



Nacionalni inštitut
za **javno zdravje**

Vpliv naravnega prezračevanja na kakovost zraka v učilnicah

asist. dr. An Galičič

an.galicic@nijz.si

Brdo pri Kranju, 23. november 2025

Kakovost zraka v šoli kot zdravstveni problem

8 ur/dan

čas preživet v šoli

do 8. leta starosti

intenziven razvoj in rast pljuč

do 20. leta starosti

nadaljnja rast pljuč

3,7 milijona/leto

smrti zaradi slabe kakovosti notranjega zraka

možganska kap in
ishemična bolezen srca

najpogostejša vzroka smrti, pripisljiva slabi
kakovosti notranjega zraka

**Razvoj modela za napovedovanje izpostavljenosti onesnažilom v
notranjem zraku v šolah in priprava z dokazi podprtih ukrepov za
načrtovanje učinkovitega naravnega prezračevanja učilnic
(V3-1904)**

Raziskava o prezračevalnih navadah, 2020

2019/2020

vseh 454

78,2 %

3. razred

učiteljica in hišnik

šolsko leto

vključene osnovne šole

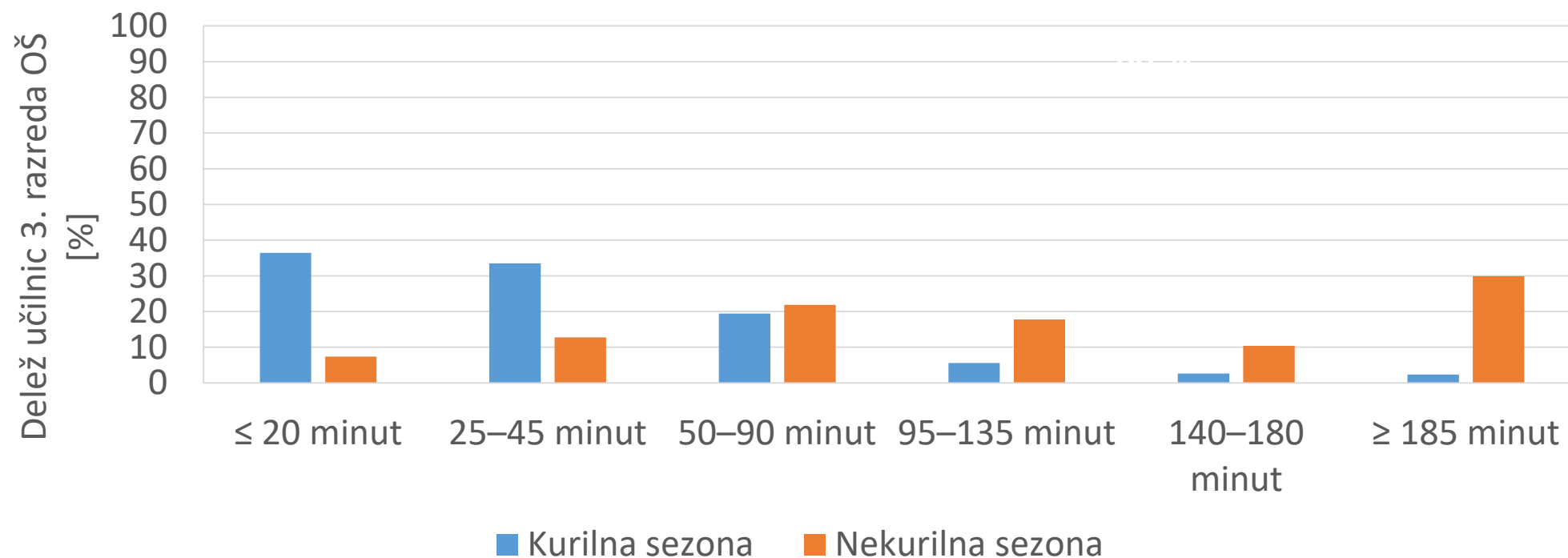
odzivnost osnovnih šol

opazovana enota

izpolnjevalec anketnega vprašalnika

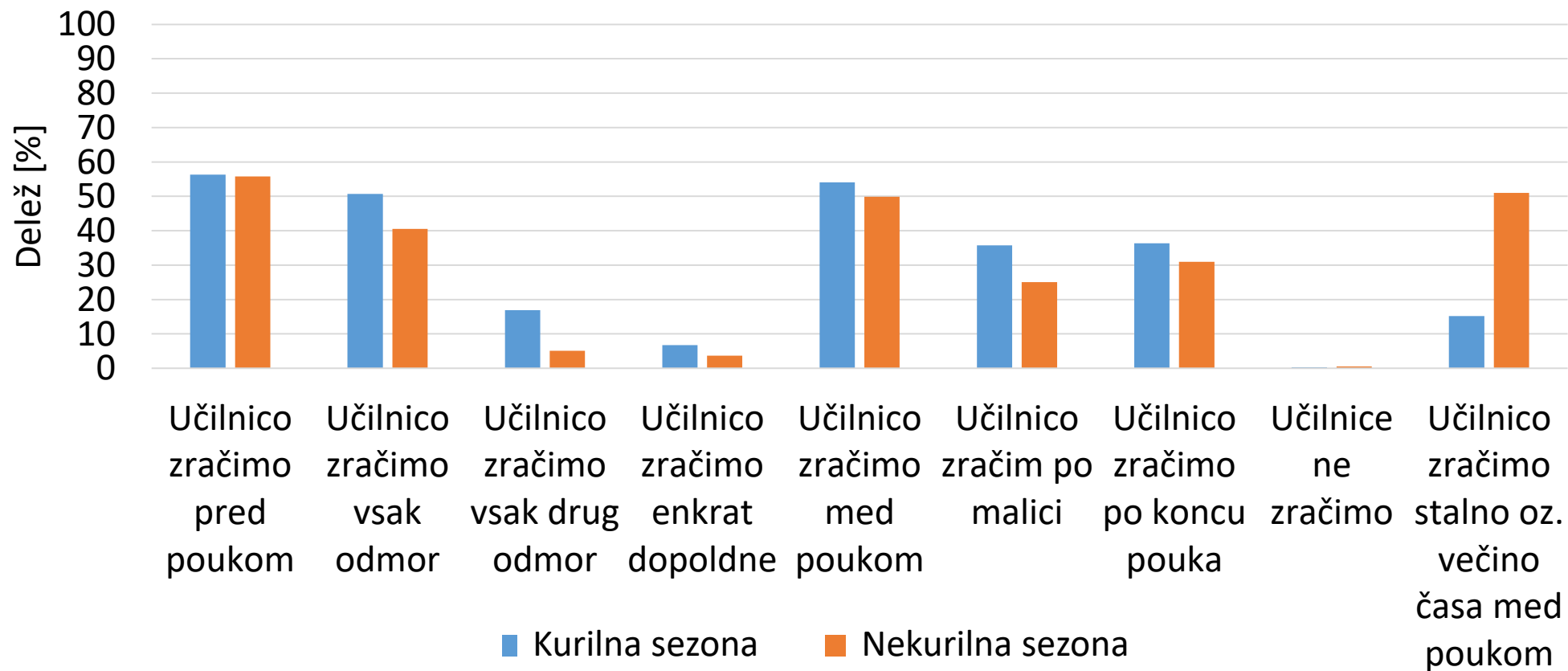
