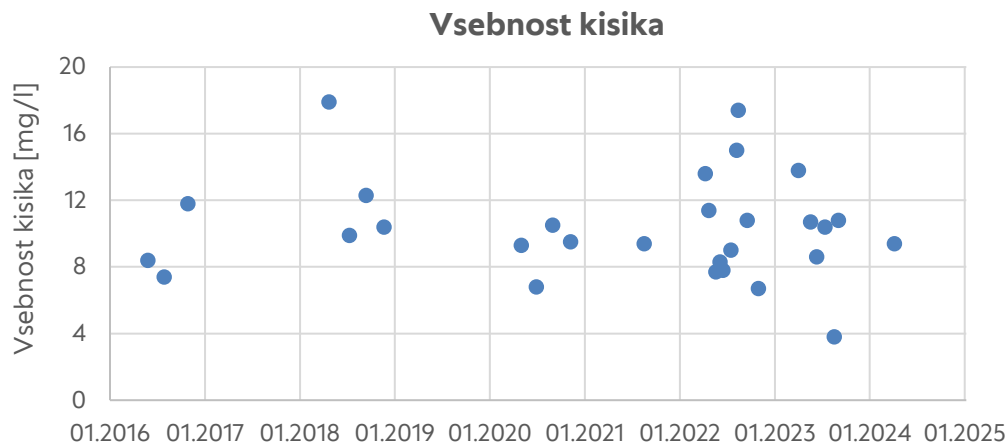
Vodotok	Obdobje meritev pretokov [m³/s]
Sotina	1981-1992
Nuskova	1992-2022
Pertoča	1959-1962
Domajinci	1979-1986
Polana	1956-2022



$$L = Q \cdot C$$

Zbrani podatki o kakovosti jezera

- Zbrani v okviru projekta Zelene rešitve za trajnostno večnamensko upravljanje evtrofnih voda (ARIS J2-4428)
- Fosfor (2016-2022, 15 meritev)
- Fitoplankton (2016-2020, 11 meritev)
- Temperatura vode in vsebnost kisika (2016-2024, 29 meritev)



