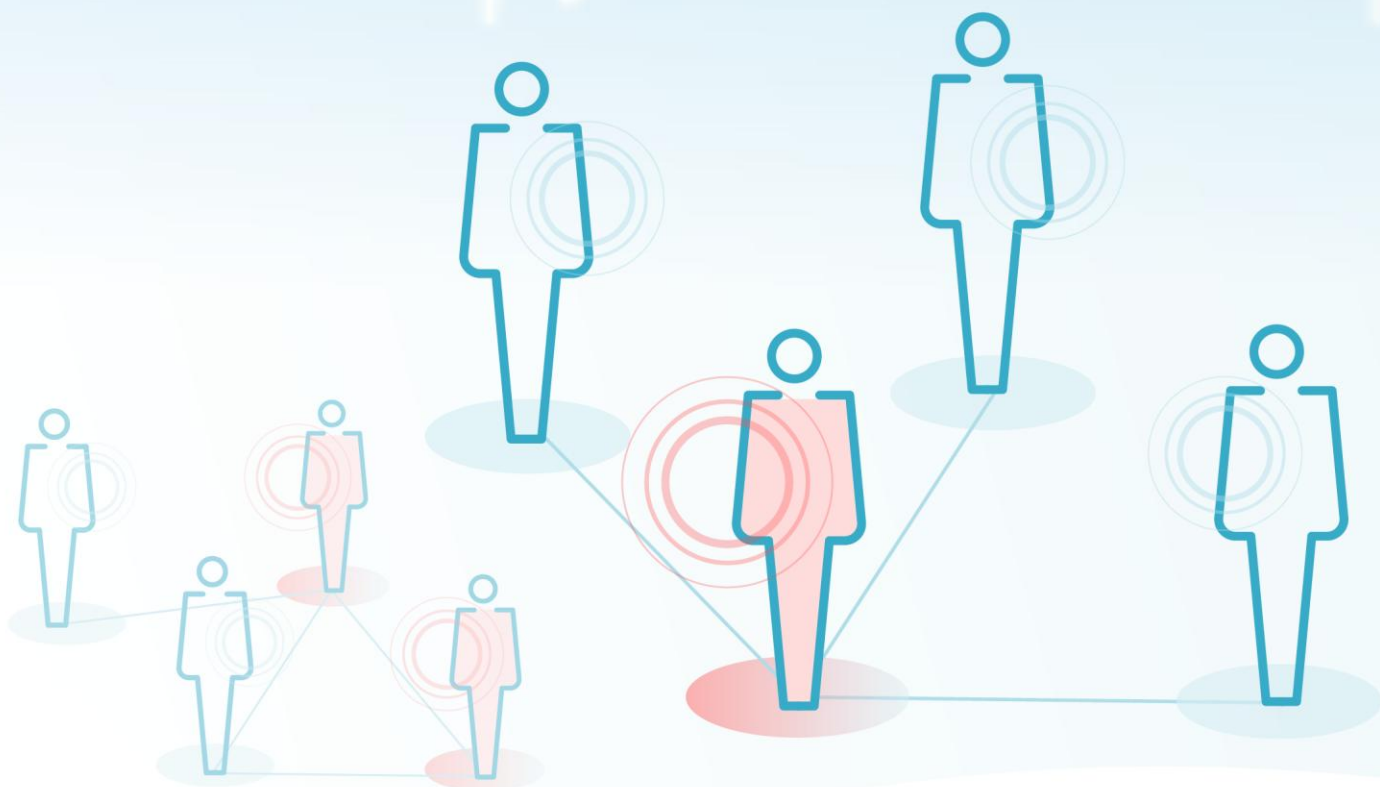


Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2024



Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi je komplementaren pristop epidemiološkemu spremljanju obolelih oseb zaradi nalezljivih bolezni. V letu 2024 smo v Sloveniji v odpadni vodi izvajali tedensko spremljanje SARS-CoV-2 in četrletno spremljanje poliovirusov.

Za sodelovanje pri izvajanju vzorčenja ter laboratorijske analize povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi se zahvaljujemo Oddelku za javnozdravstveno mikrobiologijo in 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: CČN Ljubljana, CČN Domžale-Kamnik, CČN Kranj, CČN Domžale-Kamnik, CČN Celje, CČN Šaleške doline, CČN Koper, CČN Maribor, CČN Nova Gorica, CČN Trbovlje, CČN Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Zagorje ob Savi, CČN Postojna, CČN Novo mesto, CČN, Brežice, CČN Slovenj Gradec in CČN Murska Sobota.

Marec 2025

Citirajte kot: Galičič A, Kranjec N, Rožanec J. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2024. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji. 2025: 1-16. Dostopno na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/spremljanje-nalezljivih-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-povzrociteljev-nalezljivih-bolezni-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji/>

Avtorji

An Galičič, Natalija Kranjec, Jan Rožanec

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 2024, v enakem obsegu kot pretekli dve leti, 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 se je izvajalo enkrat tedensko na vseh vključenih KČN. V vsakem vzorcu se je določila kvantiteta genomskih kopij SARS-CoV-2 in mutacije genoma SARS-CoV-2. Izmerjene obremenitve odpadne vode z virusom SARS-CoV-2 so bile pretvorjene v ocenjeno število okuženih oseb na 100.000 prebivalcev. Ocenjeno število okuženih oseb na 100.000 prebivalcev je v letu 2024 v povprečju znašalo 2.121 (± 1.354) oseb. Najvišje ocenjeno število okuženih oseb na 100.000 prebivalcev smo zaznali v 40. tednu leta 2024 in je znašalo 5.212 oseb. Podatki spremljanja različic SARS-CoV-2 v odpadni vodi so pokazali, da je v začetku leta 2024 v Sloveniji prevladovala različica BA.2.86 s podlinijami. V drugi polovici junija pa se je začela čedalje pogosteje pojavljati različica KP.3, ki je sčasoma postala prevladujoča različica.

Spremljanje poliovirusov v odpadni vodi se je v letu 2024 izvajalo štirikrat, vsak prvi teden v mesecih marec, junij, september in december. Vzorčenje se je izvajalo 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 poda informacijo, ali so poliovirusi v odpadni vodi prisotni. V letu 2024 prisotnost poliovirusov v vzorcih odpadne vode ni bila dokazana, oziroma je bila njihova koncentracija pod mejo detekcije. Ti rezultati so skladni tudi z rezultati epidemiološkega spremljanja primerov otroške paralize, saj v letu 2024 ni bil prijavljen noben primer.

