



# Jezero Butoniga: koncept modela upravljanja

**Davor Stipanić, Luka Zaharija, Vanja Rački i Vanja Travaš**

Davor Stipanić, mag. ing. aedif., Hidromodeling d.o.o., Rijeka

Luka Zharija, mag. ing. aedif., Hidromodeling d.o.o., Rijeka

Vanja Rački, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, Rijeka

Izv. prof. dr. sc. Vanja Travaš, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet u Rijeci

# Sadržaj

- Problem ranojesenskog ispuštanja
- Zahtjevi za numerički model
- Rezultat tipične numeričke analize
- Kako iskoristiti kalibrirani model ?
- Optimizacija ispuštanja vode
- Prognoza trenutka miješanja vode
- Koncept modela upravljanja
- Zaključak



# Problem ranojesenskog ispuštanja

- ❑ Formiranje termokline u proljeće i ljeto
- ❑ Pridneni sloj vode siromašan je kisikom i bogat česticama željeza, mangana, fosfata itd. što ugrožava kvalitetu preostale vode
- ❑ Prije miješanja slojeva vode u ranu jesen provodi se ranojesensko ispuštanje vode (*iskustveno, do miješanja dolazi kada je razlika u temperaturi vode u gornjem i donjem sloju manja od 4 °C*)
- ❑ Cilj je ispustiti čim više vode iz pridnenog sloja
- ❑ Ispuštanje traje dok se razina vode u akumulaciji ne spusti za 1 m
- ❑ Kako su prikupljanje višegodišnjih mjerenja i njihova obrada dugotrajni, pristupa se izradi numeričkog modela
- ❑ **Kada, koliko, kojom dinamikom ispustiti vodu ?**



# Zahtjevi za numerički model

- Vjerodostojna geometrija modela
- Fizikalno utemeljeni rubni i početni uvjeti
  - *Utjecaj atmosferskih uvjeta (oborine + temperatura + vjetar)*
  - *Inicijalno stanje jezera (dubina vode)*
- Nestacionarno trodimenzionalno strujanje
- Prikladni model turbulencije
- Energetska jednažba (polje temperature)
- Pronos pasivnog skalarnog polja (npr. mangan)
- Kalibracija konstanti
- Validacija numeričkog modela