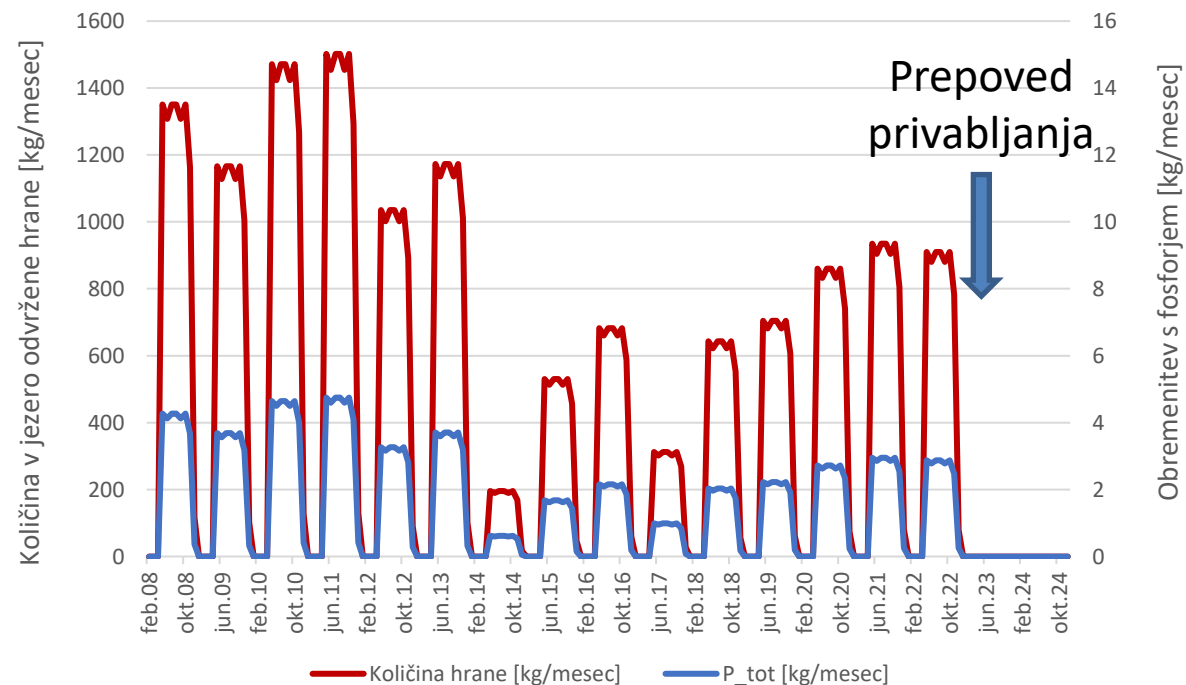
Točkovni viri - ČN

ČN	Zmogljivost (PE)	Dejanska obremenitev (PE)	Količina očiščene odp. vode (1000 m ³ /leto)	Stopnja čiščenja	Iztok
Serdica	350	178	8,2	sek.	Ledava
Sveti Jurij	800	167	9,8	sek.	Ledava
OŠ Sveti Jurij	80	21	1,6	sek.	Rogašovski potok
Pertoča	500	28	6,2	sek.	Ledava
Kuzma	700	250	12,2	sek.	Lukaj
Motovilci	300	67	6,7	sek.	Lukaj
Kapfenstein	2000	1499	NP	terc.	Limbach
Neuhaus am Klausenbach	1300	879	93	terc.	Klausenbach

Prispevek privabljanja rib

- Povprečna vsebnosti P_{tot} v krmi za ribe (Kemijski inštitut, 2022)
- Prodane dovolilnice in omejitve hranjenja (Ribiška družina)

Vrsta ribje krme	P _{tot} v ribji hrani [g/kg]
Robin Red	3.8
Sweet Tiger	2.3
The Source	4.2
Mulberry Florentine	2.5
Pop-Ups&Dumbells	3
POVPREČJE	3.16



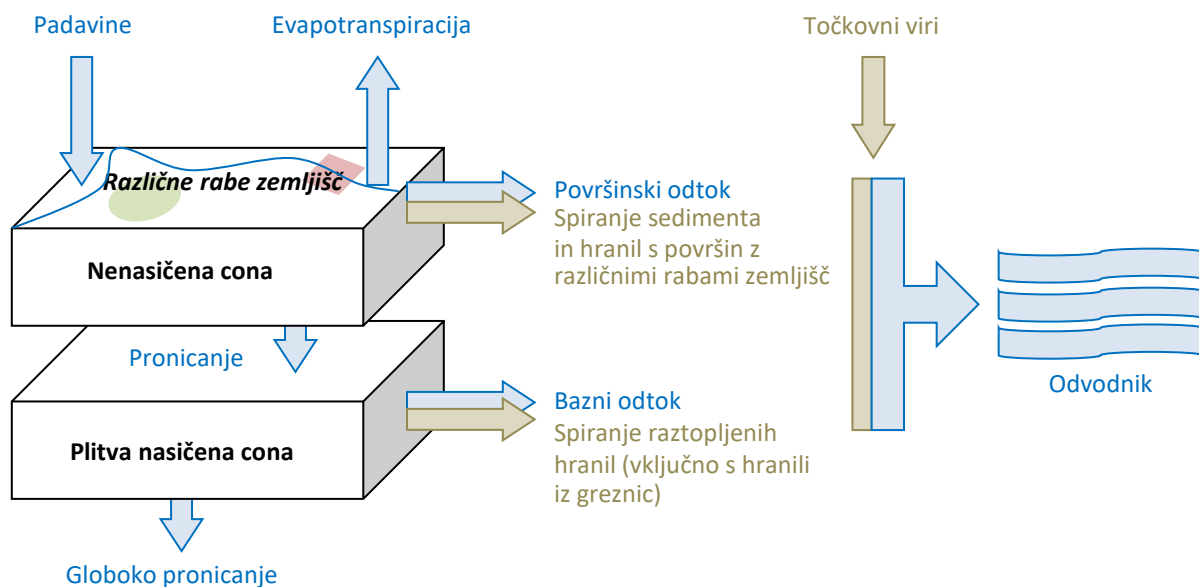
Dodatne meritve (UL FGG in NLZOH)



