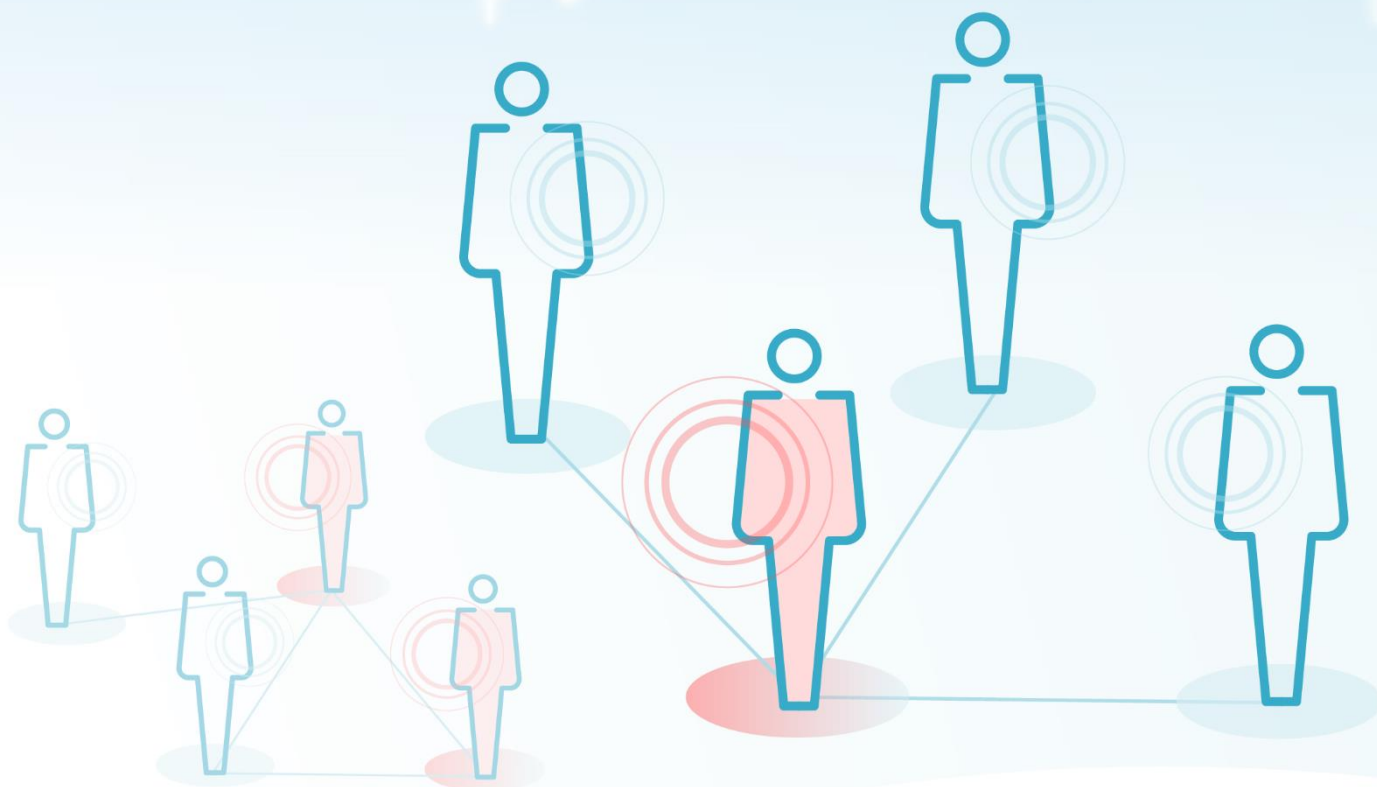


# Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2025

Letno poročilo



Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi je komplementaren pristop epidemiološkemu spremljanju okuženih in obolelih oseb zaradi nalezljivih bolezni. V letu 2025 smo v Sloveniji v odpadni vodi izvajali tedensko spremljanje SARS-CoV-2 in četrletno spremljanje poliovirusov.

Za vzorčenje odpadne vode in laboratorijske analize povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi se zahvaljujemo Oddelku za javnozdravstveno mikrobiologijo ter Oddelku za odpadne vode na Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano.

Zahvaljujemo se upravljalcem 16 komunalnih čistilnih naprav v Sloveniji, ki so se odzvale našemu povabilu k sodelovanju in so vključene v sistem epidemiološkega spremljanja: CČN Ljubljana, ČN Domžale-Kamnik, ČN Kranj, ČN Celje, ČN Šaleške doline, ČN Koper, ČN Maribor, ČN Nova Gorica, CČN Trbovlje, CČN Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Zagorje ob Savi, CČN Postojna, ČN Novo mesto, CČN Brežice, CČN Slovenj Gradec in CČN Murska Sobota.

## Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2025

**Založnik:** Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana

**Izdajatelj:** Center za nalezljive bolezni

april 2026

Poročilo izhaja enkrat letno. Dostopno na spletu:

<https://nijz.si/nalezljive-bolezni/spremljanje-nalezljivih-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-povzrociteljev-nalezljivih-bolezni-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji/>

ISSN 3023-9028

# Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2025

An Galičič, Natalija Kranjec, Jan Rožanec, Eva Drobnič

## Ključni poudarki

Spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi je bilo v Sloveniji vzpostavljeno leta 2022, k čemur nas je vzpodbudila potreba po vzpostavitvi sistema spremljanja SARS-CoV-2, ki je neodvisen od spreminjajočega se obsega testiranja okuženih in zbolelih oseb. Poleg celoletnega rednega spremljanja SARS-CoV-2, smo v letu 2024 pričeli z rednim spremljanjem poliovirusov v odpadni vodi.

Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi se je v letu 2025, v enakem obsegu kot pretekla tri leta, izvajalo na 16 komunalnih čistilnih napravah (KČN), v katere se steka odpadna voda 726.612 (34,2 %) prebivalcev Slovenije, iz 33 občin iz vseh 12 statističnih regij Slovenije. Vzorčenje odpadne vode se je izvajalo enkrat tedensko na vseh vključenih KČN. V vsakem vzorcu se je določila količina genomskih kopij SARS-CoV-2 in mutacije genoma SARS-CoV-2. Izmerjene koncentracije virusa SARS-CoV-2 v vzorcih odpadne vode so bile pretvorjene v ocenjeno število okuženih oseb na 100.000 prebivalcev. Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev je v letu 2025 v povprečju znašalo 285 ( $\pm 188$ ) oseb. Najvišje ocenjeno število okuženih oseb na 100.000 prebivalcev smo zaznali v 41. tednu leta 2025 in je znašalo 916 oseb.

Vzorčenje odpadne vode za spremljanje poliovirusov se je v letu 2025 izvedlo štirikrat, vsak prvi teden v mesecih marec, junij, september in december. Vzorčenje je bilo izvedeno na vseh 16 KČN, ki so vključene v redno spremljanje SARS-CoV-2. Vzorci iz posameznih KČN so bili združeni v 5 sestavljenih vzorcev. Epidemiološko spremljanje poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji temelji na kvalitativnih metodah, ki nam podajo informacijo, ali so poliovirusi v odpadni vodi prisotni. V letu 2025 prisotnost poliovirusov v vzorcih odpadne vode v Sloveniji ni bila dokazana, oziroma je bila njihova koncentracija pod mejo zaznavanja, razen v mesecu juniju, ko smo v vzorcu odpadne vode ČN Nova Gorica dokazali prisotnost cepilnega poliovirusa podobnega Sabinovemu tipa 3 (SL3). Ti rezultati so skladni tudi z rezultati z drugimi sistemi v sklopu epidemiološkega spremljanja primerov otroške paralize, saj v letu 2025 ni bil prijavljen oziroma zaznan noben primer.

Izziv za razvoj epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji predstavlja zagotovitev stalnega in stabilnega financiranja; vključitev dodatnih povzročiteljev nalezljivih bolezni ob strokovno utemeljenih razlogih; ter vključitev hitre vzpostavitve in izvajanja izrednega spremljanja v odpadni vodi ob nenadnem pojavu povzročitelja nalezljive bolezni, ki predstavlja grožnjo javnemu zdravju, v nacionalni načrt pripravljenosti na javnozdravstvena tveganja.

Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) in Nacionalni laboratorij za zdravje okolje in hrano (NLZOH) sta od novembra 2023 vključena v projekt EU Wastewater Integrated Surveillance for Public Health (EU-WISH), ki je namenjen nadaljnjemu razvoju sistema spremljanja odpadne vode za javnozdravstvene namene. Aktivnosti projekta so usmerjene v poenotenje sistemov spremljanja v odpadni vodi v državah članicah, povezovanje spremljanja odpadne vode z drugimi sistemi spremljanja in v okrepitev sistema pripravljenosti in odzivanja na javnozdravstvena tveganja. Za preučitev področja spremljanja protimikrobne odpornosti v odpadni vodi v Sloveniji so NIJZ, NLZOH in Inštitut za mikrobiologijo in imunologijo Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani v letu 2024 pristopila tudi k ciljno raziskovalnemu projektu Pilotno epidemiološko spremljanje na karbapeneme odporne bakterije v odpadni vodi v Sloveniji (V3-24040).