Izziv za razvoj epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji predstavlja zakonska ureditev tega področja, s čimer bi se zagotovilo tudi njegovo stalno financiranje; vključitev dodatnih povzročiteljev nalezljivih bolezni ob strokovno utemeljenih razlogih; ter vzpostavitev mehanizmov za hitro vzpostavitev in izvajanje izrednega spremljanja ob nenadnem pojavu povzročitelja nalezljive bolezni, ki predstavlja grožnjo javnemu zdravju in bi ga bilo smiselno spremljati v odpadni vodi. V letu 2024 smo pripravili Načrt izrednega epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana.

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 predstavlja možnost nadaljnjega razvoja sistema spremljanja odpadne vode za javnozdravstvene namene. Dejavnosti so usmerjene v poizkus poenotenja 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 vzpostavitev 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

1 UVOD	1
1.1 Strokovna utemeljitev spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi	1
1.2 Strokovna utemeljitev spremljanja poliovirusov v odpadni vodi	1
2 METODE	2
2.1 Opazovano območje in zajeta populacija	2
2.2 Metodologija laboratorijske analize	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
3 REZULTATI	5
3.1 SARS-CoV-2	5
3.2 Poliovirusi.....	11
4 RAZPRAVA	11
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
5 ZAKLJUČEK	12
6 REFERENCE	14

Seznam slik

Slika 1: Prostorski prikaz občin, ki so vključene v spremljanje poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji glede na sestavljeni vzorec.	4
Slika 2: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2024–31. 12. 2024, Slovenija.	5
Slika 3: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2024–31. 12. 2024, 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. 2024–31. 12. 2024, Slovenija.	8
Slika 5: Razširjenost različic SARS-CoV-2 za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2024–31. 12. 2024, 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, 2024.....	11

Seznam kratic

CČN	Centralna čistilna naprava
ECDC	Evropski center za preprečevanje in obvladovanje bolezni
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
RNK	ribonukleinska kislina
SZO	Svetovna zdravstvena organizacija
THL	Finski nacionalni inštitut za zdravje in blaginjo (finsk.: Terveysten ja Hyvinvoinnin Laitos)
VoC	različica posebnega pomena (v angl.: Variant of Concern)

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. Med mikroorganizmi, ki jih lahko spremljamo v odpadni vodi, veliko grožnjo javnemu zdravju predstavljajo predvsem virusi z ribonukleinsko kislino (RNK). Za te je značilno, da se zaradi njihove sposobnosti prilagajanja novim gostiteljem nenehno spreminjajo in s tem povzročajo 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, spremljanje njegove razširjenosti in trenda njegovega širjenja v populaciji ter zgodnje zaznavanje izbruhov. Prednost epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi je predvsem v tem, da je vključena celotna populacija 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 v odpadni vodi deluje komplementarno sistemu spremljanja, ki temelji na prijavi primerov nalezljivih bolezni in drugih sistemov spremljanja njihovih povzročiteljev iz vzorcev okuženih in zbolelih oseb ter teh 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 SARS-CoV-2, 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 hitrejše odzivanje (1,3,7). Poleg določanja prisotnosti in kvantifikacije virusa SARS-CoV-2 v odpadni vodi je možno tudi določanje genomskih različic virusa (8–10). Ugotovljeno je bilo, da je mogoče nove različice virusa SARS-CoV-2 v odpadni vodi zaznati že pred njihovo prvo zaznavo pri osebah s potrjeno okužbo (10). 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 povzroča izločanje poliovirusa preko sline in blata v okolje (11).

Po priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) je spremljanje poliovirusov v odpadni vodi eden od treh stebrov programa izkoreninjenja otroške paralize (12). V Sloveniji je bil zadnji primer otroške paralize potrjen leta 1978 (13), a je spremljanje njegove odsotnosti 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 2023 znašala 89,3 % (14). Slovenija tako predstavlja območje s suboptimalno precepljenostjo proti otroški paralizi, saj ne dosega kriterija SZO, ki predvideva precepljenost otrok s tremi odmerki proti otroški paralizi nad 90,0 %;

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

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 2024 izvajalo skladno z Načrtom epidemiološkega spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (17) in Načrtom epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji (18).

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

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

Vzorčenje odpadne vode se je izvajalo enkrat tedensko tekom celotnega leta 2024, vsak ponedeljek skupaj za vse povzročitelje nalezljivih bolezni, skladno z načrtom spremljanja posameznega povzročitelja nalezljive bolezni.

2.2 Metodologija laboratorijske analize

Na vsaki od sodelujočih komunalnih čistilnih naprav 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. Vsak vzorec je analiziran na kemijske parametre (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 kvantitativno določili genomske kopije virusa. Za zagotavljanje kakovosti 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 (19). 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 v vzorcih odpadne vode (20).

2.2.2 Poliovirusi

Pri mikrobiološki analizi za določanje prisotnosti poliovirusov v odpadni vodi se uporabi 100 ml vzorca. Podobno kot pri SARS-CoV-2 se vzorce za določanje poliovirusov predhodno centrifugira (odstranitev neraztopljenih snovi), nato pa koncentrira z ultrafiltracijo. Izhodne vzorce koncentrata in peleta za vsako KČN posebej hranijo do konca analiz pri +4 °C. Koncentrat združijo s peletom neraztopljenih organskih snovi iz vzorca odpadne vode in jih obdelajo po enakem postopku za obdelavo blata za osamitev na celičnih kulturah. Vzorec se nato homogenizira in ponovno centrifugira. Bistri supernatant shranijo in ga pred inokulacijo na celične kulture še filtrirajo. Za zagotavljanje kakovosti analize so v postopkih vključene procesne in interne kontrole.

Mikrobiološka analiza v preiskovanem vzorcu odpadne vode določa prisotnost specifičnega VP1 genomskega odseka RNA ohranjene regije značilne za enteroviruse z metodo RT-PCR v realnem času ter dokazuje infektivni poliovirus z metodo osamitve na celičnih kulturah RD za bogatitev in L20B selekcijo poliovirusov od drugih enterovirusov, ki niso poliovirusi (v angl.: Non-Polio Enterovirus).