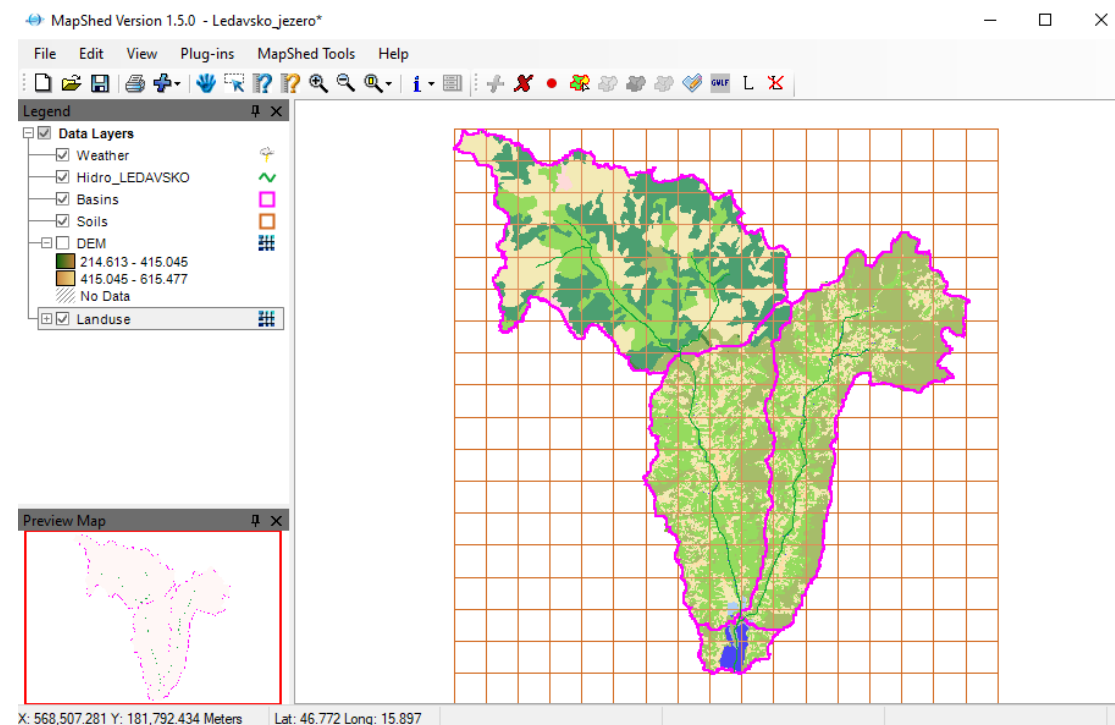
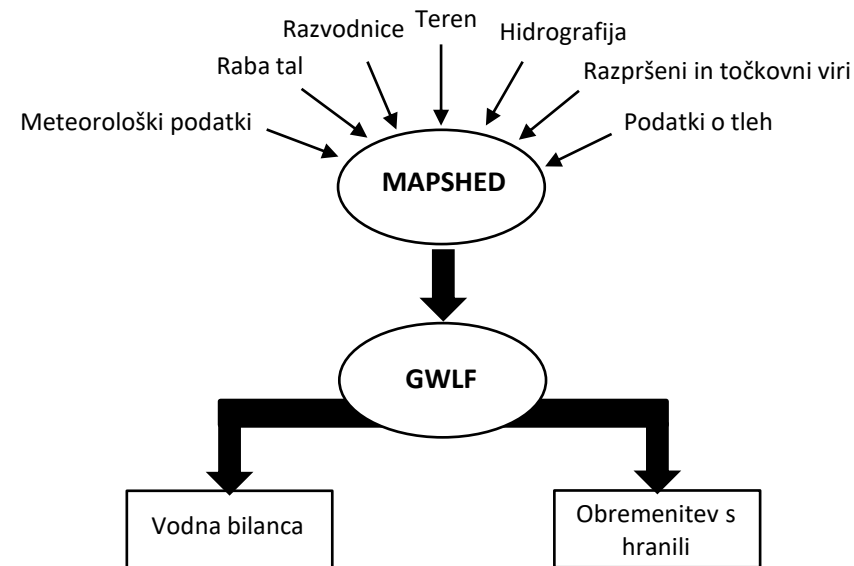
		Temperatura vode		Električna prevodnost (25 OC)	Kisik sonda	Nasičenost s kisikom - sonda	DOC	Amonij	Nitrati	Celotni fosfor - nefiltriran	Ortofosfati	Skupni dušik TN	Nitriti	Pretok	Obremenitev s TP	Obremenitev s TN
		°C		µS/cm	mg/L O2	% O2	mg/L C	mg/L NH4	mg/L NO3	mg/L PO4	mg/L PO4	mg/L N	mg/L NO2	L/s	kg/dan	kg/dan
Mesto odvzema	Datum odvzema															
Iztok iz Ledavskega jezer	5.08.2024	25	✓	322	7.5	93	6.8	0.07	<0.13	0.579	<0.031	1.6	0.01	73	1.19	10.09
Iztok iz Ledavskega jezer	16.09.2024	14.5	✓	339	8.4	85	6.3	0.36	6.6	0.595	0.031	2.9	0.12	1917	32.14	480.32
Iztok iz Ledavskega jezer	20.11.2024	6.1	✓	490	11.5	96	5.4	0.24	3.2	0.331	<0.031	1.5	0.069	142	1.32	18.40
Ledava	5.08.2024	21	✓	741	6.9	80	4.7	0.73	5.8	0.987	0.23	2.3	0.39	41	1.14	8.15
Ledava	16.09.2024	13.6	✓	460	8.3	79	5.8	0.098	15	0.65	0.17	4.1	0.1	615	11.26	217.86
Ledava	20.11.2024	6.5	✓	689	10.6	89	7.8	0.37	7.1	0.346	0.08	2.4	0.069	104	1.01	21.57
Lukaj	5.08.2024	20.1	✓	455	7.9	88	5.4	0.15	7.1	0.518	0.058	1.8	0.12	12	0.18	1.87
Lukaj	16.09.2024	13.6	✓	287	9.5	94	7.3	0.11	10	0.613	0.13	3	0.13	515	8.90	133.49