# Kazalo vsebine

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 Strokovna utemeljitev spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi .....	1
1.2 Strokovna utemeljitev spremljanja poliovirusov v odpadni vodi .....	1
<b>2 METODE</b> .....	<b>2</b>
2.1 Opazovano območje in zajeta populacija .....	2
2.2 Metodologija laboratorijskih analiz .....	3
2.2.1 SARS-CoV-2 .....	3
2.2.2 Poliovirusi .....	3
2.3 Metodologija epidemiološkega spremljanja .....	4
2.3.1 SARS-CoV-2 .....	4
2.3.2 Poliovirusi .....	4
<b>3 REZULTATI</b> .....	<b>5</b>
3.1 SARS-CoV-2 .....	5
3.2 Poliovirusi .....	11
<b>4 RAZPRAVA</b> .....	<b>11</b>
4.1 Interpretacija rezultatov spremljanja SARS-CoV-2 .....	11
4.2 Interpretacija rezultatov spremljanja poliovirusov .....	12
4.3 Izzivi razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi .....	12
<b>5 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>13</b>
<b>6 REFERENCE</b> .....	<b>14</b>

## Seznam slik

Slika 1: Prostorski prikaz občin, ki so vključene v spremljanje poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji glede na sestavljene vzorce.....	4
Slika 2: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirano na državni ravni iz podatkov odpadne vode 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija.....	5
Slika 3: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija.....	6
Slika 4: Razširjenost različic SARS-CoV-2 agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav iz vzorcev odpadne vode, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija. ....	8
Slika 5: Razširjenost različic SARS-CoV-2 za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija. ....	9

## Seznam tabel

Tabela 1: Vključene komunalne čistilne naprave in občine ter delež prebivalstva statistične regije, ki je priključen na spremljane komunalne čistilne naprave, po statističnih regijah Republike Slovenije. ....	2
Tabela 2: Rezultati spremljanja poliovirusov v odpadni vodi na 16 komunalnih čistilnih napravah v Sloveniji, 2025.....	11

## Seznam kratic

AFP	akutna flakcidna paraliza
CČN	centralna čistilna naprava
cVDPV	krožeči poliovirus, pridobljen s cepivom (v angl.: Circulating Vaccine Derived Poliovirus)
ČN	čistilna naprava
ECDC	Evropski center za preprečevanje in obvladovanje bolezni (v angl.: European Centre for Disease Control and Prevention)
EU-WISH	Wastewater Integrated Surveillance for Public Health in Europe
KČN	komunalna čistilna naprava
NIJZ	Nacionalni inštitut za javno zdravje
NLZOH	Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano
OPV	peroralno cepivo proti otroški paralizi (v angl.: Oral Polio Vaccine)
PCR	verižna reakcija s polimerazo (v angl.: Polymerase Chain Reaction)
RNK	ribonukleinska kislina
RSV	respiratorni sincicijski virus
RT-rPCR	verižna reakcija s polimerazo z reverzno transkripcijo (v angl.: reverse transcription polymerase chain reaction)
SL3	Sabin sevu podoben poliovirus tip 3 (v angl.: Sabin like poliovirus type 3)
SZO	Svetovna zdravstvena organizacija
THL	Finski nacionalni inštitut za zdravje in blaginjo (finsk.: Terveyden ja Hyvinvoinnin Laitos)
VoC	različica posebnega pomena (v angl.: Variant of Concern)
WPV	divji poliovirus (v angl.: Wild Poliovirus)

# 1 Uvod

Epidemiologija odpadne vode je relativno nov, a učinkovit pristop k epidemiološkemu spremljanju povzročiteljev nalezljivih bolezni, ki je vidnejšo vlogo pridobil v času pandemije covid-19. Tudi pred tem je bilo spremljanje patogenih mikroorganizmov v odpadni vodi že uveljavljeno, predvsem pri epidemiološkem spremljanju poliovirusov (povzročitelja otroške paralize) (1,2). V odpadni vodi lahko spremljamo številne mikroorganizme in parazite ter tudi druge parametre pomembne za javno zdravje. Med mikroorganizmi, ki jih lahko spremljamo v odpadni vodi, veliko grožnjo javnemu zdravju predstavljajo predvsem virusi z ribonukleinsko kislino (RNK) kot je SARS-CoV-2. Za ta virus je značilno, da se zaradi sposobnosti prilagajanja novim gostiteljem nenehno spreminja in s tem povzroča možen nastanek novih različic posebnega pomena (v angl.: Variant of Concern, VoC) (3).

Sistem spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi nam omogoča spremljanje prisotnosti povzročitelja, njegove razširjenosti in trenda širjenja v populaciji ter zgodnje zaznavanje izbruhov. Prednost epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi je predvsem v tem, da spremljamo celotno populacijo neodvisno od obsega testiranja okuženih in zbolelih oseb, katerega obseg je lahko zanemarljiv oziroma se spreminja. Poleg tega lahko iz vzorcev odpadne vode potrdimo prisotnost povzročitelja v populaciji, ne da bi razkrili identiteto posameznika (4). Kljub temu se pri spremljanju povzročiteljev nalezljivih bolezni lahko srečujemo s številnimi izzivi, kjer v ospredje postavljamo natančno opredelitev velikosti opazovane populacije (npr. dnevne migracije). Pomembno je zavedanje, da spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi deluje komplementarno sistemu spremljanja, ki temelji na prijavah primerov nalezljivih bolezni in drugih sistemov spremljanja njihovih povzročiteljev iz vzorcev okuženih in zbolelih oseb ter teh sistemov v celoti ne more nadomestiti.

## 1.1 Strokovna utemeljitev spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi

SARS-CoV-2 v blatu izloča 48,1 % okuženih oseb (5). V spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi so zajete vse okužene osebe s tem virusom, ki imajo prebivališče na prispevnem območju komunalne čistilne naprave (KČN). To pomeni, da so vključene vse okužene osebe, neodvisno od tega ali imajo izražene bolezenske znake ali ne (6).

V primerjavi s sistemi spremljanja SARS-CoV-2, ki temeljijo na testiranjih okuženih ali zbolelih oseb, spremljanje v odpadni vodi omogoča zgodnejši prikaz sprememb trendov v pojavnosti okužb in posledično omogoča hitrejše odzivanje (1,3,7,8). Poleg določanja prisotnosti in količine virusa SARS-CoV-2 v odpadni vodi je možno tudi določanje genomskih različic virusa (9–11). Ugotovljeno je bilo, da je mogoče nove različice virusa SARS-CoV-2 v odpadni vodi zaznati že pred njihovo prvo zaznavo v okviru sistema spremljanja klinično potrjenih primerov (11). Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi poda informacije o prostorskih in časovnih trendih širjenja okužb.

Cilj epidemiološkega spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi je spremljanje trendov kroženja SARS-CoV-2 in njegovih različic med prebivalstvom z namenom informiranja splošne in strokovne javnosti ter odločevalcev o razširjenosti virusa SARS-CoV-2 ter usmerjenega javnozdravstvenega ukrepanja.

## 1.2 Strokovna utemeljitev spremljanja poliovirusov v odpadni vodi

Izvor okužbe s poliovirusom je človek, ki je hkrati tudi edini rezervoar za poliovirus. Pri okuženem posamezniku se, ne glede na prisotnost ali odsotnost simptomov, poliovirus nekaj dni razmnožuje v žrelu in nekaj tednov v črevesju, kar ima za posledico izločanje poliovirusa preko slin in blata v okolje (12).

Po priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) je spremljanje poliovirusov v odpadni vodi eden od treh stebrov programa aktivnosti za izkoreninjenje otroške paralize (13). V Sloveniji je bil zadnji primer otroške paralize potrjen leta 1978 (14), a je spremljanje odsotnosti poliovirusov v odpadni vodi in s tem odsotnost kroženja v populaciji pomembno iz naslednjih razlogov:

1. precepljenost otrok proti otroški paralizi s tremi odmerki cepiva v Sloveniji je leta 2024 znašala 90,3 %, medtem ko v zdravstvenih regijah Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ) Nova Gorica, Koper, Kranj,

Ljubljana in Novo mesto potreben delež cepljenih otrok skladno z kriterijem SZO (nad 90 %), ni bil dosežen (15). V Sloveniji tako obstajajo zdravstvene regije s suboptimalno precepljenostjo proti otroški paralizi;

2. Slovenija predstavlja območje s suboptimalno kakovostjo epidemiološkega spremljanja akutnih flakcidnih paraliz (AFP), saj ne dosega kriterija SZO, torej vsaj dveh prijavljenih primerov AFP, ki nista povzročena s poliovirusi, na leto na 100.000 otrok, mlajših od 15 let (16);
3. možno je t. i. tiho kroženje virusa v populaciji, saj okužbe s poliovirusi potekajo tudi asimptomatsko, pri čemer so tudi te osebe kužne in povzročitelja lahko širijo naprej (17).

Cilj epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi je odkrivanje morebitnega ponovnega vnosa poliovirusov v državo.

## 2 Metode

Redno spremljanje SARS-CoV-2 in poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji se je v letu 2025 izvajalo skladno z Načrtom epidemiološkega spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (18) in Načrtom epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji (19).

### 2.1 Opazovano območje in zajeta populacija

Vzorčenje odpadne vode za spremljanje SARS-CoV-2 in poliovirusov je potekalo na 16 KČN, v katere se stekajo odpadne vode 726.612 (34,2 %) prebivalcev Slovenije iz 33 občin. Spremljanje SARS-CoV-2 in poliovirusov v odpadni vodi se je izvajalo v vseh 12 statističnih regijah v Republiki Sloveniji. Seznam 16 KČN, vključenih občin in delež prebivalstva statistične regije, ki je priključen na sodelujoče KČN, je prikazan v Tabeli 1.

**Tabela 1: Vključene komunalne čistilne naprave in občine ter delež prebivalstva statistične regije, ki je priključen na spremljane komunalne čistilne naprave, po statističnih regijah Republike Slovenije.**

Statistična regija	Komunalne čistilne naprave	Občine	Delež prebivalstva statistične regije, ki je priključen na čistilne naprave
<b>Osrednjeslovenska</b>	CČN Ljubljana, ČN Domžale-Kamnik	Ljubljana, Kamnik, Domžale, Mengeš, Trzin, Komenda	53,6 %
<b>Gorenjska</b>	ČN Kranj, ČN Domžale-Kamnik	Cerklje na Gorenjskem, Kranj, Naklo, Šenčur	26,9 %
<b>Savinjska</b>	ČN Celje, ČN Šaleške doline	Celje, Štore, Velenje, Šoštanj	29,0 %
<b>Obalno-kraška</b>	ČN Koper	Koper, Izola, Ankaran	45,5 %
<b>Podravska</b>	ČN Maribor	Maribor, Miklavž na Dravskem polju, Duplek, Hoče-Slivnica	33,5 %
<b>Goriška</b>	ČN Nova Gorica	Nova Gorica, Brda, Šempeter-Vrtojba, Miren-Kostanjevica	21,5 %
<b>Zasavska</b>	CČN Trbovlje, CČN Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Zagorje	Trbovlje, Litija, Šmartno pri Litiji, Zagorje ob Savi	54,2 %
<b>Primorsko-notranjska</b>	CČN Postojna	Postojna	17,1 %
<b>Jugovzhodna Slovenija</b>	ČN Novo mesto	Novo mesto	16,7 %
<b>Posavska</b>	CČN Brežice	Brežice	10,2 %
<b>Koroška</b>	CČN Slovenj Gradec	Slovenj Gradec	17,2 %
<b>Pomurska</b>	CČN Murska Sobota	Murska Sobota	15,2 %

Vir podatkov: Občine, ki so priključene na spremljane komunalne čistilne naprave. CČN – Centralna čistilna naprava; ČN – Čistilna naprava.