Raziskava o prezračevalnih navadah, 2020

Povprečni skupni čas prezračevanja učilnice na dan.



Raziskava o prezračevalnih navadah, 2020

Način prezračevanja učilnice.



Raziskava o prezračevalnih navadah, 2020

Rezultati raziskave so dostopni v dveh prispevkih:

GALIČIČ, An, ROŽANEC, Jan, KUKEC, Andreja, CARLI, Tanja, MEDVED, Sašo, ERŽEN, Ivan. Identification of indoor air quality factors in Slovenian schools : national cross-sectional study. Processes. [Online ed.]. 2023, vol. 11, iss. 13, 16 str., ilustr. ISSN 2227-9717. <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/3/841>

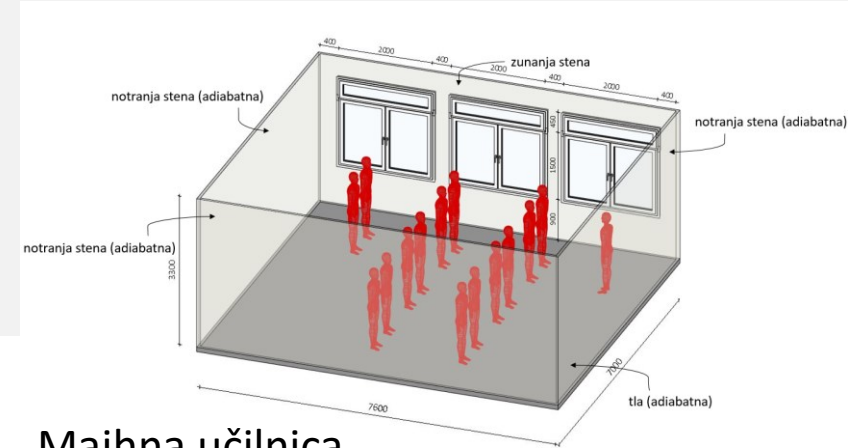
GALIČIČ, An, ROŽANEC, Jan, KUKEC, Andreja, MEDVED, Sašo, ERŽEN, Ivan. Assessment of perceived indoor air quality in the classrooms of Slovenian primary schools and its association with indoor air quality factors, for the design of public health interventions. Atmosphere. 2024, vol. 15, iss. 8, [art. no.] 995, str. 1-11, ilustr., tabele. ISSN 2073-4433. <https://www.mdpi.com/2073-4433/15/8/995#B13-atmosphere-15-00995>