Model obremenitev

- GIS orodje MapShed (Evans in Corradini, 2016)
- Model GWLF (Haith in sod., 1992)



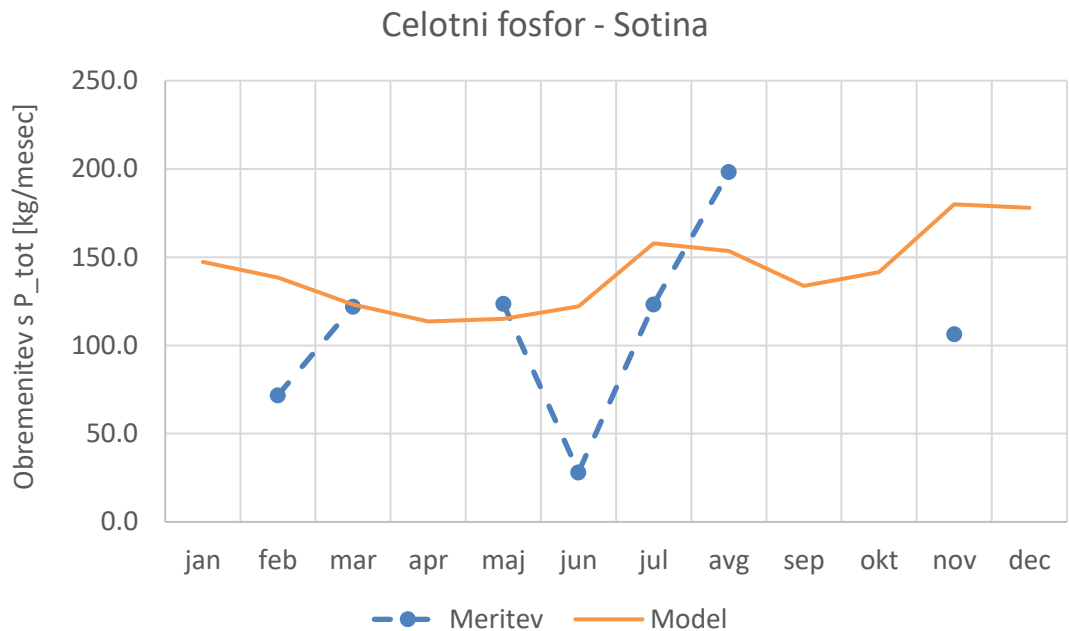
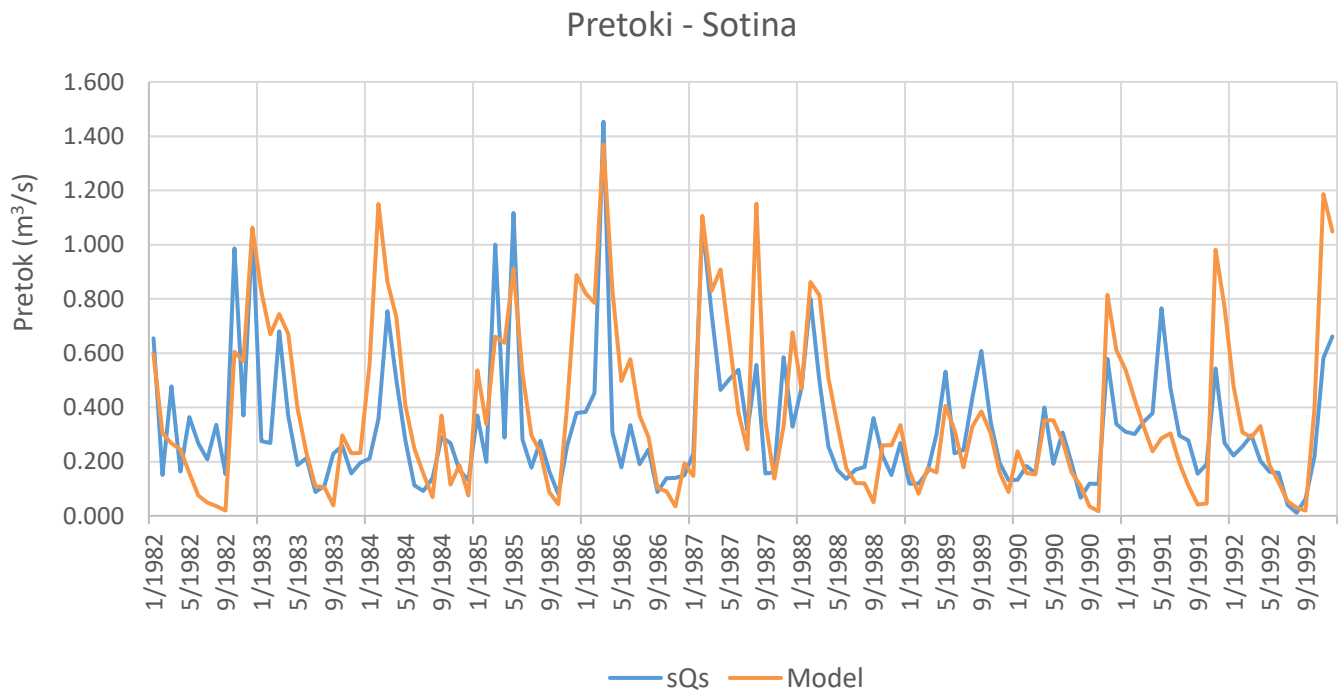
Prikaz procesov, ki jih lahko modeliramo z orodjem MapShed (rjave puščice predstavljajo procese spiranja hranil, modre pa hidrološke procese)