Vzorčenje odpadne vode se je izvajalo enkrat tedensko tekom celotnega leta 2025, vsak ponedeljek, medtem ko so nadaljnje analize vzorcev potekale skladno z načrtom spremljanja posameznega povzročitelja nalezljive bolezni.

## 2.2 Metodologija laboratorijskih analiz

Na vsaki od sodelujočih KČN so bili odvzeti 24-urni vzorci vtoka odpadne vode z uporabo pretočno sorazmernega vzorčevalnika. Vsak vzorec je spremljal zapisnik o vzorčenju, ki vsebuje natančne podatke o času vzorčenja, pretoku, temperaturi vode in številne druge parametre. V vsakem vzorcu so bili določeni kemijski parametri (el. prevodnost, pH, neraztopljene snovi, celotni dušik, fosfor, kemijska potreba po kisiku).

Vzorčenje odpadne vode in laboratorijske analize za spremljanje SARS-CoV-2 in poliovirusov v odpadni vodi je izvajal Nacionalni laboratorij za zdravje okolje in hrano (NLZOH).

### 2.2.1 SARS-CoV-2

Z mikrobiološko analizo smo ugotavljali prisotnost in koncentracijo kopij specifičnega gena SARS-CoV-2 v 1 litru odpadne vode. Proces mikrobiološke analize vzorcev odpadne vode se je pričel v roku 24 ur po odvzemu. Vzorci so bili do obdelave shranjeni pri temperaturi od +4 do +8 °C. V mikrobiološkem laboratoriju so vzorce predhodno centrifugirali (odstranitev neraztopljenih snovi), koncentrirali z ultrafiltracijo, nato so iz koncentrata osamili RNK SARS-CoV-2 ter določili genomske kopije virusa. Za zagotavljanje kakovosti postopkov analize so bile v postopek vključene procesne in interne kontrole.

V vseh testiranih vzorcih, kjer je bila zaznana prisotnost SARS-CoV-2, se je s sekveniranjem in bioinformatično obdelavo podatkov izvedlo še določanje mutacij genoma SARS-CoV-2, ki so značilne za posamezne različice virusa (20). S pomočjo bioinformatičnega orodja Freyja, specializiranega za analizo kompleksnih vzorcev, se je izvedlo meritve frekvence točkovnih mutacij in globina sekveniranja na vsakem mestu v genomu, kar se je nato uporabilo za oceno deležev prisotnosti posameznih različic SARS-CoV-2 v vzorcih odpadne vode (21).

### 2.2.2 Poliovirusi

Za določanje prisotnosti poliovirusov v odpadni vodi smo uporabili 100 ml izhodnega vzorca iz posamezne KČN. Podobno kot pri SARS-CoV-2 smo vzorce za določanje poliovirusov predhodno centrifugirali (odstranitev peleta neraztopljenih organskih snovi), nato pa smo jih koncentrirali z ultrafiltracijo. Ostanek izhodnega vzorca iz posamezne KČN smo shranili do zaključka analiz pri temperaturi 2–8 °C.

Koncentrat, pridobljen z ultrafiltracijo, smo nato združili s peletom neraztopljenih organskih snovi vzorca iz posamezne KČN in ga obdelali po postopku obdelave blata za osamitev virusov na celičnih kulturah. Vzorec smo nato resuspendirali in homogenizirali ter po dodatku kloroforma ponovno centrifugirali, s čimer smo dobili bistri supernatant. Supernatant smo shranili in ga pred inokulacijo na celične kulture še filtrirali. V analitske postopke za zagotavljanje kakovosti smo vključili procesne in interne kontrole.

Z mikrobiološko analizo smo v preiskovanem vzorcu odpadne vode določali prisotnost specifičnega genomskega odseka RNA, značilnega za enteroviruse, z metodo verižne reakcije s polimerazo z reverzno transkripcijo (v angl.: Reverse transcription polymerase chain reaction, RT-rPCR). Hkrati smo dokazovali infektivni poliovirus z metodo bogatitve in osamitve na celičnih kulturah RD in L20B ter razločevali polioviruse od drugih enterovirusov (v angl.: Non-Polio Enterovirus).

V primeru zaznave poliovirusa se virus tipizira in z metodo intratipske diferenciacije subtipizira ter po potrebi s sekvenciranjem dokazan poliovirus še natančneje opredeli. Vzorec osamljenega poliovirusa se nato pošlje v regionalni referenčni polio laboratorij SZO na Finski nacionalni inštitut za zdravje in blaginjo (finsk.: Terveyden ja Hyvinvoinnin Laitos, THL) v Helsinke. V regionalnem referenčnem polio laboratoriju SZO polioviruse potrdijo ter podrobneje opredelijo njihove intratipske značilnosti. S podrobnejšo genomsko analizo ugotavljajo razlike, značilne za izvor oziroma frekvenco točkovnih mutacij, na podlagi česar je mogoče sklepati o času kroženja v populaciji in geolokaciji izvora uvoženega poliovirusa. Za potrditev in natančno opredelitev osamljenega poliovirusa je v regionalnem referenčnem polio laboratoriju SZO potrebnih približno 10 dni.

## 2.3 Metodologija epidemiološkega spremljanja

### 2.3.1 SARS-CoV-2

Epidemiološko spremljanje SARS-CoV-2 se je izvajalo na tedenski ravni. Opazovano enoto je predstavljalo 16 KČN.

Na podlagi podatkov o obremenitvi odpadne vode z virusom SARS-CoV-2 smo ocenili število okuženih oseb na 100.000 prebivalcev. Metodologija priprave te ocene je bila povzeta po raziskavi Daleiden et al. (22). Proces priprave podatkov je potekal v dveh korakih. Metodologija priprave ocene je natančno opisana tudi v članku Kranjec et al. (8).

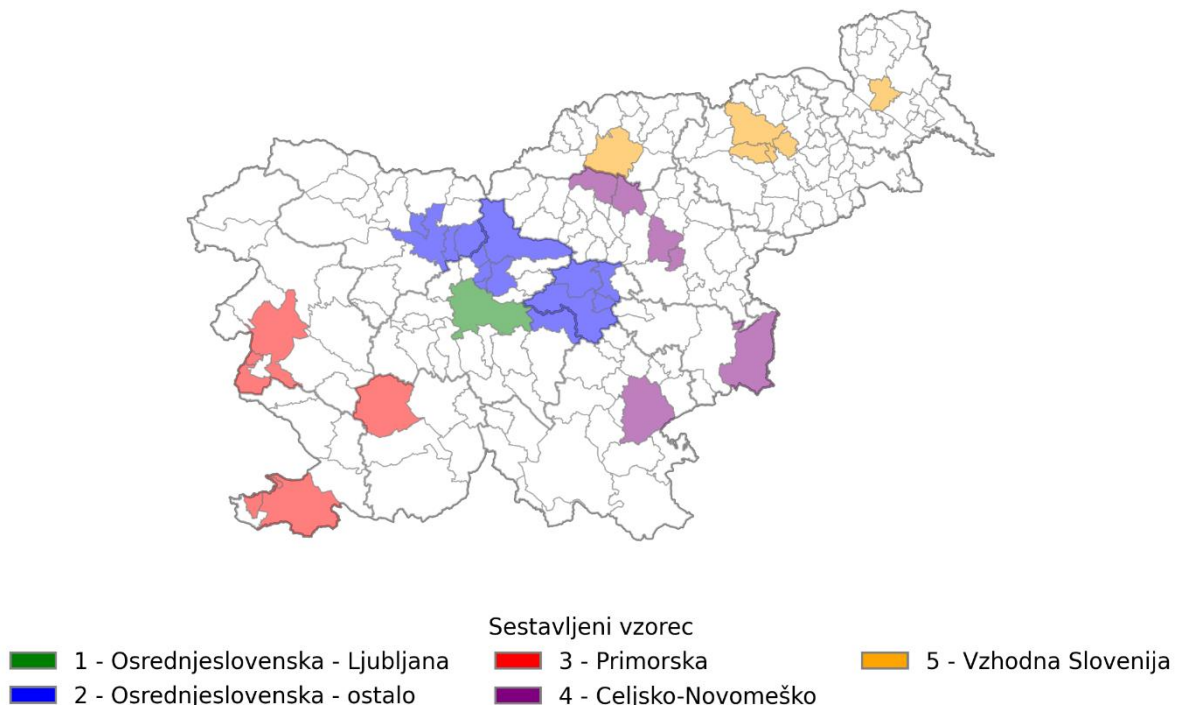
V prvem koraku so bili podatki o virusnem bremenu SARS-CoV-2 v vzorcih odpadne vode (prisotnost SARS-CoV-2 gen N3) normalizirani na kvantificirane vrednosti kemijske potrebe po kisiku v istih vzorcih.