Vzorec osamljenega poliovirusa se varno na FDA karticah pošlje v regionalni referenčni laboratorij za polioviruse SZO na Finski nacionalni inštitut za zdravje in blaginjo (finsk.: Terveystiete ja Hyvinvoinnin Laitos – THL) v Helsinke. Osamljene polioviruse podrobneje opredelijo z ITD molekularnim panelom različnih tarčnih PCR, s čemer ugotavljajo tip poliovirusa in njegove intratipske karakteristike Sabin poliovirusa, poliovirusa, pridobljenega s cepivom in divjega poliovirusa. Nadalje z detekcijo nukleotidnih sprememb VP1 regije genoma s sekvenciranjem in bioinformatično obdelavo podatkov ugotavljajo razlike značilne za izvor oziroma frekvenco točkovnih mutacij, na podlagi česar lahko sklepamo o času kroženja v populaciji in geolokaciji izvora uvoženega poliovirusa.

Laboratorijska diagnostika poliovirusov v odpadni vodi se v okviru programa eradikacije otroške paralize izvaja v skladu s smernicami, ki jih državam članicam predpisuje SZO. Postopek laboratorijske analize poliovirusov je podrobneje opisan v Načrtu epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi v Sloveniji (18).

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. (21). Proces priprave je potekal v dveh korakih. Metodologija priprave ocene je natančno opisana tudi v članku Kranjec et al. (22).

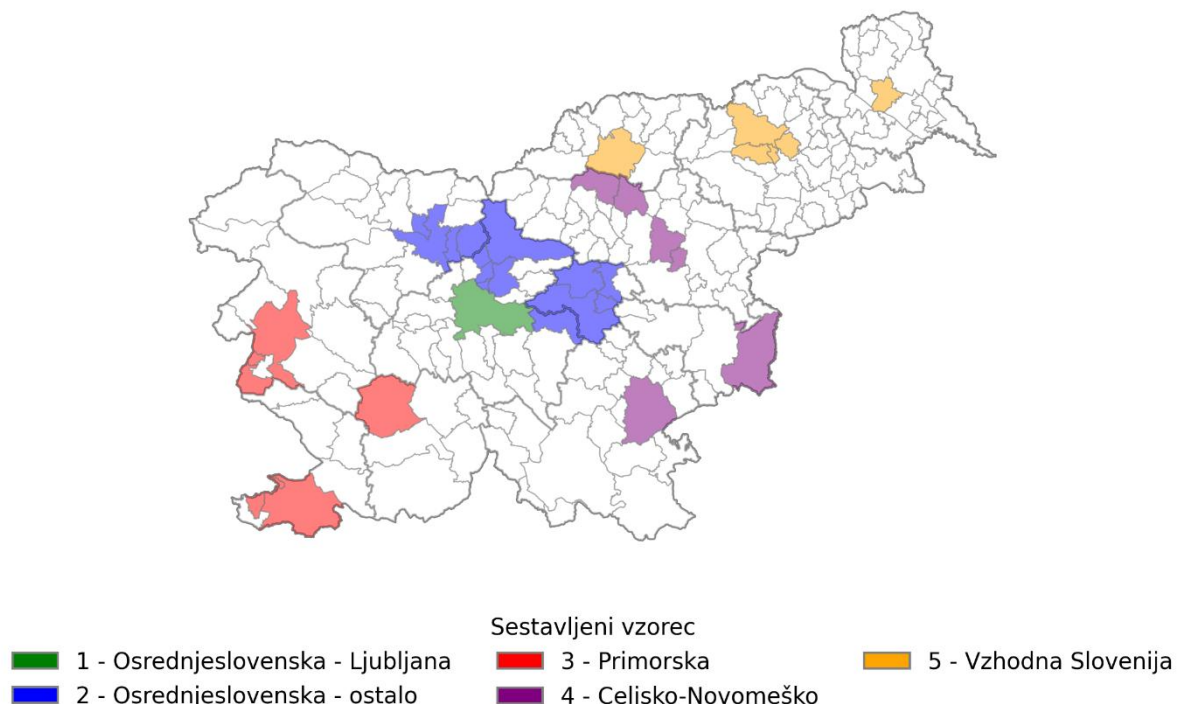
V prvem koraku so bili podatki o virusnem bremenu SARS-CoV-2 v vzorcih odpadne vode (prisotnost SARS-CoV-2 gen N3) normalizirani na kvantificirane vrednosti kemijske potrebe po kisiku v istih vzorcih.

V drugem koraku je bil, z namenom lažjega razumevanja normalizirane vrednosti virusnega bremena SARS-CoV-2, določen z eksperimentalno z linearno regresijo pretvorbeni faktor prileganja podatkov o virusnem bremenu v odpadni vodi s podatki o aktivnih primerih okuženih s SARS-CoV-2, pri čemer je bil uporabljen 10 dnevni časovni zamik. Podatki so bili predhodno transformirani z logaritemsko funkcijo, osamelci so bili odstranjeni. Aktivni primeri okužb so bili izračunani na podlagi podatkov iz sistema spremljanja potrjenih okužb z virusom SARS-CoV-2. Za občine, vključene v mrežo spremljanja odpadnih vod, je bilo upoštevan drseč 10-dnevno seštevek števil okužb, pri čemer so bile iz računa 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 sestavljeni vzorec.



Vir: Sistem spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi, 2024.

Spremljanje poliovirusov v odpadni vodi je kvalitativno spremljanje, ki nam poda informacijo, ali so poliovirusi v odpadni vodi prisotni, ne poda pa nam informacije o njihovi koncentraciji. Izolacija poliovirusov iz vzorca odpadne vode običajno pomeni, da virus v populaciji izloča že več posameznikov.