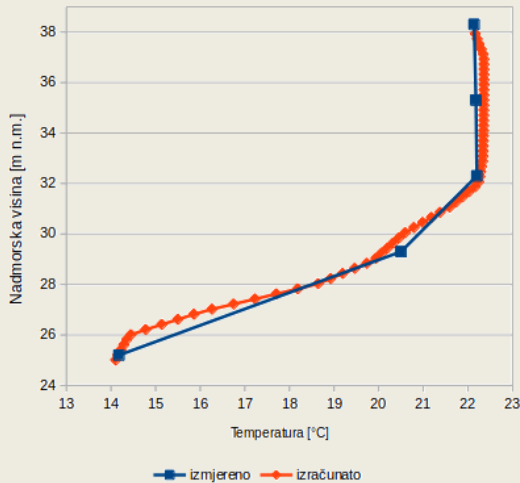
# Rezultat tipične numeričke analize



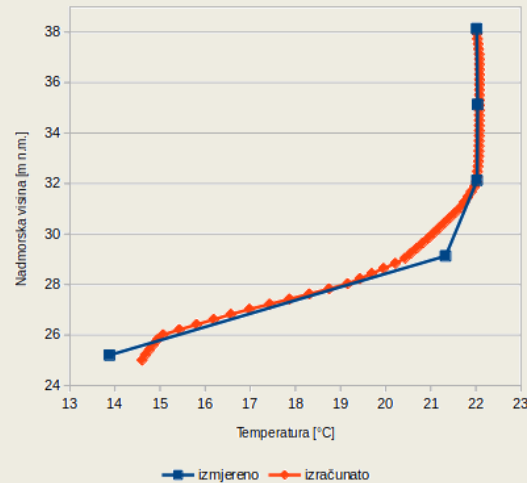


# Rezultat tipične numeričke analize

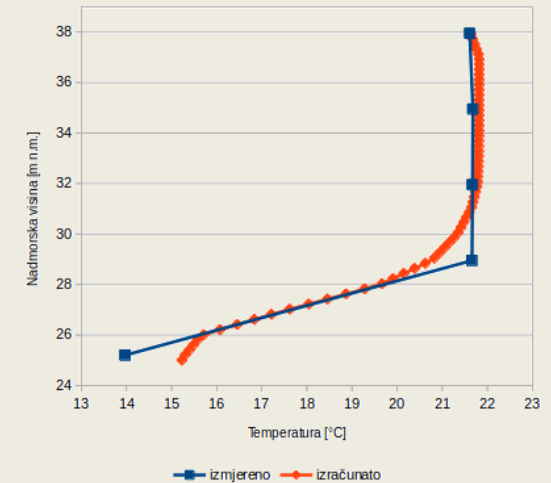
Temperatura - 1.dan



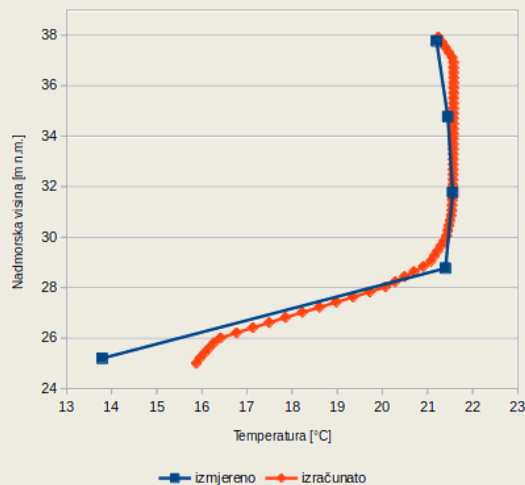
Temperatura - 2.dan



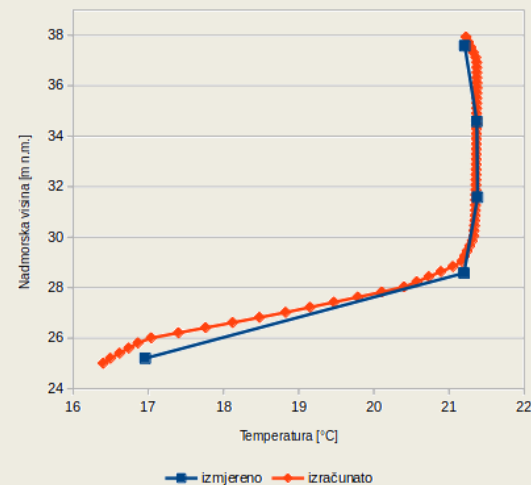
Temperatura - 3.dan



Temperatura - 4.dan



Temperatura - 5.dan



# Kako iskoristiti kalibrirani model ?

1. Prognozirati vrijeme u kojem dolazi do miješanja slojeva vode

*Potrebno je utvrditi realne utjecaje na miješanje vode (Iskustveno je utvrđeno da do miješanja dolazi kada je razlika u temperaturi vode u gornjem i donjem sloju manja od 4 °C)*

2. Optimizirati ispuštanje vode iz pridnenog sloja jezera



# Optimizacija ispuštanja vode

Hrvatske vode, Vol. 26 No. 106, 2018.