Z namenom lažjega razumevanja normalizirane vrednosti virusnega bremena SARS-CoV-2 je bil v drugem koraku z eksperimentalno z linearno regresijo določen pretvorbeni faktor prilaganja podatkov virusnega bremena v odpadni vodi s podatki o aktivnih primerih okuženih s SARS-CoV-2. Pri tem je bil uporabljen 10 dnevni časovni zamik. Podatki so bili predhodno transformirani z logaritemsko funkcijo, osamelci so bili odstranjeni. Aktivni primeri okuženih s SARS-CoV-2 so bili izračunani na podlagi podatkov iz sistema spremljanja potrjenih okužb z virusom SARS-CoV-2 (potrjenih primerov covid-19). Za občine, vključene v sistem spremljanja odpadne vode, je bil upoštevan drseč 10-dnevni seštevek števila okuženih, pri čemer so bile iz izračuna izključene osebe, ki so v času aktivne okužbe umrle. Izračun je temeljil na občini prebivališča okuženih oseb (23).

### 2.3.2 Poliovirusi

Epidemiološko spremljanje poliovirusov se je izvajalo štirikrat letno: vsak prvi teden v mesecih marec, junij, september in december. Vzorci posameznih 16 KČN so bili združeni v 5 sestavljenih vzorcev (Slika 1).

**Slika 1: Prostorski prikaz občin, ki so vključene v spremljanje poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji glede na sestavljene vzorce.**



Vir: lasten vir.

Spremljanje poliovirusov v odpadni vodi je kvalitativno spremljanje, ki poda podatek ali je poliovirus v vzorcu prisoten in kateri tip. Ne spremljamo koncentracij patogena, temveč zaznavamo pojavnost najnižje koncentracije virusa v

vzorcu, pri čemer je meja zaznave odvisna od občutljivosti uporabljene analitske metode. Zaznavanje poliovirusa v vzorcu odpadne vode običajno pomeni, da virus v populaciji izloča že več posameznikov.

Metodologija spremljanja poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji je natančno opisana tudi v članku Rožanec et al. (24).

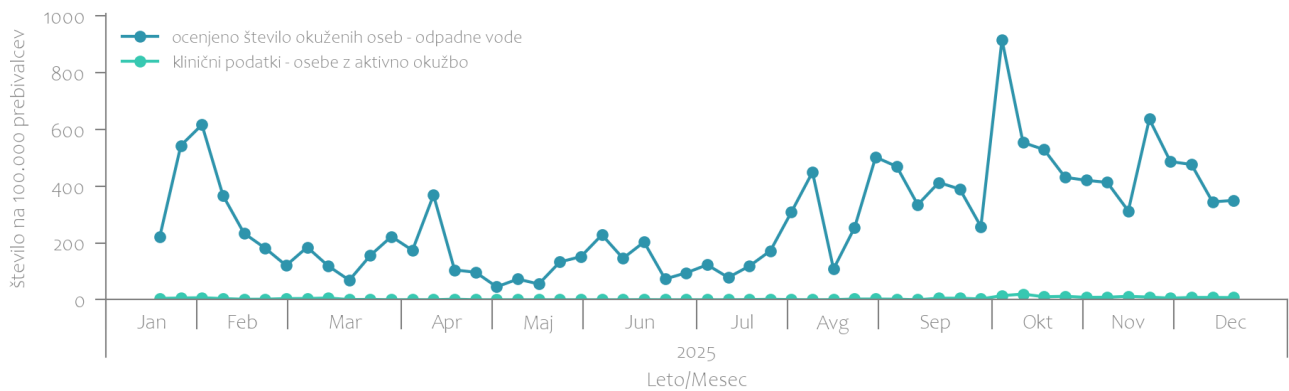
## 3 Rezultati

### 3.1 SARS-CoV-2

V letu 2025 je ocenjeno število okuženih s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, določeno iz odpadne vode, pokazalo jasno nihanje skozi vse leto in je v povprečju znašalo 285 ( $\pm 188$ ) oseb na 100.000 prebivalcev. V začetku januarja je ocenjeno število okuženih hitro naraslo in doseglo vrh v tretjem tednu, nato pa je sledil upad v februarju. V pomladnih tednih so se vrednosti gibale na nizkem do zmernem nivoju, pri čemer je bil sredi aprila zabeležen manjši lokalni vrh. Poletni meseci so bili razmeroma stabilni z nižjimi vrednostmi, avgust in september pa sta prinesla postopno rast. Jesenski tedni so pokazali ponovno močan porast ocenjenega števila okuženih in v 41. tednu dosegli vrh z 916 okuženih na 100.000 prebivalcev. Trend ocenjenega števila okužb se je decembra stabiliziral na visoki, a nekoliko nižji ravni. Število aktivno okuženih na 100.000 prebivalcev, ki izhaja iz kliničnega spremljanja, je bilo ves čas nižje kot ocenjene vrednosti iz odpadne vode.

Podatki o ocenjenem številu okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirani na državni ravni iz podatkov sodelujočih 16 KČN za leto 2025, so prikazani na Sliki 2.

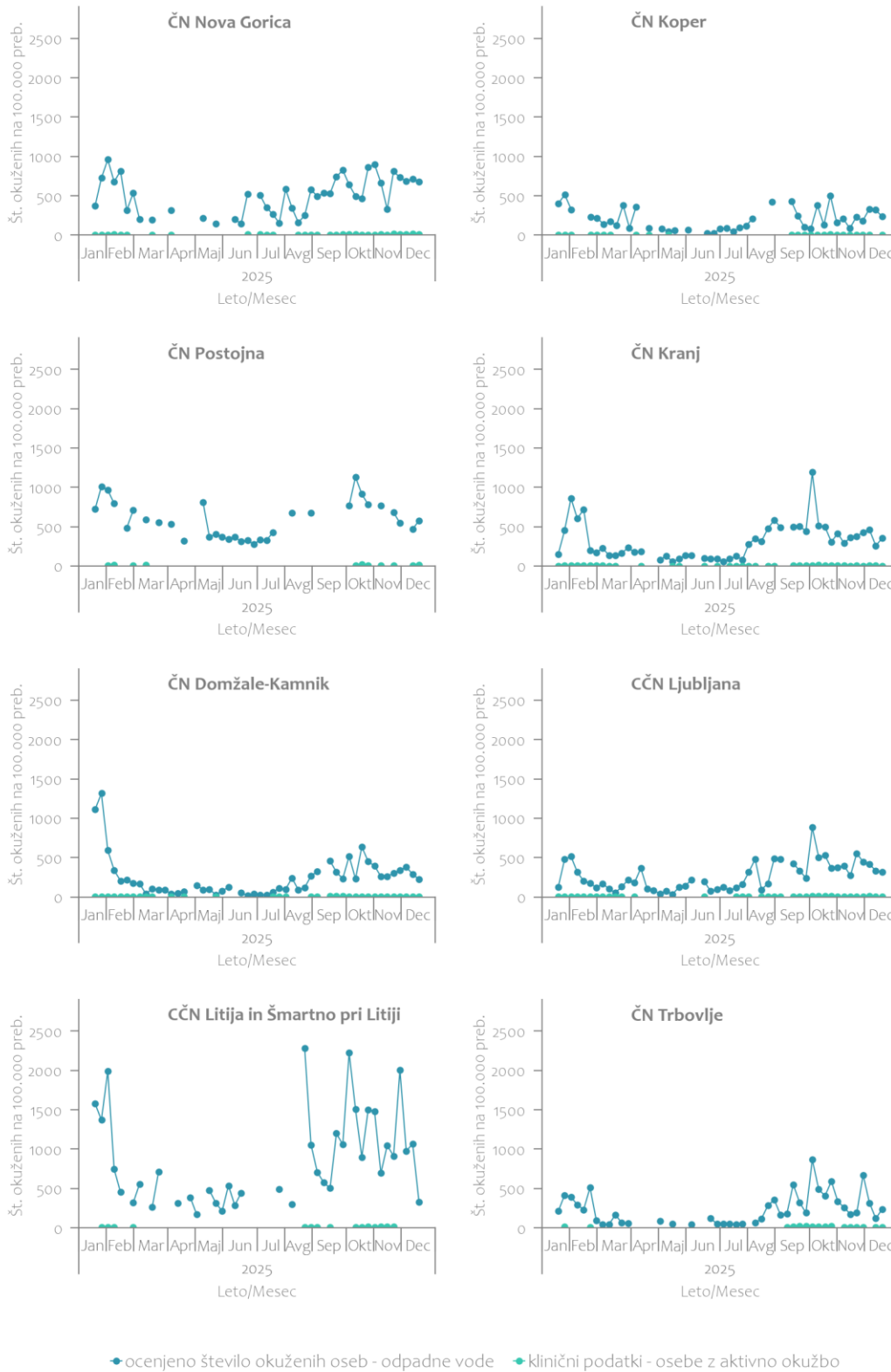
**Slika 2: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirano na državni ravni iz podatkov odpadne vode 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija.**