Opis modela

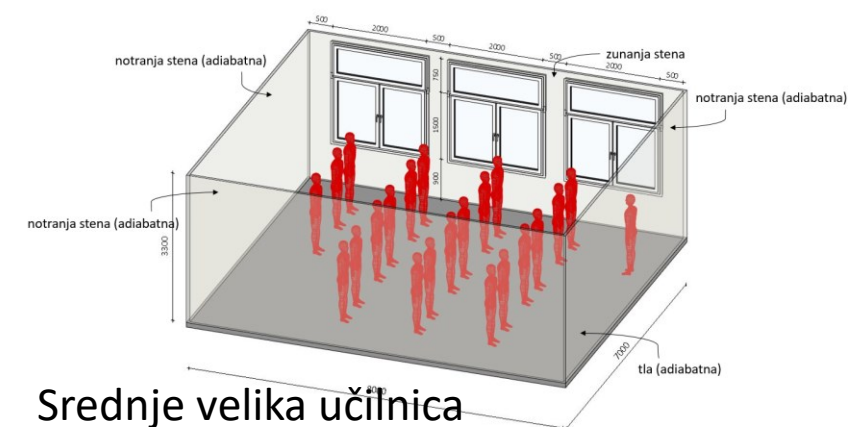
- **Vhodni podatki za pripravo modela**

- Tehnične lastnosti učilnice
- Zunanje okolje
- Notranje okolje
- Število oseb v učilnici in tvorba CO₂
- Naravno prezračevanje učilnice