3 Rezultati

3.1 SARS-CoV-2

Povprečno ocenjeno število okuženih s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 KČN, je v letu 2024 znašalo 2.121 (± 1.354) oseb. Najvišje ocenjeno število okuženih je znašalo 5.212 oseb na 100.000 prebivalcev v 40. tednu leta 2024. Na letni ravni je bilo ocenjeno število okuženih na 100.000 prebivalcev najvišje na začetku leta, nato pa je do aprila postopoma upadlo. Med marcem in junijem 2024 je bilo ocenjeno število okuženih najnižje, saj je bila na številnih spremljanih KČN koncentracija virusne RNA pod mejo kvantifikacije ali celo pod mejo detekcije. Od junija naprej je ocenjeno število okuženih ponovno naraščalo, v septembru so bile vrednosti tega števila najvišje. V oktobru in novembru so se sicer nekoliko zmanjšale, vendar so ostale razmeroma visoke. Decembra se je ocenjeno število okuženih oseb stabiliziralo, vendar na višji ravni kot v prvem delu leta.

Podatki o ocenjenem številu okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirani na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 KČN za leto 2024, so prikazani na Sliki 2.

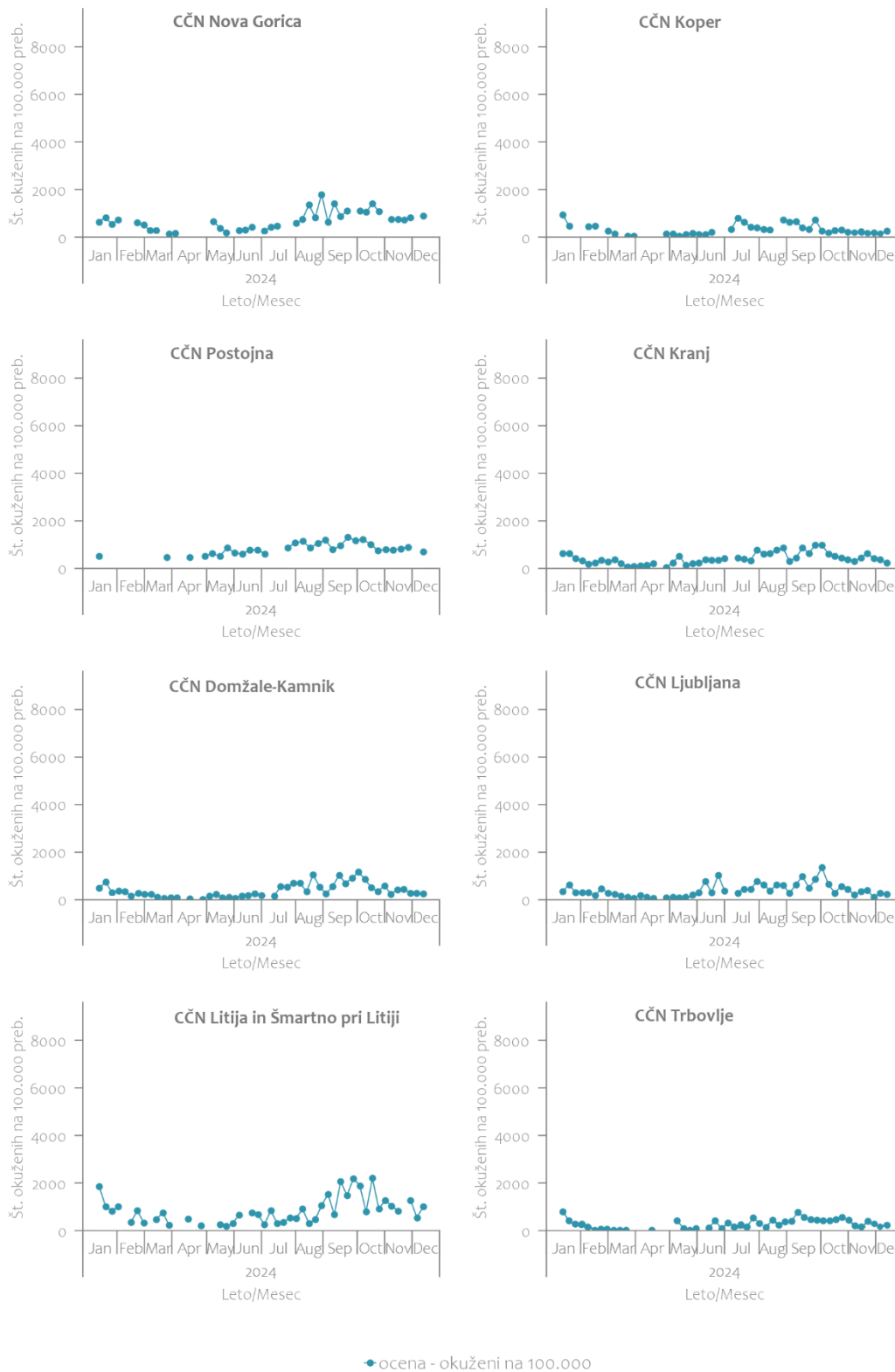
Slika 2: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev, agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2024–31. 12. 2024, Slovenija.