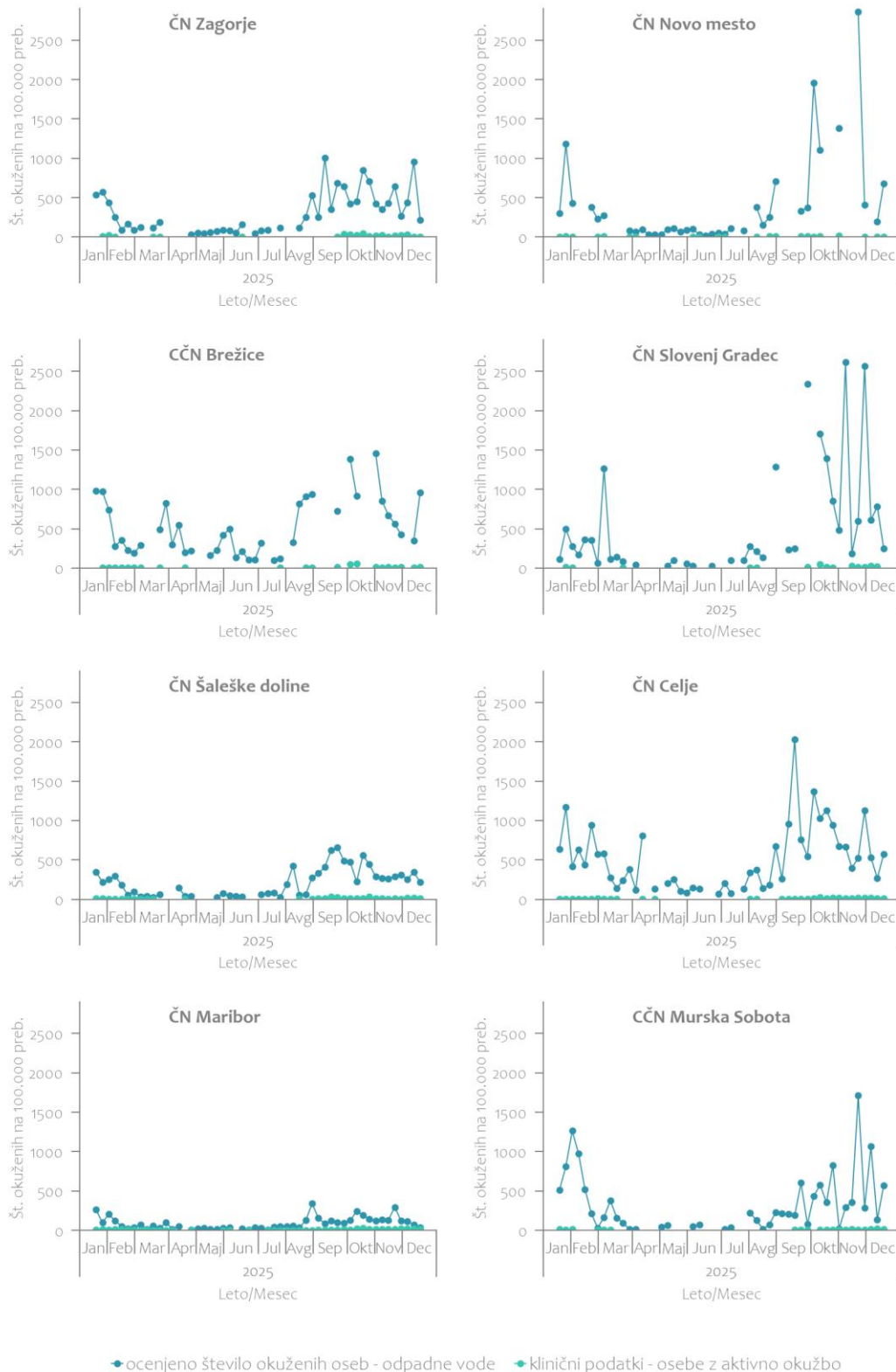


Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 3. 2026.

Analiza po posameznih KČN kaže, da je bilo v začetku leta 2025 najvišje ocenjeno število okuženih oseb na področjih Centralna čistilna naprava (CČN) Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Brežice in CČN Murska Sobota. Februarja in marca smo na večini opazovanih območij beležili nizke ravni števila okuženih. Poleti so bile vrednosti večinoma nizke, z nekaj lokalnimi viški, septembra pa je ocenjeno število okuženih oseb ponovno poraslo in doseglo vrh oktobra predvsem na območjih CČN Brežice, CČN Slovenj Gradec in CČN Zagorje. Podatki o ocenjenem številu okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, po KČN za leto 2025, so prikazani na Sliki 3.

**Slika 3: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija.**





Opomba: Prekinjene črte označujejo obdobja, ko virusa v odpadni vodi ni bilo mogoče zanesljivo kvantificirati.

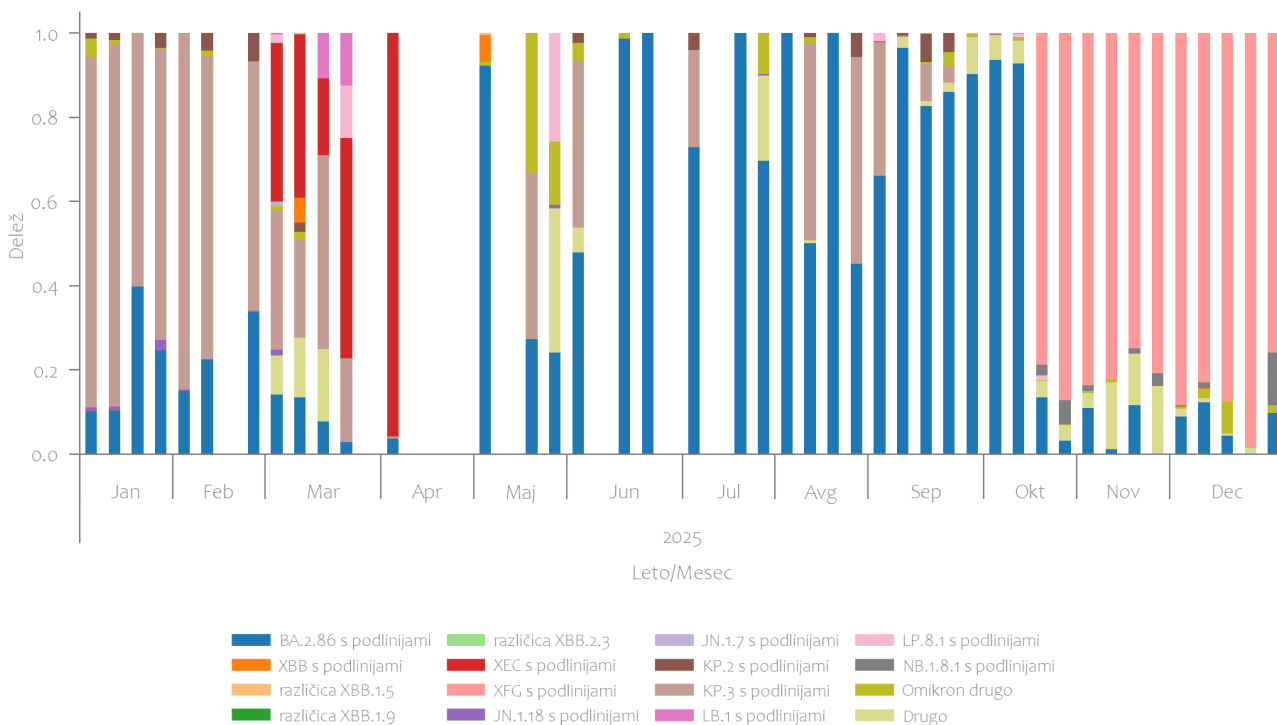
Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 3. 2026. ČČN – Centralna čistilna naprava.

Ocena razširjenosti posameznih različic virusa SARS-CoV-2 v vzorcih odpadne vode, agregirana na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 KČN, kaže, da so na začetku leta 2025 prevladovali različice KP.3 s podlinijami, katerih delež je januarja in februarja znašal med 59 % in 86 %. V tem obdobju so bile v manjših deležih prisotne tudi različice BA.2.86 (10–40 %). Redkejšje so bile različice JN.1.18, KP.2 in Omikron drugo, ki v tem obdobju skupno niso presegle 10 %. Mesec marec je zaznamoval izrazit porast različice XEC, z vrhom v 14. tednu (96 %), različica se po tem tednu ni več pojavila. V 11. in 12. tednu sta se pojavili tudi različici LP.8.1 in LB.1 s podlinijami (11–13 %).

S koncem spomladanskega obdobja se je delež različice BA.2.86 s podlinijami začel povečevati in je do konca maja postala izrazito prevladujoča. V poletnih mesecih je BA.2.86 ostala dominantna različica, z občasnim pojavom različice KP.3 (0–49 %). Različica BA.2.86 je ostala dominantna do sredine oktobra, ko jo je izpodrinila različica XFG. V jesensko-zimskem obdobju je bila v manjših deležih prisotna različica NB.1.8.1 s podlinijami (0–13 %). Različica XFG s podlinijami je ostala dominantna do konca leta 2025.

Podatki o razširjenosti različic SARS-CoV-2 v Sloveniji agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 KČN iz odpadne vode so prikazani na Sliki 4.

**Slika 4: Razširjenost različic SARS-CoV-2 agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav iz vzorcev odpadne vode, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija.**