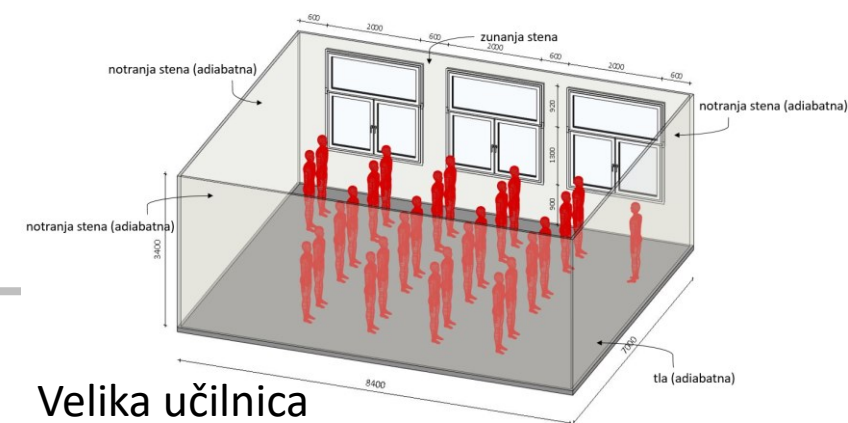
- **Uporabljeno orodje**



Majhna učilnica



Srednje velika učilnica



Velika učilnica

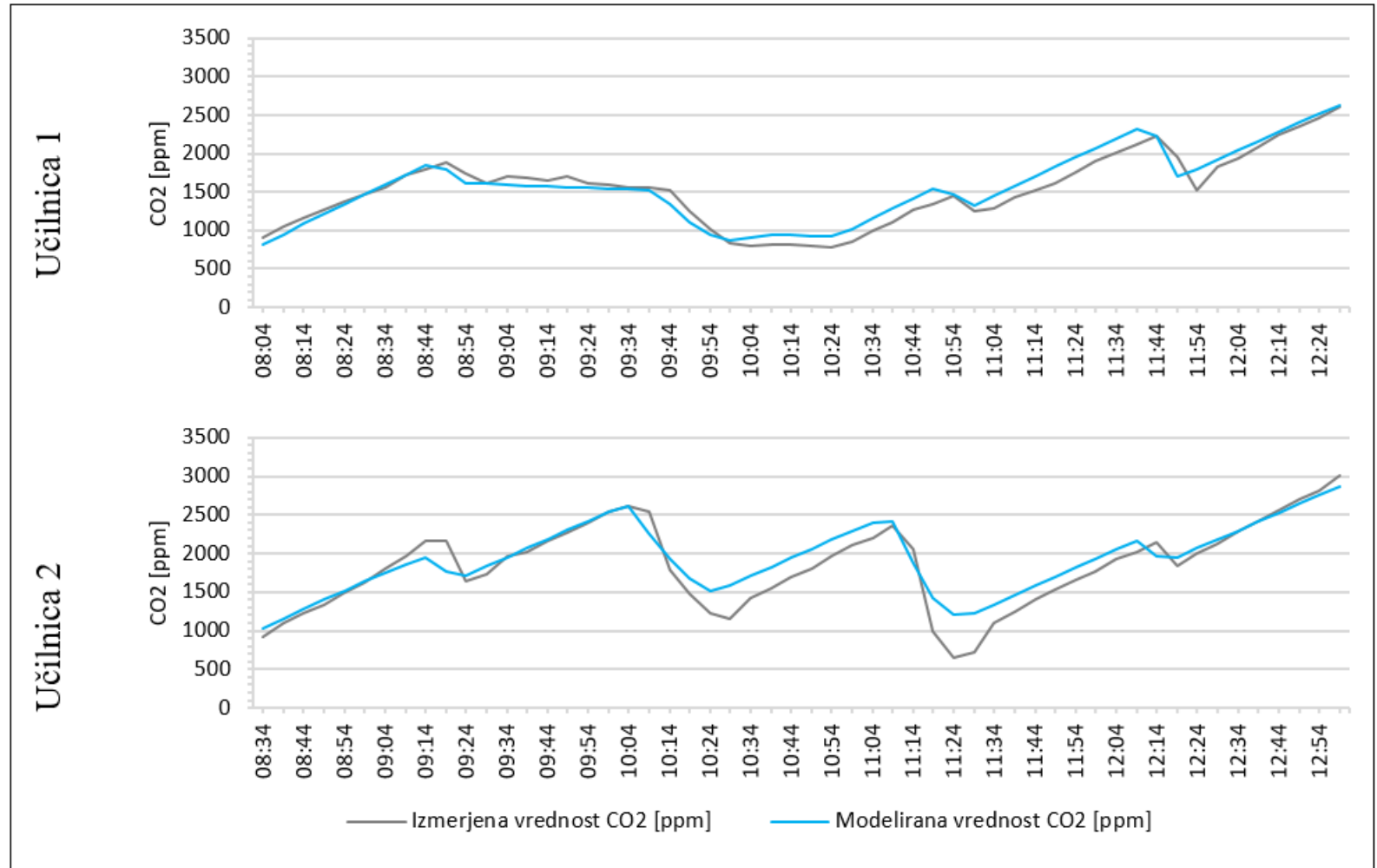
Opis modela

- **Validacija modela**
 - Meritev vrednosti CO₂ v učilnici

Pearsonov korelacijski koeficient med izmerjenimi in modeliranimi vrednostmi CO₂ za učilnico 1 in 2.

	Pearsonov korelacijski koeficient		p-vrednost
Učilnica 1	0,966	zelo močna korelacija	≤0,001
Učilnica 2	0,954	zelo močna korelacija	≤0,001

Primerjava med izmerjenimi in modeliranimi vrednostmi CO₂.



Opis modela

- Analiza uporabnosti pripravljenega modela za napovedovanje spreminjanja kemijskih in fizikalnih onesnažil v učilnici

Onesnažilo	Učilnica 1			Učilnica 2		
	Pearsonov korelacijski koeficient		p-vrednost	Pearsonov korelacijski koeficient		p-vrednost
PM ₁	0,531	zmerna korelacija	<0,001	0,226	šibka korelacija	0,104
PM _{2,5}	0,625	zmerna korelacija	<0,001	0,500	zmerna korelacija	<0,001
PM ₁₀	0,374	šibka korelacija	0,005	0,192	neznatna korelacija	0,167
VOC	0,559	zmerna korelacija	<0,001	0,320	šibka korelacija	0,019

Opis modela

- **Scenariji prezračevanja učilnic**
 - Naravno prezračevanje

Sezona	Scenarij	Način zračenja med poukom	Način zračenja med odmorom
Kurilna sezona (oktober-april)	A	brez	vsa okna na kip
	B	brez	polovica oken na stežaj
	C	brez	vsa okna na stežaj
	D	1. in 2. šolska ura brez zračenja, 3., 4. in 5. šolsko uro eno okno na kip	polovica oken na stežaj
Nekurilna sezona (maj-september)	E	1. in 2. šolska ura brez zračenja, 3., 4. in 5. šolsko uro polovica oken na kip	polovica oken na stežaj
	F	1 okno na stežaj	polovica oken na stežaj
	G	polovica oken na stežaj	polovica oken na stežaj
	H	polovica oken na stežaj	vsa okna na stežaj