## Pristup modeliranju prirodne konvekcije u akumulacijskim jezerima: primjer akumulacije Butoniga

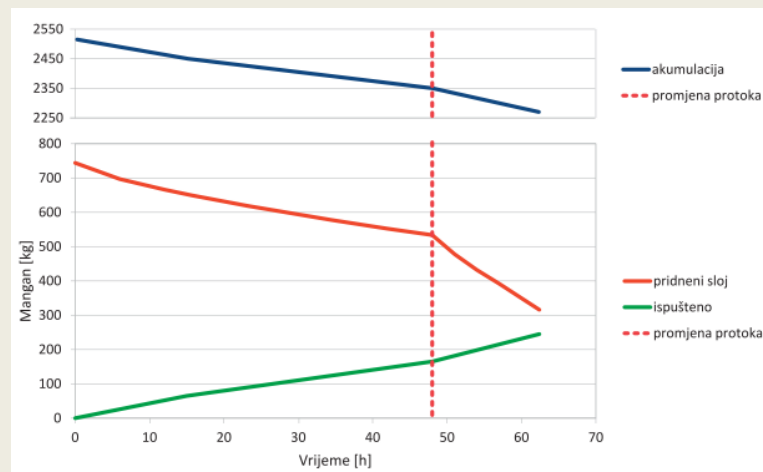
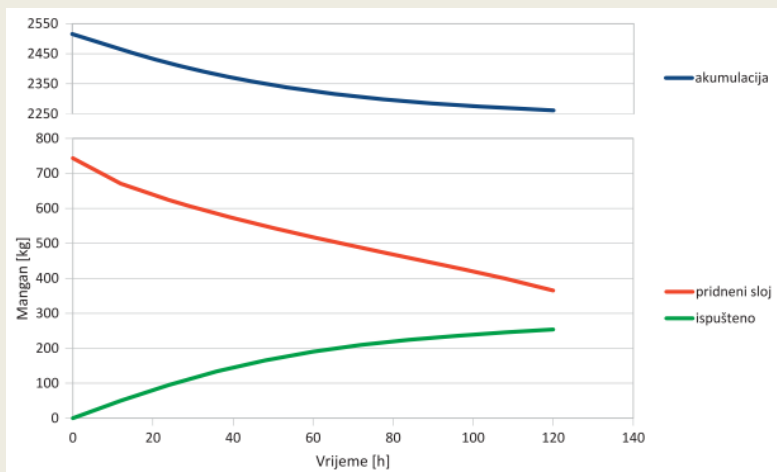
Luka Zaharija ; Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska

Davor Stipanić ; Hidromodeling, d.o.o., Rijeka, Hrvatska

Vanja Rački ; Hrvatske vode, VGO za slivove sjevernog Jadrana, Rijeka, Hrvatska

Maja Oštrić ; Hrvatske vode, VGO za slivove sjevernog Jadrana, Rijeka, Hrvatska

Vanja Travaš ; Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska





# Prognoza trenutka miješanja vode

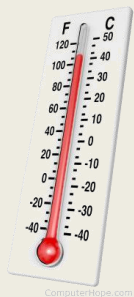
Prema mjerenju na samom jezeru na postaji B1, 26.9.2016. nije više bilo **termokline** što znači da je započelo miješanje slojeva.

		Uzorci	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mgN/l)	Al (mg/l)	Ukupni fosfati	mutnoća (NTU)	pH	t (°C)
38,45 mnm	prije ispuštanja (21.09.2016.)	TI - pov.	0,084	0,122	0,159	0,023	0,009	2,33	7,98	22,33
		TI - 7m	0,093	0,146	0,175	0,029	0,01	3,27	7,97	22,59
		TI - 13,5 m	2,136	3,592	3,504	0,233	0,047	24,6	7,33	13,7
38,3 mnm	22.09.2016.	TI - pov.	0,069	0,11	0,184	<0,005	0,006	2,14	8,00	22,02
		TI - 7m	0,066	0,089	0,213	<0,005	0,015	2,22	8,01	22,01
		TI - 13,5 m	1,848	1,867	3,226	<0,005	0,03	11,23	7,43	15,52
38,13 mnm	23.09.2016.	TI - pov.	0,057	0,093	0,356	<0,005	0,011	1,9	7,99	22,09
		TI - 7m	0,084	0,117	0,409	<0,005	0,009	3,11	7,98	22,02
		TI- 13m	1,791	1,7	2,603	<0,005	0,022	13,2	7,42	15,52
37,95 mnm	24.09.2016.	TI - pov.	0,084	0,088	0,19	<0,005	0,007	2,07	8,04	21,51
		TI - 6m	0,081	0,114	0,207	<0,005	0,008	2,8	8,07	21,57
		TI- 12m	1,233	0,588	1,381	0,018	0,027	8,39	7,45	16,88
37,77 mnm	25.09.2016.	TI - pov.	0,069	0,081	0,158	<0,005	0,007	2,01	8,05	21,57
		TI - 6m	0,084	0,103	0,171	<0,005	0,008	2,38	8,06	21,58
		TI- 12m	1,125	0,352	1,281	<0,005	0,024	7,93	7,48	17,77
37,58 mnm	26.09.2016.	TI - pov.	0,156	0,127	0,192	-	0,007	2,3	8,07	21,42
		TI - 6m	0,132	0,275	0,216	-	0,01	2,6	8,12	21,37
		TI- 12m	0,795	0,528	0,515	-	0,062	12,9	7,47	19,29
37,42 mnm	nakon ispuštanja (30.09.2016.)	TI - pov.	0,186	0,277	0,184	-	0,01	3,71	8,07	20,8
		TI - 6m	0,189	0,231	0,216	-	0,011	4,6	8,13	20,78
		TI- 12m	2,625	4,136	5,63	-	0,056	37,6	7,39	14,66