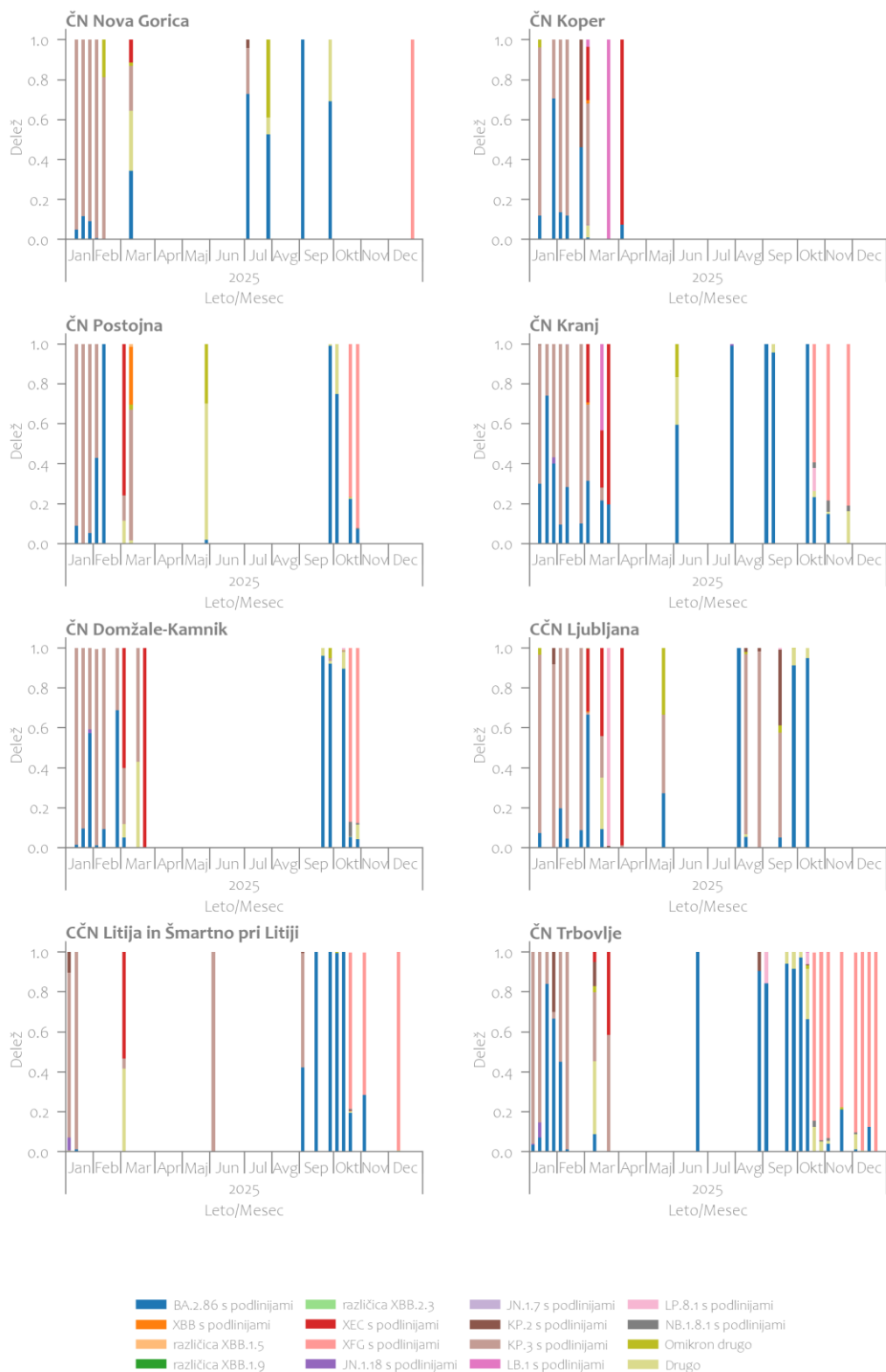


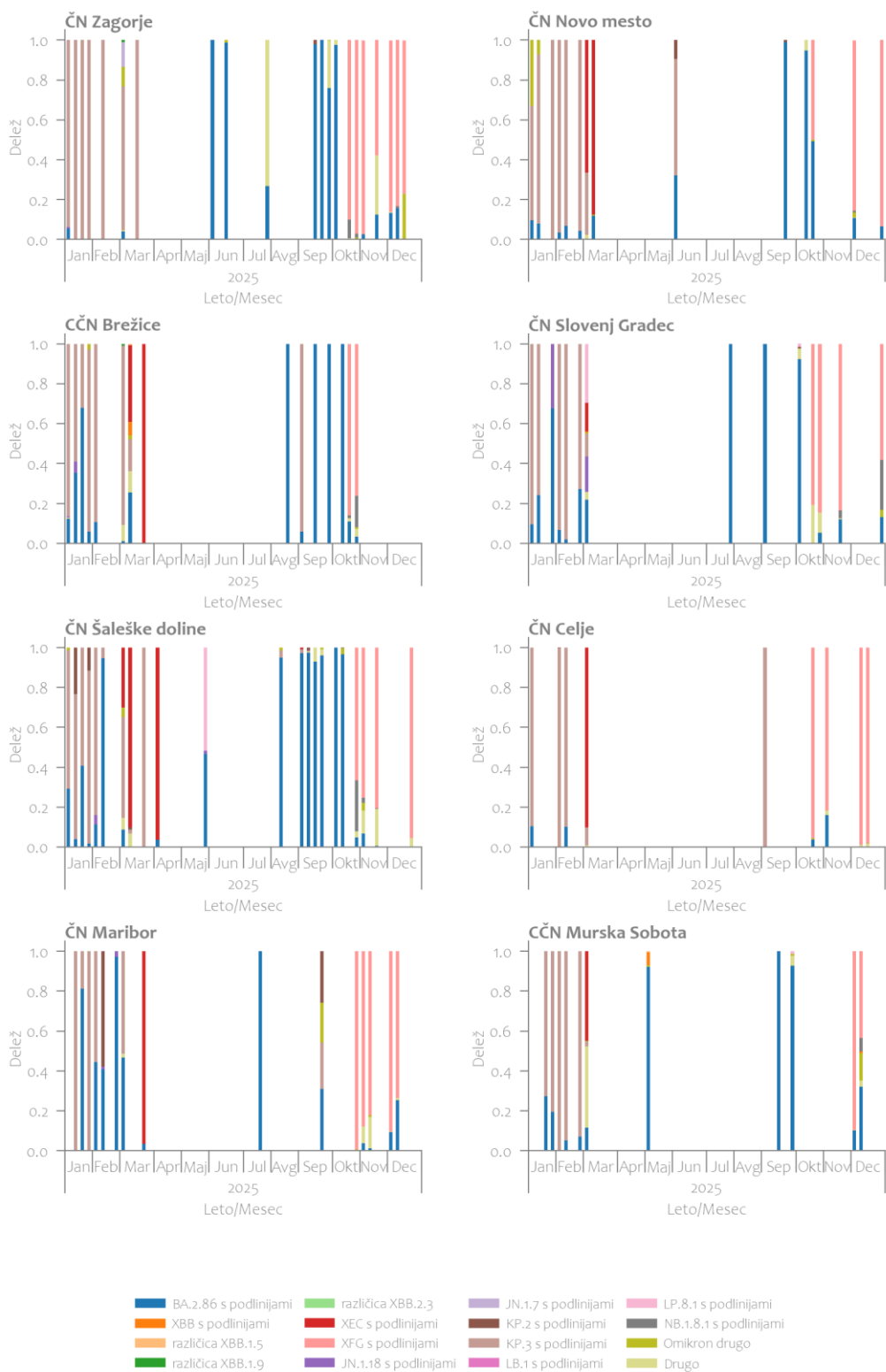
Opomba: Tedni brez stolpcev označujejo obdobja, ko mutacij genoma virusa v odpadni vodi ni bilo mogoče zanesljivo določiti.

Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 3. 2026.

Analiza razširjenosti različic virusa SARS-CoV-2 na ravni posameznih KČN kaže, da so bili trendi v strukturi virusnih linij med posameznimi lokacijami razmeroma podobni. Na začetku leta 2025 so v večini spremljanih KČN prevladovali podlinije različice KP.3, medtem ko je bila različica BA.2.86 prisotna v manjših ali zmernih deležih. V marcu je bil na več lokacijah zaznan kratkotrajen pojav različice XEC s podlinijami, ki so ponekod dosegle visoke deleže, vendar se po tem obdobju niso več pomembneje pojavljale. V spomladanskem obdobju se je v večini KČN postopno povečal delež različice BA.2.86 s podlinijami, ki je do začetka poletja postala prevladujoča linija. Ta je ostala dominantna skozi večji del poletja in zgodnje jeseni. V jesenskem obdobju je bila v večini spremljanih KČN zaznana postopna zamenjava prevladujoče različice, saj je različica XFG s podlinijami do konca leta postala dominantna na večini KČN. Druge različice, kot so NB.1.8.1, LB.1 in LP.8.1, so se pojavljale le občasno in v nižjih deležih. Podrobnejši pregled razširjenosti različic po KČN je prikazan na Sliki 5.

**Slika 5: Razširjenost različnih SARS-CoV-2 za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2025–31. 12. 2025, Slovenija.**





Opomba: Tedni brez stolpcev označujejo obdobja, ko mutacij genoma virusa v odpadni vodi ni bilo mogoče zanesljivo določiti.

Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 3. 2026. CČN – Centralna čistilna naprava.

## 3.2 Poliovirusi

V letu 2025 smo v Sloveniji v vzorcu odpadne vode Čistilna naprava (ČN) Nova Gorica (iz sestavljenega vzorca Primorska) v mesecu juniju dokazali prisotnost cepilnega poliovirusa podobnega Sabinovemu tipu 3 (v angl.: Sabin like poliovirus type 3, SL3). Na območjih ostalih 15 KČN nismo dokazali prisotnosti poliovirusov (Tabela 3).

**Tabela 2: Rezultati spremljanja poliovirusov v odpadni vodi na 16 komunalnih čistilnih napravah v Sloveniji, 2025.**

Sestavljeni vzorec (območje)	Rezultat			
	3. 3. in 4. 3. 2025	2. 6. in 3. 6. 2025	1. 9. in 2. 9. 2025	1. 12. in 2. 12. 2025
Osrednjeslovenska – Ljubljana <sup>1</sup>	negativen	negativen	negativen	negativen
Osrednjeslovenska – ostalo <sup>2</sup>	negativen	negativen	negativen	negativen
Primorska <sup>3</sup>	negativen	SL3* (ČN Nova Gorica)	negativen	negativen
Celjsko-Novomeško <sup>4</sup>	negativen	negativen	negativen	negativen
Vzhodna Slovenija <sup>5</sup>	negativen	negativen	negativen	negativen

Legenda: \* SL3 - cepilni poliovirus podoben Sabinovemu tipu 3; <sup>1</sup> ČN Ljubljana; <sup>2</sup> ČN Domžale-Kamnik, ČN Kranj, ČN Trbovlje, ČN Litija in Šmartno pri Litiji, ČN Zagorje; <sup>3</sup> ČN Koper, ČN Nova Gorica, ČN Postojna; <sup>4</sup> ČN Celje, ČN Šaleške doline, ČN Novo mesto, ČN Brežice; <sup>5</sup> ČN Maribor, ČN Murska Sobota, ČN Slovenj Gradec.

## 4 Razprava

### 4.1 Interpretacija rezultatov spremljanja SARS-CoV-2

Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v letu 2025 je omogočilo pomemben vpogled v širjenje virusa in prisotnost njegovih različic med prebivalstvom Slovenije. Ocenjeno število okuženih, izraženo na 100.000 prebivalcev, na dan vzorčenja v posameznem tednu, je v povprečju znašalo 285 ( $\pm 188$ ) oseb, pri čemer so bili skozi leto vidni izraziti sezonski trendi: hitro povečanje ocenjenega števila okuženih oseb na 100.000 prebivalcev v začetku januarja, stabilizacija v pomladnih mesecih, postopna rast avgusta in septembra ter močan jesenski porast, ki se je decembra stabiliziral na visoki, a rahlo upadajočim trendom. Trend ocenjenega števila okužb na ravni posameznih KČN je sledil trendu celotne države, pri čemer so bile razlike med KČN povezane z velikostjo populacije, urbanizacijo in lokalnimi značilnostmi širjenja okužb.