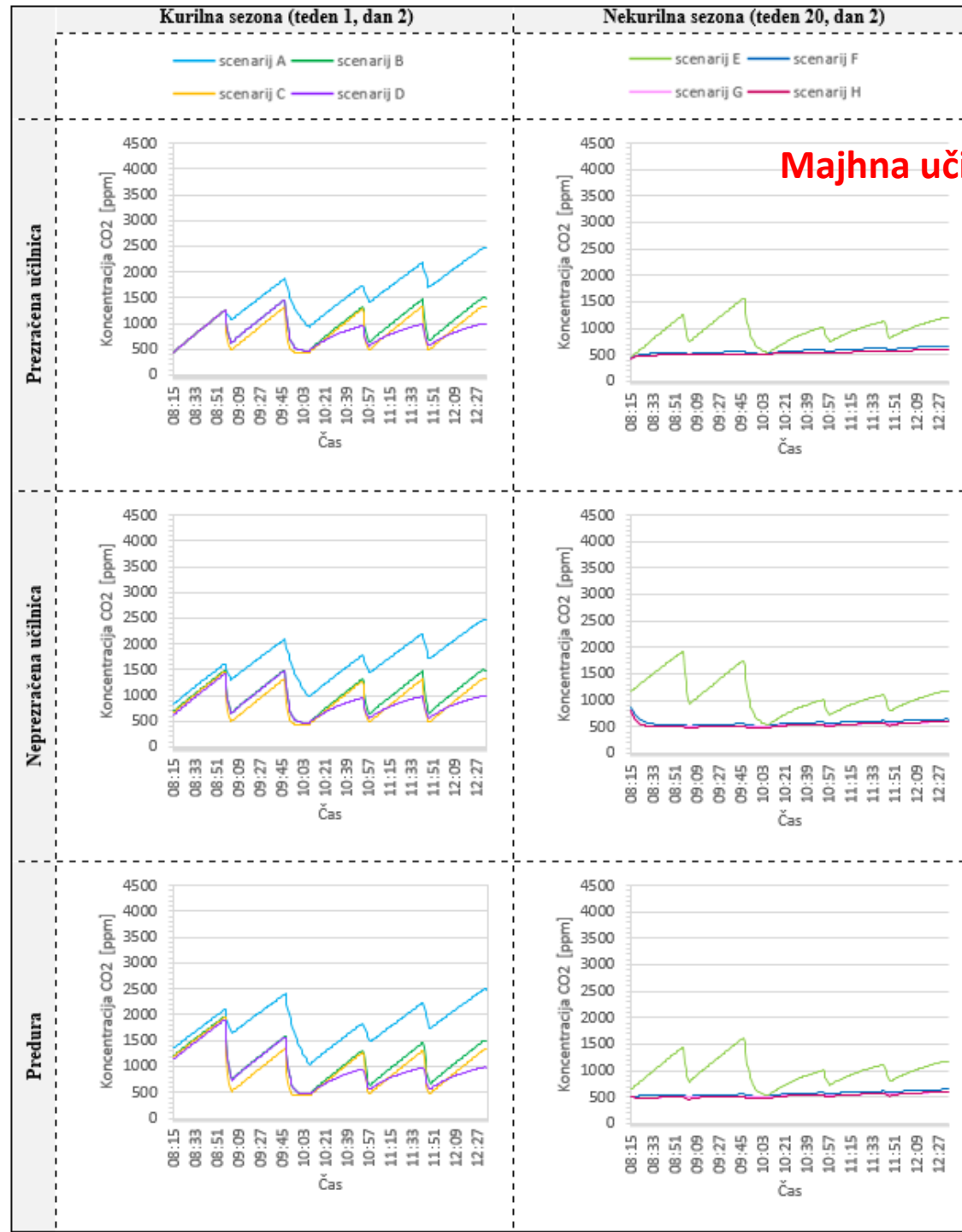
Opis modela

- **Ovrednotenje izpostavljenosti CO₂ po izbranih scenarijih prezračevanja učilnic**

Razred	Vrednost CO ₂	Vplivi na zdravje in počutje uporabnikov prostora (Wisconsin department of health services, 2018)	Razred kakovosti IDA za vrednosti CO ₂ v prostoru v Sloveniji (EN 13779:2007)*
1. razred	<1.000 ppm	/	IDA 1 (< 800 ppm)
			IDA 2 (800–1000 ppm)
2. razred	1.000 ppm–2.000 ppm	zaspanost, pritožbe zaradi slabe kakovosti zraka v prostoru	IDA 3 (1.000–1.400 ppm)
			IDA 4 (>1.400 ppm)
3. razred	2.000 ppm–5.000 ppm	glavobol, zaspanost in občutek zadušljivega zraka, lahko tudi zmanjšana zbranost, izguba pozornosti, povečan srčni utrip in rahla slabost	/
4. razred	>5.000 ppm	možen pojav toksičnega učinka	/