# Prognoza trenutka miješanja vode

pad temperature



dubina vode



vjetar



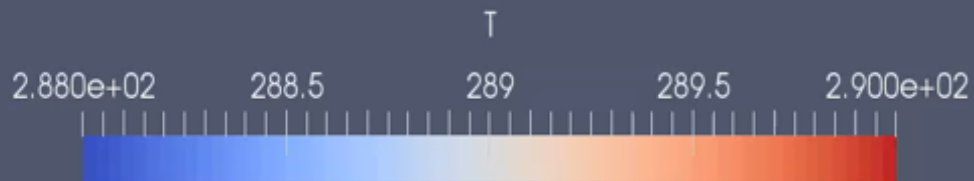
oborine



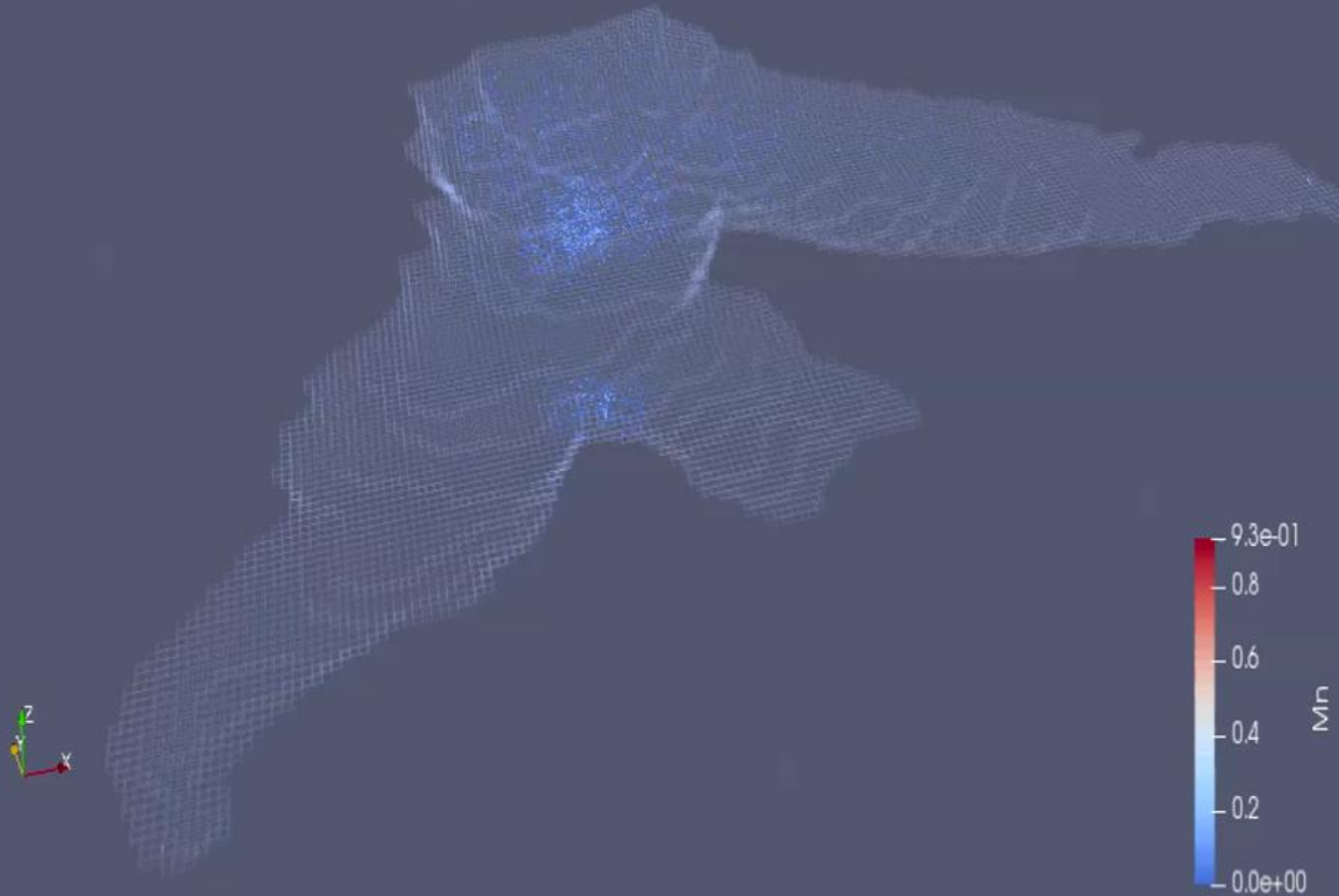
Glavni faktori koji utječu na miješanje vode