Upad ocenjenega števila okuženih oseb v pomladnih mesecih, med februarjem in junijem 2025, zaznan v sistemu spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi, je skladen z zaznanim upadom iz preteklih let (25,26). Hkrati ta upad sledi sezonskemu vzorcu, ki ga je epidemiološki sistem spremljanja prijav okuženih s SARS-CoV-2 (potrjenih primerov covid-19) v Sloveniji zaznal v letih 2020–2024 (14).

Podatki o razširjenosti različic SARS-CoV-2 so pokazali dinamično spreminjanje razširjenosti prevladujočih linij skozi leto. Na začetku leta so prevladovali različice KP.3, ki jih je v spomladanskem obdobju nadomestila različica BA.2.86, dominantna skozi večji del leta. V marcu je bil zaznan tudi kratkotrajen porast različice XEC. V drugi polovici oktobra je BA.2.86 izpodrinila različica XFG, ki je ostala prevladujoča do konca leta, medtem ko so bile druge različice prisotne le v manjših deležih. Trendi razširjenosti različic virusa na ravni posameznih KČN so bili v veliki meri skladni s trendi zaznanimi na nacionalni ravni. Manjša odstopanja med posameznimi KČN so bila pričakovana in so lahko posledica lokalnih razlik v dinamiki prenosa virusa ali časovnega zamika pri pojavljanju novih različic v posameznih prispevnih območjih.

V dokumentu Operativna priporočila za nadzor virusov, ki povzročajo okužbe dihal v Evropi, julij 2022 (27) Evropski center za preprečevanje in obvladovanje bolezni (v angl.: European Centre for Disease Control and Prevention, ECDC) poudarja pomen integriranega nadzora SARS-CoV-2 z obstoječimi sistemi za spremljanje drugih respiratornih virusov,

kot sta virus influence in respiratorni sincicijski virus. Ta pristop omogoča učinkovitejšo uporabo virov in zagotavlja celovit vpogled v kroženje teh virusov v populaciji. Namesto množičnega testiranja celotne populacije ECDC priporoča ciljno usmerjeno spremljanje, ki temelji na sentinelnih sistemih, spremljanju specifičnih skupin prebivalstva in uporabi testov verižne reakcije s polimerazo (v angl.: Polymerase Chain Reaction, PCR) za hkratno zaznavanje več različnih virusov v enem vzorcu. V tem kontekstu ima ključno vlogo tudi spremljanje teh virusov v odpadni vodi, ki omogoča neinvazivno spremljanje njihove dinamike v populaciji ter zgodnje odkrivanje naraščajočih trendov. To potrjujejo tudi rezultati našega sistema spremljanja v odpadni vodi, ki so pokazali, da smo zaznali prisotnost SARS-CoV-2 že pred porastom števila kliničnih primerov covid-19 v populaciji (25,28). Analiza odpadne vode lahko tako pomembno dopolnjuje klinične podatke, še posebej v obdobjih, ko je laboratorijsko testiranje okuženih in zbolelih (zelo) omejeno ali dostopno v zadostni meri. Poleg tega omogoča spremljanje širjenja posameznih genomskih različic SARS-CoV-2 in hitro detekcijo novonastalih različic, ki bi lahko predstavljali tveganje za javno zdravje. S tem celostnim pristopom spremljanja se izboljšuje pripravljenost na morebitne nove izbruhe ter prispeva k boljšemu obvladovanju respiratornih okužb.

Prikazi rezultatov spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi na spletni strani NIJZ (<https://modeliranje.nijz.si>) je omogočila učinkovito obveščanje splošne in strokovne javnosti ter tako ponudila podatke za načrtovanje in ocenjevanje ukrepov obvladovanja covid-19.

## 4.2 Interpretacija rezultatov spremljanja poliovirusov

V letu 2025 v vzorcih odpadne vode v Sloveniji nismo dokazali divjega poliovirusa (v angl.: Wild Poliovirus, WPV) ali krožečega poliovirusa, pridobljenega s cepivom (v angl.: Circulating Vaccine Derived Poliovirus, cVDPV) oziroma je bila njihova količina v odpadni vodi pod mejo detekcije. Ti rezultati so skladni tudi z rezultati epidemiološkega spremljanja primerov otroške paralize v Sloveniji in drugih sistemov spremljanja poliovirusov, saj od leta 1978 ni bil prijavljen noben primer otroške paralize oziroma zaznan primer okužbe z WPV ali s cVDPV.

V vzorcu odpadne vode s ČN Nova Gorica z dne 2. 6. 2025 smo potrdili SL<sub>3</sub>. Gre za cepilni virus, ki se genetsko razlikuje od cepilnega Sabinovega seva tipa 3, uporabljenega v peroralnih cepivih proti otroški paralizi (v angl.: Oral Polio Vaccine, OPV), vendar v manjši meri kot tisti, ki bi bil sposoben povzročiti AFP (29). Cepilne Sabinove in Sabin sevu podoben (v angl.: Sabin-like) poliovirus lahko pogosto odkrijemo v populaciji in odpadni vodi, kjer se OPV uporablja pri rutinskem cepljenju oziroma v odpadni vodi na območjih kjer so prisotne pred kratkim cepljene osebe, ki izločajo te viruse. Glede na to, da dokazan SL<sub>3</sub> v odpadni vodi ne predstavlja tveganja za javno zdravje, dodatni ukrepi niso bili potrebni. Kljub temu smo pristopili še k izrednemu spremljanju poliovirusov v odpadni vodi na ČN Nova Gorica, za natančno opredelitev epidemiološke situacije (30). V vzorcih odpadne vode odvzetih 17. 6. 2025 in 23. 6. 2025 nismo dokazali poliovirusov. To nakazuje, da na območju ČN Nova Gorica osebe, ki so bile pred kratkim cepljene proti otroški paralizi s cepivom OPV, niso izločajo več virusa SL<sub>3</sub> ali pa se te osebe niso več zadrževale na tem območju (31).

Zaznava SL<sub>3</sub> v odpadni vodi na ČN Nova Gorica dokazuje, da imamo v Sloveniji zelo občutljiv in dobro delujoč sistem epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi.

## 4.3 Izzivi razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi

Področje sistematičnega epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi je bilo v Sloveniji vzpostavljeno leta 2022, zato so nekateri izzivi še vedno povezani s celostno ureditvijo tega strokovnega področja.

Področje epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi nima urejenega stalnega in stabilnega vira financiranja.

Pomemben izziv razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi zagotovo predstavlja vključitev še dodatnih povzročiteljev nalezljivih bolezní in njihovih lastnosti, za katere obstajajo strokovno utemeljeni razlogi. Mednje zagotovo spada tudi spremljanje virusov influence in respiratornega sincicijskega virusa (RSV) (32,33) ter antimikrobne rezistence (34).

Pomemben izziv razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi predstavlja tudi vzpostavitev mehanizmov za vključitev hitre vzpostavitve in izvajanja izrednega spremljanja v odpadni vodi ob nenadnem pojavu povzročitelja nalezljive bolezni, ki predstavlja grožnjo javnemu zdravju, v nacionalni načrt pripravljenosti na javnozdravstvena tveganja.

## 5 Zaključek

Epidemiološko spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi se je v Sloveniji izkazalo kot učinkovito in komplementarno že uveljavljenim sistemom spremljanja nalezljive bolezni, pomen katerega se je pričela dodatno krepiti z zmanjševanjem obsega testiranja zbolelih in okuženih oseb (8). Z uvedbo epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi pa smo vzpostavili tretji steber spremljanja skladno s programom aktivnosti za izkoreninjenje poliovirusov SZO.

Na področju spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi bomo poleg rednega spremljanja SARS-CoV-2 in poliovirusov v odpadni vodi nadaljevali tudi z naslednjimi aktivnostmi:

- delo v sklopu evropskega povezovalnega projekta Wastewater Integrated Surveillance for Public Health in Europe (EU-WISH), v katerega je vključenih 26 držav iz Evropske unije. Slovenijo zastopata NIJZ kot nosilna organizacija in NLZOH kot pridruženi partner. V projektu se bomo osredotočili na povezovanje in dopolnjevanje spremljanja odpadne vode z obstoječimi sistemi javnozdravstvenega spremljanja s ciljem krepitve pripravljenosti in odziva na čezmejne nevarnosti za zdravje, pri čemer se bomo opirali na krepitev izmenjave znanja in najboljših praks na podlagi znanstvenih dokazov (35,36);
- delo v ciljnem raziskovalnem projektu Pilotno epidemiološko spremljanje na karbapeneme odporne bakterije v odpadni vodi v Sloveniji, namen katerega je proučiti spremljanje protimikrobne odpornosti v odpadni vodi v Sloveniji s poudarkom na proti karbapenemom odpornih bakterijah in pilotno testiranje tega sistema (37);
- delo v sklopu razvojne naloge Razvoj in spremljanje virusov influence in respiratornega sinicijskega virusa v odpadni vodi v Sloveniji;
- delo v sklopu raziskovalne naloge Poglobljeno spremljanje rotavirusov in norovirusov v odpadni vodi in vzrocih bolnikov z rotavirusnim in norovirusnim enteritisom.

Vzpostavljen sistem epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji se je izkazal kot učinkovit sistem spremljanja, ki lahko odgovarja na aktualna vprašanja v epidemiologiji nalezljivih bolezni. Vzpostavljen sistem je primerljiv z drugimi državami v Evropski uniji, a pred nami so številni izzivi nadgradnje in vključitve v obstoječe spremljanje nalezljivih bolezni ter v pripravljenost na njihov pojav in odzivanje nanje.