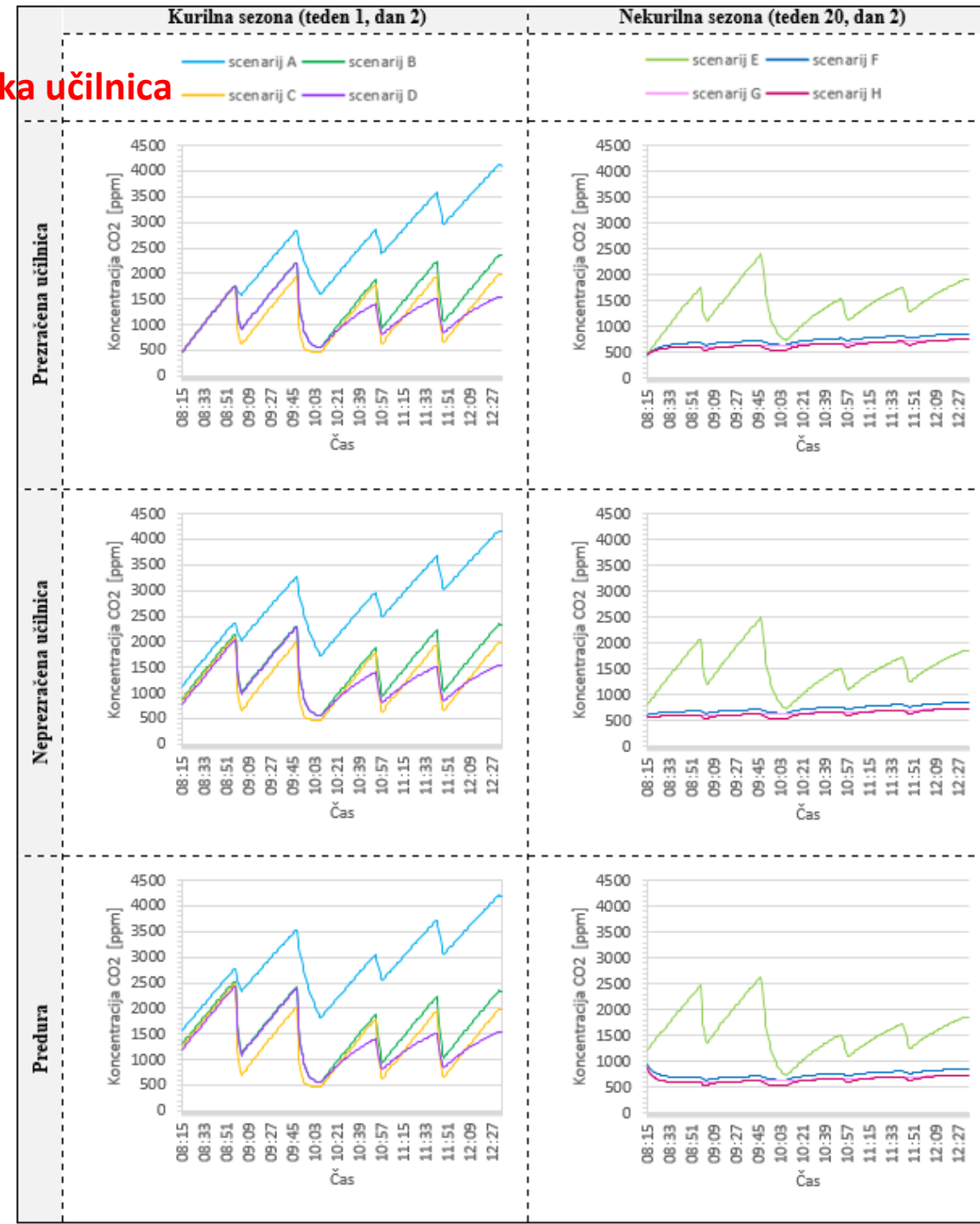
Rezultati

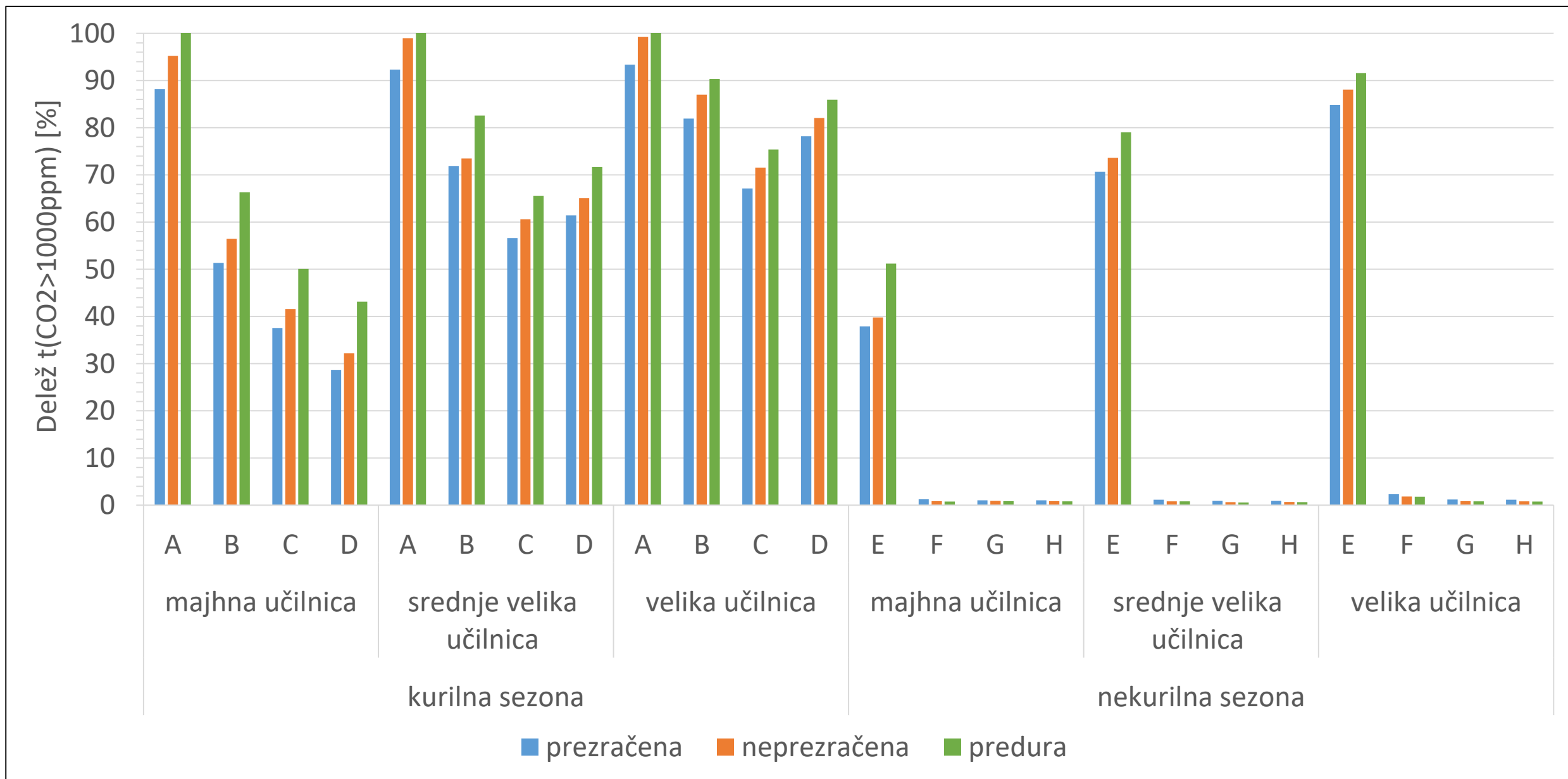
- Analiza spreminjanja vrednosti CO₂ po izbranih scenarijih prezračevanja učilnic – **naravno prezračevanje**