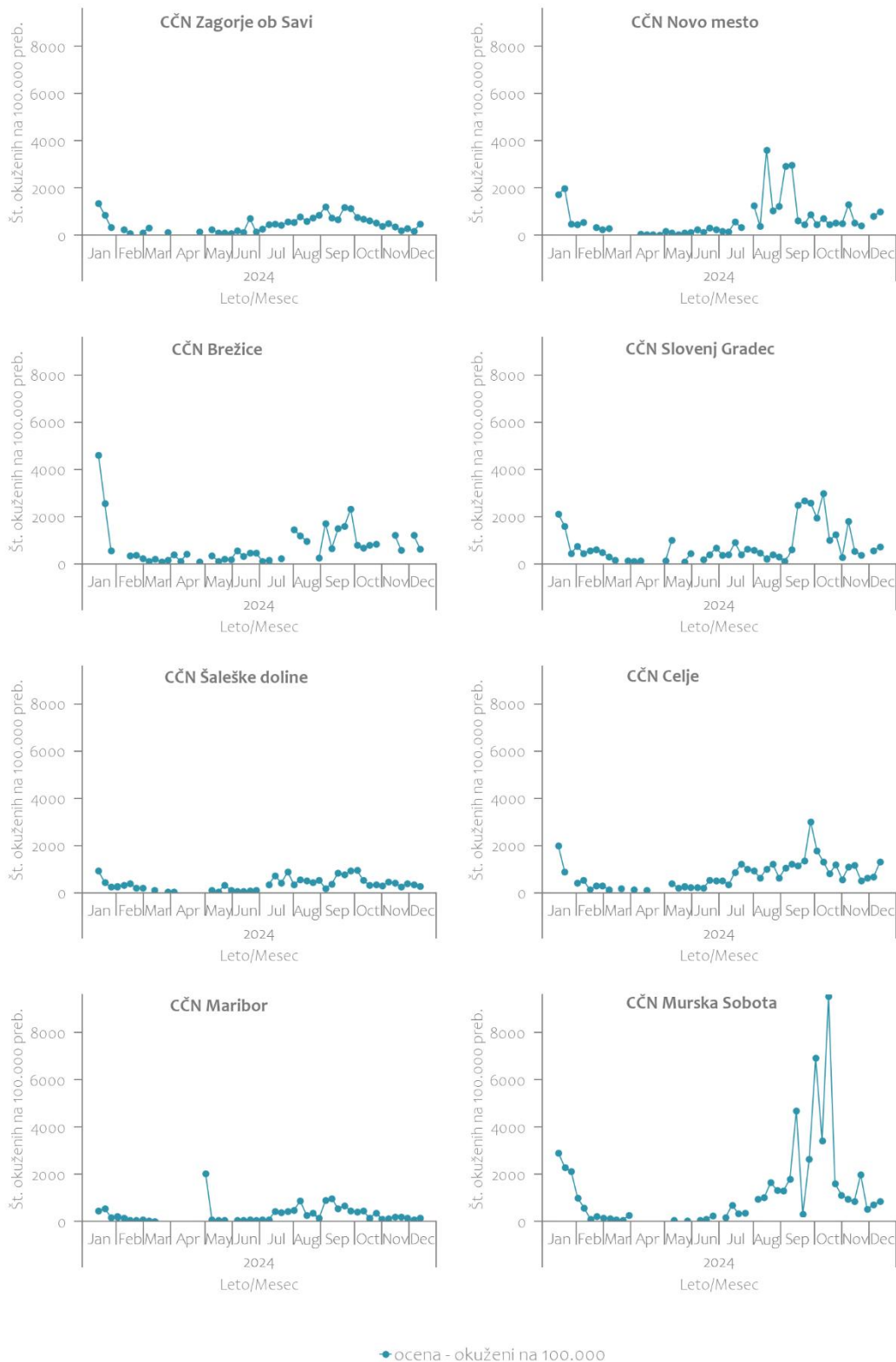


Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 1. 2025.

Rezultati spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi na posameznih KČN v letu 2024 kažejo, da je bilo najvišje povprečno ocenjeno število okuženih oseb zabeleženo na CČN Murska Sobota (1.365 oseb na 100.000 prebivalcev), najnižje pa na CČN Trbovlje (281 oseb na 100.000 prebivalcev). V obdobju med marcem in junijem 2024 je bila koncentracija virusne RNA na več spremljanih KČN pod mejo kvantifikacije ali celo pod mejo detekcije.

Slika 3: Ocenjeno število okuženih oseb s SARS-CoV-2 na 100.000 prebivalcev za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2024–31. 12. 2024, Slovenija.



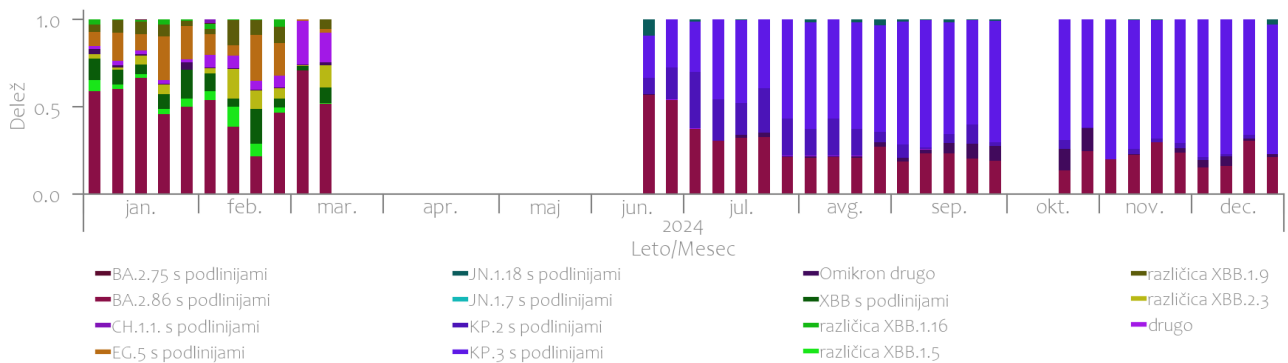


Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 1. 2025. CČN – Centralna čistilna naprava.

Ocena razširjenosti posameznih različic virusa SARS-CoV-2 v vzorcih odpadne vode; agregirano na državni ravni iz podatkov spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav; je pokazala, da je v začetku leta 2024 prevladovala različica

BA.2.86 s podlinijami. V manjših deležih so bile prisotne različica EG.5 s podlinijami ter podrazličice linije XBB. V obdobju med marcem in junijem 2024 (18. 3. 2024–15. 6. 2024) zanesljiva določitev različic virusa ni bila mogoča. V drugi polovici junija je še vedno prevladovala različica BA.2.86 s podlinijami, ob tem pa se je v večjem deležu začela pojavljati tudi različica KP.3 s podlinijami, ki je z julijem postala najbolj razširjena različica in ostala dominantna do konca leta 2024. Različica BA.2.86 s podlinijami se je nato pojavljala le še v manjših deležih in občasno preseгла 30,0 %. 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. 2024–31. 12. 2024, Slovenija.



Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 1. 2025.