Konceptualizacija prispevnega območja Ledavskega jezera v orodju MapShed

Model obremenitev - umerjanje

Zaradi pomanjkanja podatkov
je bilo umerjanje modela
oteženo.



Poenostavljena analiza obremenitev na osnovi rabe tal

- Predpostavke:
 - Upoštevane srednje vrednosti obremenitev s P

Izpiranje hranil iz različnih rab tal
(Dillon in Kirchner (1975), Vollenweider (1968) in Loehr (1974))

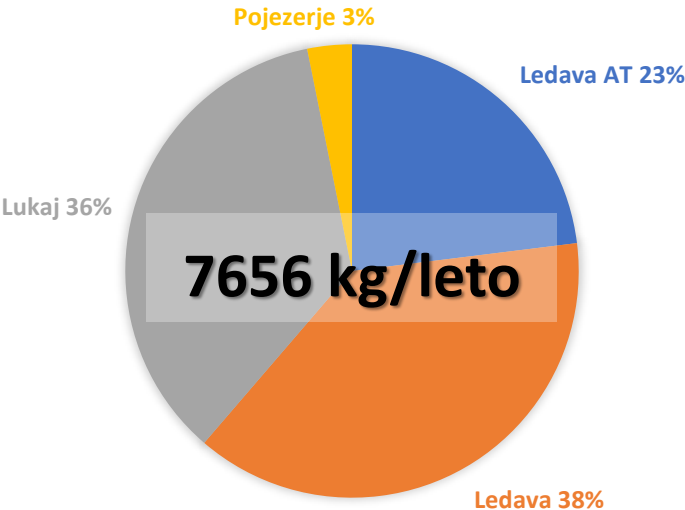
	TP	TN
	mg/(m ² ·leto)	mg/(m ² ·leto)
gozdovi	7 - 18	150 - 500
gozdovi + pašniki	11 - 37	300 - 800
pašniki	15 - 75	100 - 850
polja in njive	22 - 100	500 - 1200