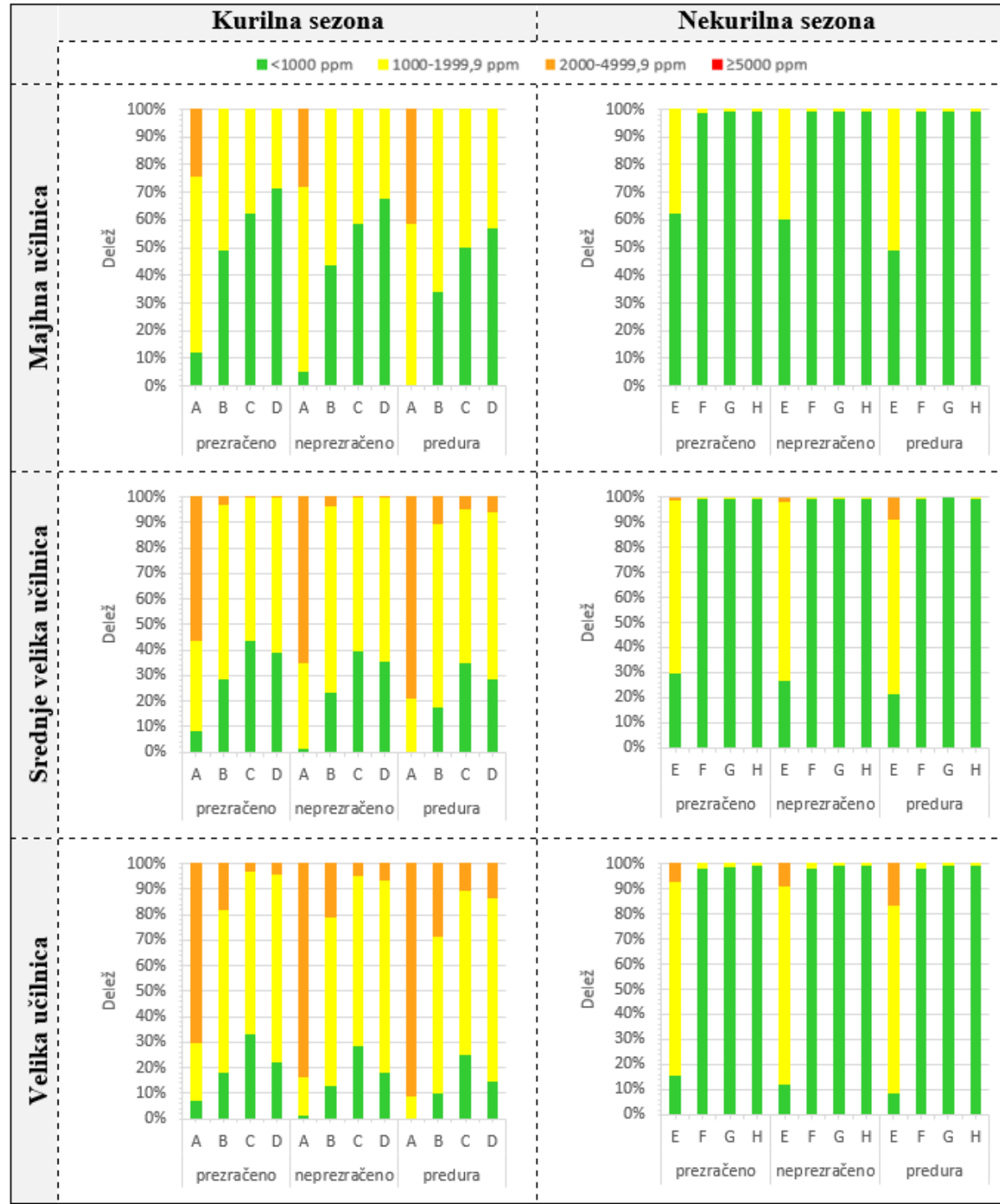
Velika učilnica

Majhna učilnica





Čas izpostavljenosti vrednostm CO₂ nad 1000 ppm v deležu časa v sezoni za posamezne scenarije glede na začetno stanje zraka v učilnici in sezono.