## 6 Reference

1. Medema G, Been F, Heijnen L, Petterson S. Implementation of environmental surveillance for SARS-CoV-2 virus to support public health decisions: Opportunities and challenges. *Curr Opin Environ Sci Health* 2020; 17: 49–71. doi: [10.1016/j.coesh.2020.09.006](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.09.006).
2. Asghar H, Diop OM, Weldegebriel G, Malik F, Shetty S, El Bassioni L, et al. Environmental surveillance for polioviruses in the Global Polio Eradication Initiative. *J Infect Dis* 2014; 210(1): 294–303. doi: [10.1093/infdis/jiu384](https://doi.org/10.1093/infdis/jiu384).
3. Sims N, Kasprzyk-Hordern B. Future perspectives of wastewater-based epidemiology: Monitoring infectious disease spread and resistance to the community level. *Environ Int* 2020; 139: 105689. doi: [10.1016/j.envint.2020.105689](https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105689).
4. Diamond MB, Keshaviah A, Bento AI, Conroy-Ben O, Driver EM, Ensor KB, et al. Wastewater surveillance of pathogens can inform public health responses. *Nat Med* 2022; 28(10): 1992–1995. doi: [10.1038/s41591-022-01940-x](https://doi.org/10.1038/s41591-022-01940-x).
5. Foladori P, Cutrupi F, Segata N, Manara S, Pinto F, Malpei F, et al. SARS-CoV-2 from faeces to wastewater treatment: What do we know? A review. *Sci Total Environ* 2020; 743: 140444. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.140444](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140444).
6. Jones DL, Baluja MQ, Graham DW, Corbishley A, McDonald JE, Malham SK, et al. Shedding of SARS-CoV-2 in feces and urine and its potential role in person-to-person transmission and the environment-based spread of COVID-19. *Sci Total Environ* 2020; 749: 141364. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.141364](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141364).
7. Daughton CG. Wastewater surveillance for population-wide Covid-19: The present and future. *Sci Total Environ* 2020; 736: 139631. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.139631](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139631).
8. Kranjec N, Steyer A, Cerar Kišek T, Koritnik T, Janko T, Bolješić M, et al. Wastewater Surveillance of SARS-CoV-2 in Slovenia: Key Public Health Tool in Endemic Time of COVID-19. *Microorganisms* 2024; 12(11): 2174. doi: [10.3390/microorganisms12112174](https://doi.org/10.3390/microorganisms12112174).
9. Agrawal S, Orschler L, Schubert S, Zachmann K, Heijnen L, Tavazzi S, et al. Prevalence and circulation patterns of SARS-CoV-2 variants in European sewage mirror clinical data of 54 European cities. *Water Res* 2022; 214: 118162. doi: [10.1016/j.watres.2022.118162](https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118162).
10. Jahn K, Dreifuss D, Topolsky I, Kull A, Ganesanandamoorthy P, Fernandez-Cassi X, et al. Early detection and surveillance of SARS-CoV-2 genomic variants in wastewater using COJAC. *Nat Microbiol* 2022; 7(8): 1151–1160. doi: [10.1038/s41564-022-01185-x](https://doi.org/10.1038/s41564-022-01185-x).
11. Crits-Christoph A, Kantor RS, Olm MR, Whitney ON, Al-Shayeb B, Lou YC, et al. Genome sequencing of sewage detects regionally prevalent SARS-CoV-2 variants. *mBio* 2021; 12(1): e02703-20. doi: [10.1128/mBio.02703-20](https://doi.org/10.1128/mBio.02703-20).
12. Ghendon Y, Robertson SE. Interrupting the transmission of wild polioviruses with vaccines: immunological considerations. *Bull World Health Organ* 1994; 72(6): 973-983.
13. Global Polio Eradication Initiative. Global polio surveillance action plan 2022-2024. Geneva: World Health Organization, 2022. Dostopno 13. 11. 2024 na: <https://iris.who.int/handle/10665/354479>.
14. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Evidence nalezljivih bolezni – NIJZ48. 2025.
15. Nacionalni inštitut za javno zdravje, Center za nalezljive bolezni. Preliminarno poročilo o precepljenosti šolskih otrok v Sloveniji v šolskem letu (2024/2025), 2026. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/cepljenje/spremljanje-izvajanja-cepljenja-in-precepljenosti-v-sloveniji/>.

16. Global Polio Eradication Initiative. Best practices in active surveillance for polio eradication. Geneva: World Health Organization, 2018. Dostopno 25. 11. 2024 na: <https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2018/12/Best-practices-in-active-surveillance-for-polio-eradication.pdf>.
17. Čížman M. Otroška paraliza. In: Tomažič J, Strle F, ed. Infekcijske bolezni. 2nd ed. Ljubljana: Združenje za infektologijo, Slovensko zdravniško društvo; 2017. p. 229–230.
18. Galičič A, Kranjec N, Steyer A, Cerar Kišek T, Koritnik T, Janko T, et al. Načrt epidemiološkega spremljanja SARS-CoV-2 v odpadnih vodah v Sloveniji. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2023. Dostopno 13. 1. 2025 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-sars-cov-2-v-odpadnih-vodah/>.
19. Galičič A, Rožanec J, Kranjec N, Šubelj V, Steyer A, Cerar Kišek T, et al. Načrt epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2025. Dostopno 22. 1. 2025 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-poliovirusov-v-odpadnih-vodah/>.
20. Grubaugh ND, Gangavarapu K, Quick J, Matteson NL, De Jesus JG, Main BJ, et al. An amplicon-based sequencing framework for accurately measuring intrahost virus diversity using PrimalSeq and iVar. *Genome Biol* 2019; 20(1): 8. doi: [10.1186/s13059-018-1618-7](https://doi.org/10.1186/s13059-018-1618-7).
21. Karthikeyan S, Levy JI, De Hoff P, Humphrey G, Birmingham A, Jepsen K, et al. Wastewater sequencing reveals early cryptic SARS-CoV-2 variant transmission. *Nature* 2022; 609(7925): 101–108. doi: [10.1038/s41586-022-05049-6](https://doi.org/10.1038/s41586-022-05049-6).
22. Daleiden B, Niederstätter H, Steinlechner M, Wildt S, Kaiser M, Lass-Flörl C, et al. Wastewater surveillance of SARS-CoV-2 in Austria: development, implementation, and operation of the Tyrolean wastewater monitoring program. *J Water Health* 2022; 20(2): 314–328. doi: [10.2166/wh.2022.218](https://doi.org/10.2166/wh.2022.218).
23. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Spremljanje okužb s SARS-CoV-2 (COVID-19). Dostopno 16.1.2025 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/koronavirus/dnevno-spremljanje-okuzb-s-sars-cov-2-covid-19/>.
24. Rožanec J, Kranjec N, Učakar V, Šubelj V, Berginc N, Steyer A, et al. Results of epidemiological wastewater surveillance of polioviruses in Slovenia. *Javno Zdravje* 2026; 2026(1). Dostopno 24.3.2026 na: <https://revijajavnozdravje.si/01/article/id/100/>.
25. Galičič A, Kranjec N, Rožanec J. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2023 [Internet]. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi v Sloveniji. 2024: 1-16. [citirano 21. 2. 2025] Dostopno na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-povzrociteljev-nalezljivih-bolezni-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji/>.
26. Galičič A, Kranjec N, Rožanec J. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2024 [Internet]. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadni vodi v Sloveniji. 2025: 1-16. [citirano 24. 3. 2026]. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-povzrociteljev-nalezljivih-bolezni-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji/>.
27. European Centre for Disease Prevention and Control. Operational considerations for respiratory virus surveillance in Europe, 18 July 2022. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe and Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control, 2022. Dostopno 21. 2. 2025 na: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Operational-considerations-respiratory-virus-surveillance-euro-2022.pdf>.
28. Galičič A, Kranjec N, Fafangel M. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezní v odpadnih vodah v Sloveniji v letu 2022. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2023. Dostopno 21. 2. 2025 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-povzrociteljev-nalezljivih-bolezni-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji/>.
29. Global Polio Eradication Initiative. Standard operating procedures: Responding to a poliovirus event or outbreak, version 4. 2022. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049154>.

30. Operativni center NIJZ za krizno upravljanje. Tedenski pregled javnozdravstvenih tveganj, teden 26/2025. 2025.
31. Nacionalni inštitut za javno zdravje, Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. Rezultati epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji, 2025. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-poliovirusov-v-odpadnih-vodah/>.
32. Lehto KM, Länsivaara A, Hyder R, Luomala O, Lipponen A, Hokajärvi AM, et al. Wastewater-based surveillance is an efficient monitoring tool for tracking influenza A in the community. *Water Res* 2024; 257: 121650. doi: [10.1016/j.watres.2024.121650](https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121650).
33. Markt R, Stillebacher F, Nägele F, Kammerer A, Peer N, Payr M, et al. Expanding the Pathogen Panel in Wastewater Epidemiology to Influenza and Norovirus. *Viruses* 2023; 15(2): 263. doi: [10.3390/v15020263](https://doi.org/10.3390/v15020263).
34. European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial resistance in the EU/EEA (EARS-Net): Annual Epidemiological Report 2022. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control, 2023. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER-antimicrobial-resistance.pdf>.
35. EU-WISH. EU-Wastewater Integrated Surveillance for public Health. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://www.eu-wish.eu/>.
36. Nacionalni inštitut za javno zdravje. EU-WISH – EU Wastewater Integrated Surveillance for Public Health. Dostopno 24. 3. 2026 na: <https://nijz.si/projekti/eu-wish-eu-wastewater-integrated-surveillance-for-public-health/>.
37. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Pilotno epidemiološko spremljanje na karbapeneme odpornih bakterij v odpadnih vodah v Sloveniji (V3-24040). Dostopno 10. 1. 2025 na: <https://nijz.si/projekti/pilotno-epidemiolosko-spremljanje-na-karbapeneme-odpornih-bakterij-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji-v3-24040/>.