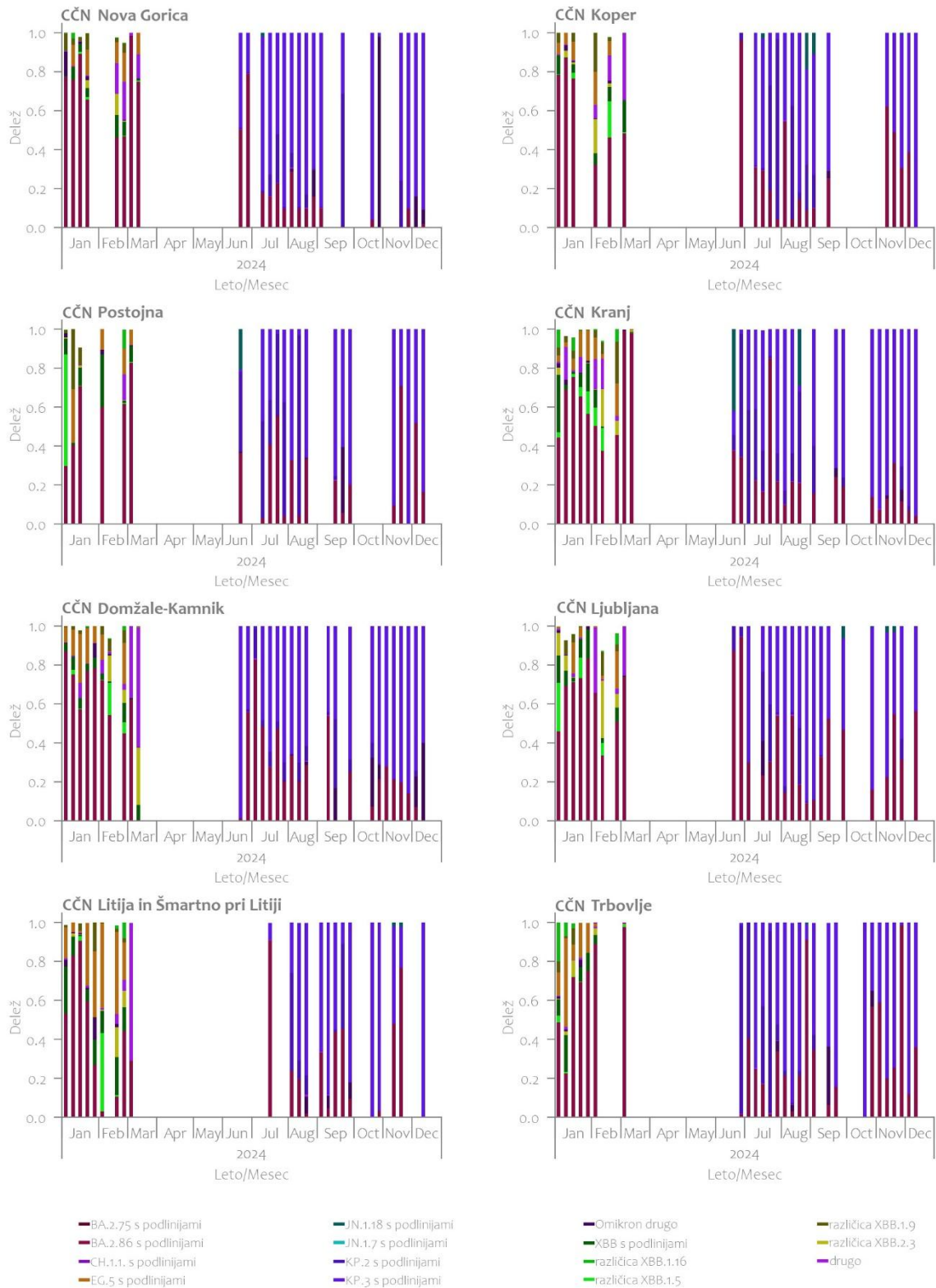
V prvem četrtletju leta 2024 je različica BA.2.86 s podlinijami prevladovala na prispevnih območjih večine KČN. Najvišji deleži te različice so bili zaznani na območjih CČN Kranj, CČN Nova Gorica, CČN Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Trbovlje, CČN Zagorje, CČN Šaleške doline in CČN Novo mesto, kjer je v določenih tednih preseгла 90,0 %.

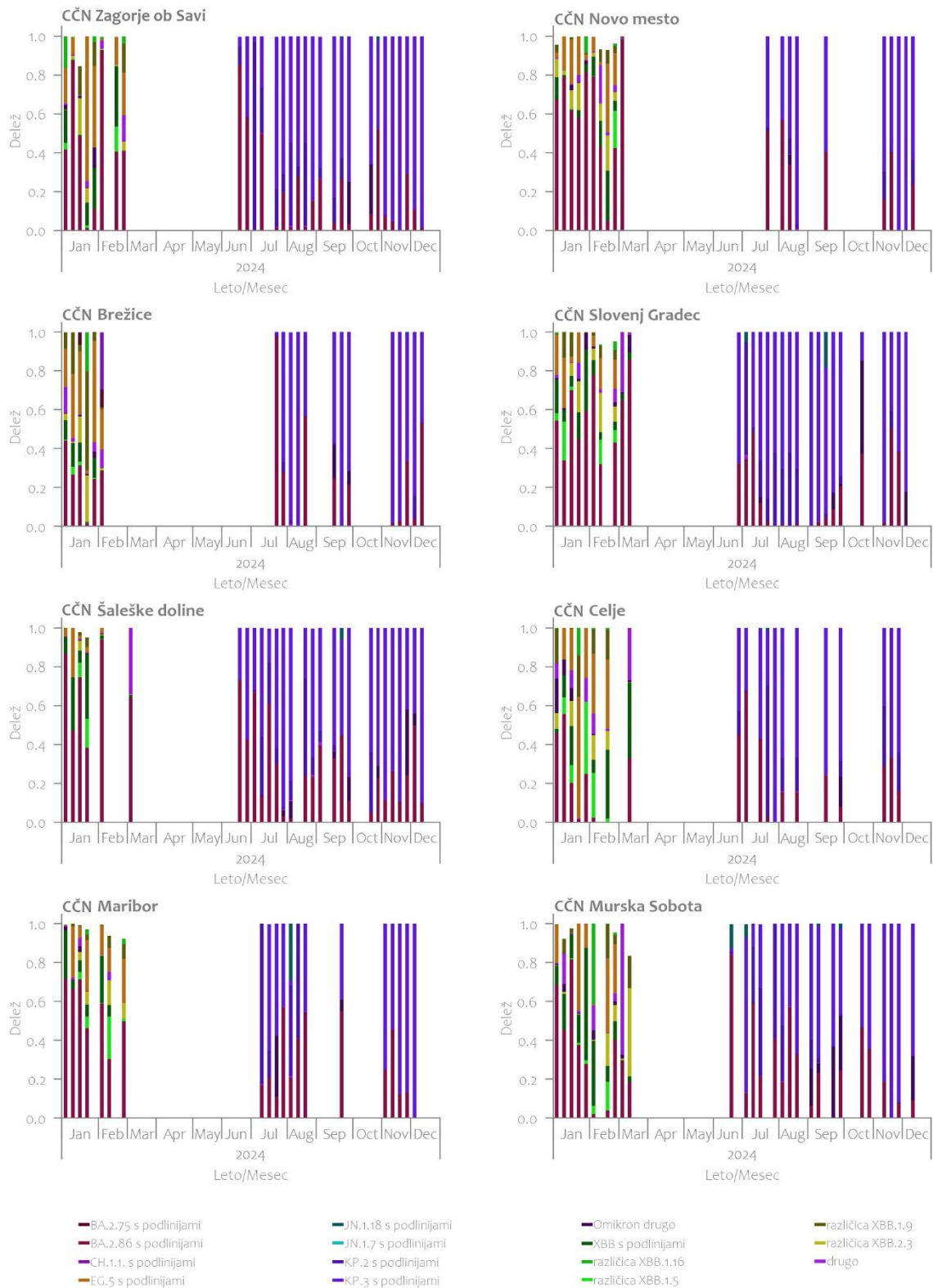
Na območju CČN Brežice so v istem obdobju prevladovali različice XBB in EG.5 s podlinijami. V posameznih tednih so bile različice XBB dominantne tudi na CČN Ljubljana, CČN Murska Sobota, CČN Brežice, CČN Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Postojna, CČN Šaleške doline, CČN Celje in CČN Novo mesto, kjer so presegle 50,0 % delež.