# Utjecaj vjetra (20 m/s)

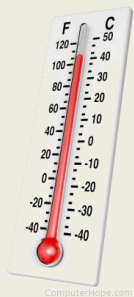


# Utjecaj oborina



# Prognoza trenutka miješanja vode

pad temperature



dubina vode



vjetar



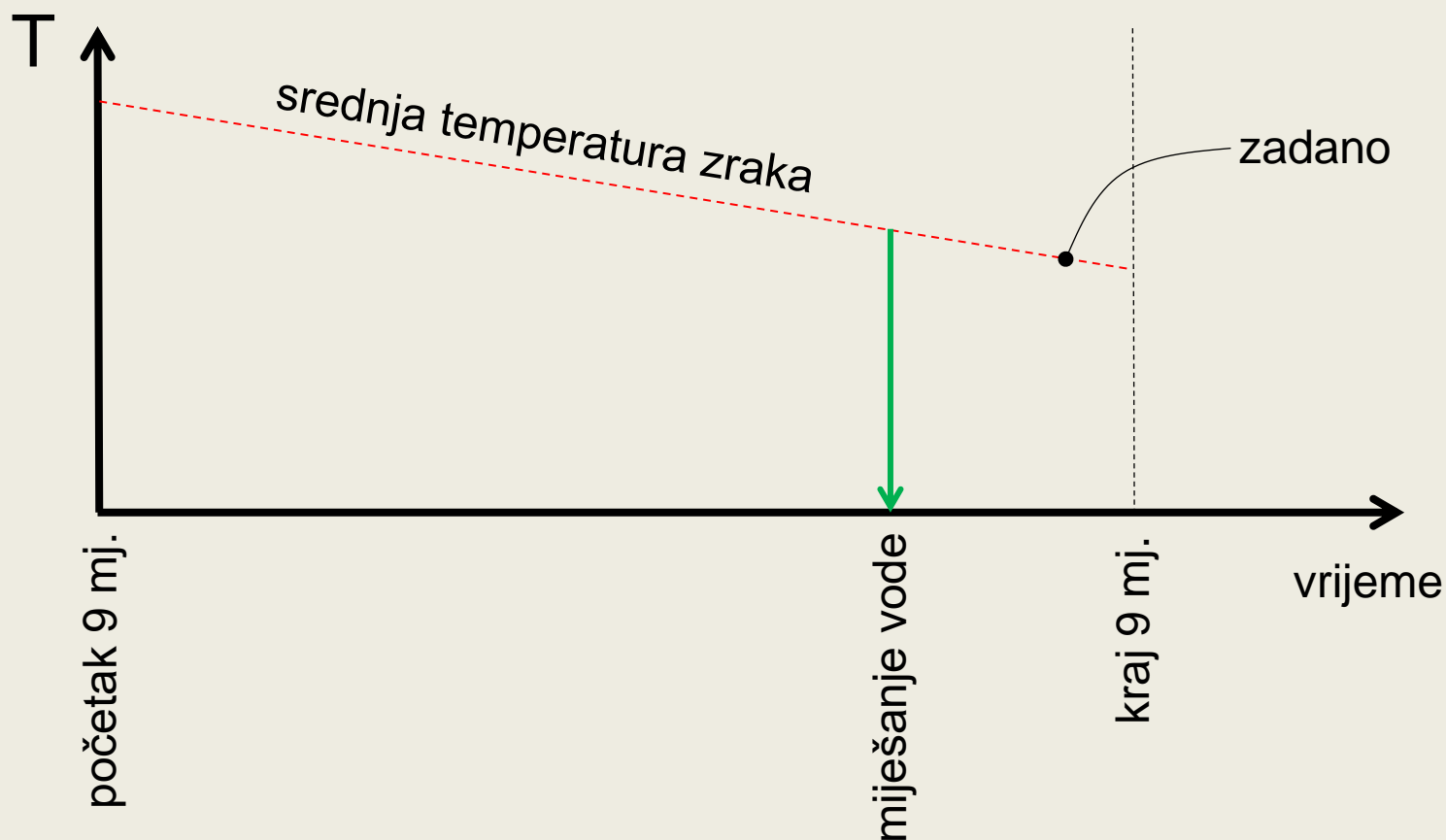
oborine



glavni faktori koji utječu na miješanje vode

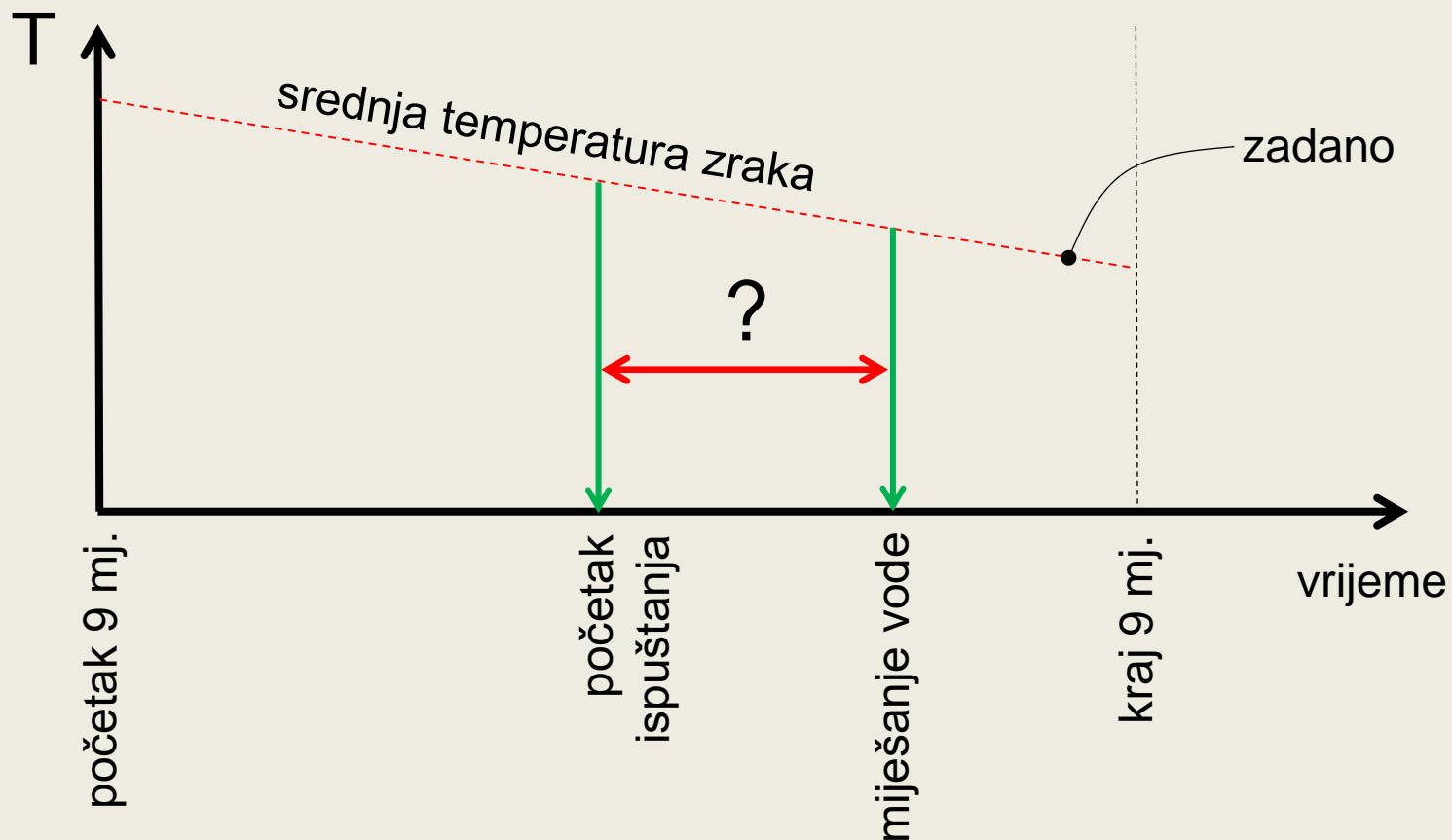
# Prognoza trenutka miješanja vode

- zadana dubina vode
- zadani pad temperature zraka





# Koncept modela upravljanja



# Koncept modela upravljanja

predictor, 'x-variable',  
independent variable,  
explanatory variable

coefficient

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon$$

linear predictor

response, dependent variable,  
observation, 'y-variable'