Razred	Vrednost CO ₂	Vplivi na zdravje in počutje uporabnikov prostora
1. razred	<1.000 ppm	/
2. razred	1.000 ppm–2.000 ppm	zaspanost, pritožbe zaradi slabe kakovosti zraka v prostoru
3. razred	2.000 ppm–5.000 ppm	glavobol, zaspanost in občutek zadušljivega zraka, lahko tudi zmanjšana zbranost, izguba pozornosti, povečan srčni utrip in rahla slabost
4. razred	>5.000 ppm	možen pojav toksičnega učinka

Vir: Wisconsin department of health services (2018)

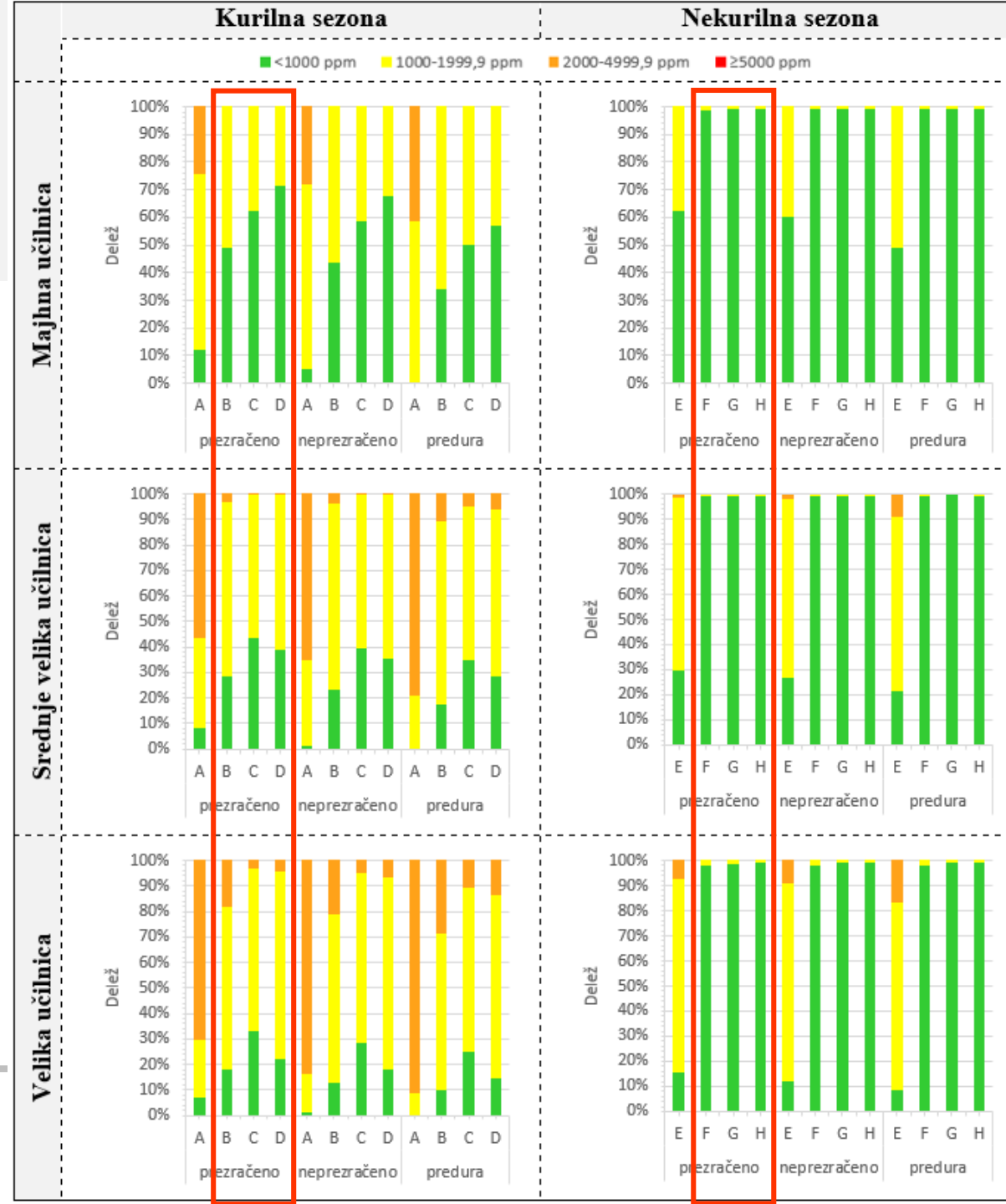
Izpostavljenost CO₂ po razredih kakovosti zraka za posamezne scenarije glede na začetno stanje zraka v učilnici in sezono.

Zaključki

- Izpostavljenost učencev CO₂ v kurilni sezoni **ne glede na scenarij prezračevanja dosega vrednosti, ki lahko povzročajo vplive na zdravje in počutje** več kot polovico časa pouka, razen v primeru majhne učilnice z naravnim prezračevanjem po scenarijih C in D.

Zaključki

- Pomemben vpliv pri izboljšanju kakovosti zraka v učilnici:
 - zračenje pred poukom,
 - zračenje med **vsemi odmori**,
daljše zračenje med odmorom za malico,
 - zračenje **z vsaj enim odprtim oknom na stežaj**.
- Upoštevanje prometnih konic (šole v mestih).
- Upoštevanje smernic NIJZ.





Nacionalni inštitut
za **javno zdravje**

Hvala za pozornost!