V obdobju med marcem in junijem 2024 (18. 3. 2024–15. 6. 2024) zanesljiva določitev različic na posameznih KČN ni bila možna.

V drugi polovici leta je delež različice KP.3 s podlinijami začel hitro naraščati po vseh KČN. Naraščanje deleža te različice je bil nekoliko počasnejši na območjih CČN Postojna, CČN Slovenj Gradec, CČN Celje in CČN Novo mesto. Do konca leta 2024 je KP.3 s podlinijami postala prevladujoča različica po celotni Sloveniji. Za opazovano obdobje spremljanja (1. 1. 2024–31. 12. 2024) je delež posameznih različic SARS-CoV-2 za spremljanih 16 KČN prikazan na Sliki 5.

Slika 5: Razširjenost različic SARS-CoV-2 za spremljanih 16 komunalnih čistilnih naprav, 1. 1. 2024–31. 12. 2024, Slovenija.





Vir: Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v Sloveniji (NIJZ), 16. 1. 2025. CČN – Centralna čistilna naprava.

3.2 Poliovirusi

V letu 2024 v Sloveniji na 16 spremljanih KČN nismo dokazali prisotnosti poliovirusov (Tabela 2).

Tabela 2: Rezultati spremljanja poliovirusov v odpadni vodi na 16 komunalnih čistilnih napravah v Sloveniji, 2024.

Sestavljeni vzorec (območje)	Rezultat			
	4. 3. in 5. 3. 2024	3. 6. in 4. 6. 2024	2. 9. in 3. 9. 2024	2. 12. in 3. 12. 2024
Osrednjeslovenska – Ljubljana ¹	negativen	negativen	negativen	negativen
Osrednjeslovenska – ostalo ²	negativen	negativen	negativen	negativen
Primorska ³	negativen	negativen	negativen	negativen
Celjsko-Novomeško ⁴	negativen	negativen	negativen	negativen
Vzhodna Slovenija ⁵	negativen	negativen	negativen	negativen

Vir: Epidemiološko spremljanje poliovirusov v odpadni vodi (NIJZ), 16. 1. 2025. CČN – Centralna čistilna naprava.

Legenda: ¹ CČN Ljubljana; ² CČN Domžale-Kamnik, CČN Kranj, CČN Trbovlje, CČN Litija in Šmartno pri Litiji, CČN Zagorje; ³ CČN Koper, CČN Nova Gorica, CČN Postojna; ⁴ CČN Celje, CČN Šaleške doline, CČN Novo mesto, CČN Brežice; ⁵ CČN Maribor, CČN Murska Sobota, CČN Slovenj Gradec.

4 Razprava

4.1 Interpretacija rezultatov spremljanja SARS-CoV-2

Spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi v letu 2024 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 2.121 (± 1.354) oseb. Ti rezultati kažejo na to, da je bilo širjenje virusa v populaciji v 2024 še vedno prisotno, kljub temu, da je bila zaznana velika variabilnost števila okuženih skozi različna obdobja v letu.

Upad ocenjenega števila okuženih oseb med marcem in junijem, zaznan v sistemu spremljanja SARS-CoV-2 v odpadni vodi, je bil opažen že v letu 2023 (24). Hkrati ta upad sledi sezonskemu vzorcu okužb, ki ga je epidemiološki sistem spremljanja prijav okužb s SARS-CoV-2 v Sloveniji zaznal v letih 2020-2023 (13).

Podatki spremljanja različic SARS-CoV-2 v odpadni vodi so pokazali, da je v začetku leta 2024 v Sloveniji prevladovala različica BA.2.86 s podlinijami. V drugi polovici junija pa je različica KP.3 začela prevzemati prevladujočo vlogo, pri čemer je sčasoma postala prevladujoča različica. Sprememba v prevladujoče različice ni le pokazatelj evlucijskih sprememb virusa, ampak ima lahko tudi pomemben vpliv na širjenje virusa v populaciji. Povečana razširjenost različice KP.3 v odpadni vodi od junija dalje, sovпада z višjim ocenjenim številom okuženih oseb, kar nakazuje, da bi lahko pojav nove različice prispeval k ponovnemu porastu okužb v Sloveniji.