random error,  
"noise"



# Koncept modela upravljanja

- dubina vode A

- pad temperature zraka A

## varijanta 1

- oborine A.1
- vjetar A.1

## varijanta 2

- oborine A.2
- vjetar A.1

## varijanta 3

- oborine A.2
- vjetar A.2

## varijanta 4

- oborine A.1
- vjetar A.2

- pad temperature zraka B

## varijanta 5

- oborine B.1
- vjetar B.1

## varijanta 6

- oborine B.2
- vjetar B.1

## varijanta 7

- oborine B.2
- vjetar B.2

## varijanta 8

- oborine B.1
- vjetar B.2



# Koncept modela upravljanja

- dubina vode



- pad temperature zraka



- oborine



- vjetar (smjer, intenzitet i trajanje)



**81 varijanta !**



# Zaključak

- ❑ Kalibrirani numerički model osigurava samo preduvjete za izradu modela upravljanja akumulacijom
- ❑ Za izradu modela upravljanja, koji će se bazirati na predikciji trenutka miješanja, je potrebna sistematizacija numeričkih simulacija
- ❑ Sistematizacija numeričkih simulacija se odnosi na izbor raspona glavnih parametra koji iniciraju miješanje vode u akumulaciji te ispitivanje njihovih doprinosa u samom procesu
- ❑ Obzirom na broj mogućih slučajeva atmosferskih i hidroloških uvjeta, unaprijed se može zaključiti da će model upravljanja morati biti podložan korekcijama i adaptacijama koje će kroz niz narednih godina osigurati robusnu bazu u procesu odlučivanja ranojesenskog ispuštanja



# Hvala Vam na pažnji