- Upoštevani prispevki greznic
- Upoštevani prispevki ČN

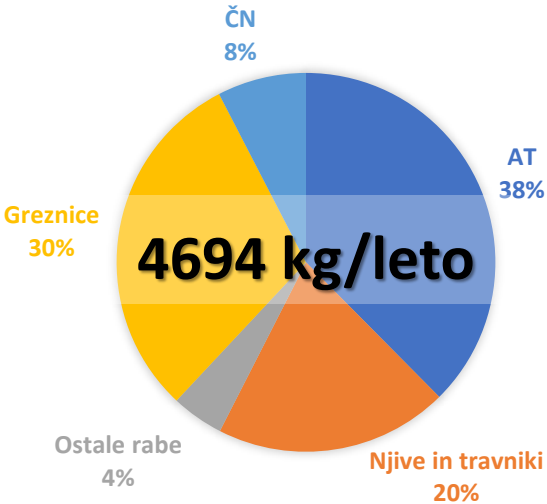
	VIR_P	SKUPNI P [kg/leto]	
LEDAVA	LEDAVA_AT	1,763.8	4,693.6
	NJIVE	719.3	
	TRAVNIKI	216.3	
	OSTALE RABE	209.4	
	GREZNICE	1,428.6	
	ČN	356.3	
LUKAJ	NJIVE	526.8	2,719.6
	TRAVNIKI	249.2	
	OSTALE RABE	300.4	
	GREZNICE	1,481.2	
	ČN	162.0	
POJEZERJE	RABE	73.4	243.1
	GREZNICE in ČN	149.7	
	RIBOLOV	20.0	

Poenostavljena analiza obremenitev na osnovi rabe tal

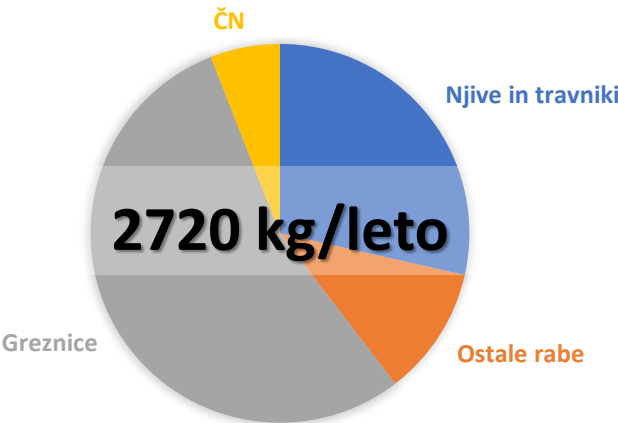
PRISPEVKI POREČIJ



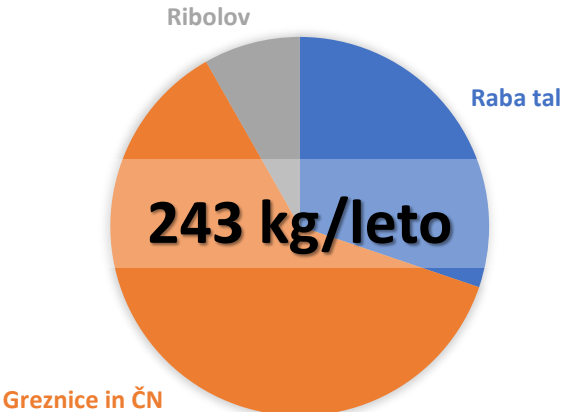
LEDAVA



LUKAJ



POJEZERJE



Ocena pretoka skozi jezero in zadrževalnega časa

- Pretok smo ocenili s pomočjo sQs za VP Polana I (ARSO, obdobje 1962-2023): $1,17 \text{ m}^3/\text{s}$
- Za oceno pretoka skozi jezero smo uporabili razmerje površin:
 - Površina do VP Polana I: $209,37 \text{ km}^2$
 - Površina do iztoka iz jezera: $109,59 \text{ km}^2$
 - Razmerje: 0,52
 - Pretok skozi jezero: **$0,61 \text{ m}^3/\text{s}$**
- Zadrževalni čas:
 - Volumen jezera: $5.700.000 \text{ m}^3$
 - Zadrževalni čas: **0,3 leta**

$$T_w = \frac{V}{Q}$$

Model stanja jezera - Vollenweider

Trofično stanje jezera	Skupni fosfor (µg P/L)	Skupni dušik (µg N/L)	Prosojnost (m)		Klorofil-a (µg/L)	
	avg	avg	avg	min	avg	max
ultra-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1,5	2,5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	3 - 1,5	1.5 - 0.7	8 - 25	25 - 75
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75