V dokumentu Operativna priporočila za nadzor respiratornih virusov v Evropi, julij 2022 (25) Evropski center za preprečevanje in obvladovanje bolezni (ECDC) poudarja pomen integriranega nadzora SARS-CoV-2 z obstoječimi sistemi za spremljanje drugih respiratornih virusov, kot sta gripa in respiratorni sincicijski virus. Ta pristop omogoča učinkovitejšo uporabo virov in zagotavlja celovit vpogled v kroženje različnih virusov v populaciji. Namesto množičnega testiranja celotne populacije ECDC priporoča ciljno usmerjen nadzor, ki temelji na sentinelnih sistemih, spremljanju specifičnih skupin prebivalstva in uporabi večkratnih PCR testov za hkratno zaznavanje več virusov v enem vzorcu. V tem kontekstu ima ključno vlogo tudi spremljanje v odpadni vodi, ki omogoča neinvazivno spremljanje virusne dinamike v populaciji ter zgodnje odkrivanje porasta okužb. To potrjujejo tudi rezultati spremljanja našega sistema v odpadni vodi, ki so pokazali, da se virus pogosto zazna že pred porastom kliničnih primerov v populaciji (24,26). Analiza odpadne vode lahko tako pomembno dopolnjuje klinične podatke, še posebej v obdobjih, ko laboratorijsko testiranje ni obsežno ali dostopno v zadostni meri. Poleg tega omogoča spremljanje širjenja različnih 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.

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

4.2 Interpretacija rezultatov spremljanja poliovirusov

V letu 2024 prisotnost poliovirusov v vzorcih odpadne vode v Sloveniji ni bila dokazana oziroma je bila njihova koncentracija pod mejo detekcije. Ti rezultati so skladni tudi z rezultati epidemiološkega spremljanja primerov otroške paralize v Sloveniji in drugih sistemov spremljanja poliovirusov, saj v letu 2024 ni bil prijavljen noben primer. Za primerjavo v letu 2024 je bil krožeči poliovirus tipa 2, pridobljen s cepivom (angl.: Circulating Vaccine Derived Poliovirus type 2) potrjen v vzorcih odpadne vode v Združenem kraljestvu, Nemčiji, Španiji ter na Finskem in Poljskem (27).

4.3 Izzivi razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi

Strokovno področje epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni 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 bolezni v odpadni vodi ni zakonsko urejeno, zato bi bilo treba redno in izredno spremljanje v odpadni vodi zakonsko urediti, s čimer bi se zagotovilo tudi stalno financiranje tovrstnega spremljanja.

Pomemben izziv razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi zagotovo predstavlja vključitev še dodatnih povzročiteljev nalezljivih bolezni in njihovih lastnosti, za katere obstajajo strokovno utemeljeni razlogi. Mednje zagotovo spada tudi spremljanje antimikrobne rezistence (28) in virusov influence (29,30).

Pomemben izziv razvoja epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi predstavlja tudi pripravljenost na hitro vzpostavitev in izvajanje izrednega spremljanja, ob nenadnem pojavu povzročitelja nalezljive bolezni, ki predstavlja grožnjo javnemu zdravju in ga je smiselno spremljati v odpadni vodi. Tako smo v letu 2024 vzpostavili Načrt izrednega epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana (31).

5 Zaključek

Epidemiološko spremljanje SARS-CoV-2 v odpadni vodi se je v Sloveniji izkazalo kot učinkovito komplementarno spremljanje nalezljive bolezni, pomen katerega se je pričela dodatno krepiti z zmanjševanjem obsega testiranja zbolelih in okuženih oseb (22). Z uvedbo epidemiološkega spremljanja poliovirusov v odpadni vodi pa smo vzpostavili tretji steber spremljanja skladno s programom izkoreninjenja 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 podporni 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 (32,33);

- delo v ciljanem raziskovalnem projektu Pilotno epidemiološko spremljanje na karbapeneme odporne bakterije v odpadni vodi v Sloveniji, namen katerega je vzpostaviti spremljanje protimikrobne odpornosti v odpadni vodi v Sloveniji s poudarkom na proti karbapenemom odpornih bakterijah in pilotno testiranje tega sistema (34).
- delo v sklopu razvojne naloge Razvoj spremljanja virusov influence in respiratornega sinicijskega virusa v odpadni vodi v Sloveniji - pilotna raziskava;
- 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, 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. 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).
9. 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).
10. 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).
11. Ghendon Y, Robertson SE. Interrupting the transmission of wild polioviruses with vaccines: immunological considerations. *Bull World Health Organ* 1994; 72(6): 973–983.
12. 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>.
13. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Evidence nalezljivih bolezni – NIJZ48. 2025.
14. World Health Organization. Poliomyelitis vaccination coverage. 2024. Dostopno 18. 11. 2024 na: <https://immunizationdata.who.int/global/wiise-detail-page/poliomyelitis-vaccination-coverage?CODE=SVN&ANTIGEN=&YEAR>.
15. 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>.
16. Čižman M. Otroška paraliza. In: Tomažič J, Strle F, ed. Infekcijske bolezni. 2nd ed. Ljubljana: Združenje za infektologijo, Slovensko zdravniško društvo; 2017. p. 229–230.

17. 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/>.
18. 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/>.
19. 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).
20. 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).
21. 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).
22. 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).
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. Galičič A, Kranjec N, Rožanec J. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni v odpadni vodi v Sloveniji v letu 2023. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2024. Dostopno 21. 2. 2025 na: <https://nijz.si/nalezljive-bolezni/epidemiolosko-spremljanje-povzrociteljev-nalezljivih-bolezni-v-odpadnih-vodah-v-sloveniji/>.
25. 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>.
26. Galičič A, Kranjec N, Fafangel M. Epidemiološko spremljanje povzročiteljev nalezljivih bolezni 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/>.
27. European Centre for Disease Prevention and Control. Communicable disease threats report, 7-13 December 2024, week 50. 2024. Dostopno 10. 1. 2025 na: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/communicable-disease-threats-report-7-13-december-2024-week-50>.
28. 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 30. 11. 2024 na: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER-antimicrobial-resistance.pdf>.
29. 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).
30. 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).

31. Galičič A, Rožanec J, Steyer A, Jurša T. Načrt izrednega epidemiološkega spremljanja povzročiteljev nalezljivih bolezni na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2024.
32. EU-WISH. EU-Wastewater Integrated Surveillance for public Health. Dostopno 16. 12. 2024 na: <https://www.eu-wish.eu/>.
33. Nacionalni inštitut za javno zdravje. EU-WISH – EU Wastewater Integrated Surveillance for Public Health. Dostopno 17. 12. 2024 na: <https://nijz.si/projekti/eu-wish-eu-wastewater-integrated-surveillance-for-public-health/>.
34. 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/>.