MERITVE P v jezeru

DATUM	P_TOT µg P/L	P_TOT mg/l
04.05.2020	434	0,434
30.06.2020	1580	1,58
02.09.2020	1130	1,13
10.11.2020	384	0,384
13.04.2022	283	0,283
08.06.2022	670	0,67
18.08.2022	1150	1,15
03.11.2022	345	0,345

$$V = 5.700.000 \text{ m}^3$$

$$A = 2.180.000 \text{ m}^2$$

$$z = 3 \text{ m}$$

L_dejanski > 7.000 kg/leto!

Vollenweiderjev model:

$$L = [P] \cdot \frac{z}{T_w} (1 + \sqrt{T_w}) \left[\frac{mg P_{tot}}{m^2 \cdot leto} \right]$$

L vnos fosforja v akumulacijo [mgP/m² leto]

T_w pretočni čas jezera [leto]

z srednja globina jezera [m]

q_s hidravlična površinska obremenitev akumulacije

q	T _w	q _s	q _s	P v jezeru	L_max	L_max, dovoljeni
m ³ /s	leta	m/year	m/day	mg/m ³	mg/m ² *leto	kg/leto
0,61	0,3	10,1	0,028	10,0	156,4	340,9
0,61	0,3	10,1	0,028	15,0	234,5	511,3
0,61	0,3	10,1	0,028	35,0	547,3	1.193,0
0,61	0,3	10,1	0,028	50,0	781,8	1.704,3
0,61	0,3	10,1	0,028	70,0	1.094,5	2.386,1

Zaključki

- V okviru projekta smo analizirali obstoječe podatke za modeliranje kakovosti Ledavskega jezera.
- Opravili smo tudi dodatne meritve pretokov in kakovosti pritokov.
- Glede na razpoložljive podatke smo postavili model za:
 - določanje količin fosforja, ki pride iz različnih dejavnosti in rab tal,
 - oceno odziva jezera, s katerim računamo dopustno obremenitev za dosego določenega trofičnega stanja.
- Rezultati modela so skladni z opazovanji in meritvami.

Vprašanja za delavnico (1)

- Viri in količine obremenitve jezera
 - Ali se vam zdijo prikazani rezultati logični/pričakovani?
 - Smo izpustili kakšen pomemben vir obremenitev?
 - Kateri vir obremenitev bi lahko najlažje naslovili (omejili/odstranili)? Kakšne ovire vidite pri tem?

	VIR_P	SKUPNI P [kg/leto]	
LEDAVA	LEDAVA_AT	1,763.8	4,693.6
	NJIVE	719.3	
	TRAVNIKI	216.3	
	OSTALE RABE	209.4	
	GREZNICE	1,428.6	
	ČN	356.3	
LUKAJ	NJIVE	526.8	2,719.6
	TRAVNIKI	249.2	
	OSTALE RABE	300.4	
	GREZNICE	1,481.2	
	ČN	162.0	
POJEZERJE	RABE	73.4	243.1
	GREZNICE in ČN	149.7	
	RIBOLOV	20.0	

Vprašanja za delavnico (2)

- Nam model lahko pomaga pri upravljanju in ali imamo dovolj podatkov za dobro upravljanje z jezerom?
- Izpostavljeni problemi:
 - Z vidika modeliranja obremenitev bi potrebovali sočasne meritve pretokov in kakovosti pritokov/iztokov iz jezera.
 - Meritve kakovosti vode v jezeru: vsaj 1x mesečno za 1 leto
- Ali menite, da je širitev oz. obnovitev obstoječih merilnih postaj izvedljiva? Kje zagotoviti sredstva za dodatna merilna mesta in izvajanje meritev?

Vprašanja za delavnico (3)

- Ukrepi za zmanjšanje obremenitev
- Možni ukrepi:
 - Ureditev kanalizacije, ukinitv greznic, 3. stopnja čiščenja
 - Ukrepi za omilitev vpliva iz kmetijstva
 - Gradnja mokrišč
 - ...
- Imate kakšen konkreten predlog ukrepa?