

Monitoring koronaviru SARS-CoV-2 v odpadních vodách v ČR pro využití v systému včasného protiepidemického varování

Hana Mlejnková, Kateřina Sovová, Lucie Jašíková, Petra Vašíčková, Věra Očenášková, Lucia Gharwalová, Alena Fialová, Eva Juranová



KONFERENCE

Příspěvek zazněl na mezinárodní konferenci VODÁRENSKÁ BIOLOGIE 2021, konané ve dnech 10. až 11. února 2021 v Interhotelu Olympik v Praze.

Koronavirus SARS-CoV-2 je zástupcem virů, způsobujících onemocnění dýchacích cest, které jsou primárně vylučovány respiračními sekrety. Genové fragmenty SARS-CoV-2 byly však v mnoha případech prokázány také ve stolici a moči infikovaných osob (u více než 50 % nakažených) [1,2] a jejich vylučování bylo zjištěno 3 až 33 dní po negativním respiračním testu pacienta [3]. Klinické studie ukázaly, že střevo může být dalším cílovým orgánem viru SARS-CoV-2, pomocí buněčných kultur byla prokázána i možnost pomnožení virů ve stolici [4]. Jsou popsány i gastrointestinální příznaky jako bolesti břicha, zvracení, často i průjem (u cca 2 až 50 % nakažených), které se vyskytovaly často před vypuknutím nemoci a přetrvávaly i dlouho (cca 10–14 dní) po odeznění respiračních potíží a průkazu viru v dýchacích cestách [5].

Uvedené informace nabízí možnost využití koronaviru SARS-CoV-2 jako biomarkeru pro vytvoření systému včasného epidemického varování. Epidemiologický přístup k odpadním vodám (WBE – wastewater based epidemiology) je relativně nový přístup, využívající kvantitativního měření lidských biomarkerů v odpadních vodách za účelem cílených hodnocení, např. životního stylu, zdraví nebo expozice populace nejruznějším látkám. V ČR je aktuálně využíván ke stanovení drog [6], poliovirů [7] a enterovirů.

Detekce fragmentu RNA viru SARS-CoV-2 jako biomarkeru v odpadních vodách nabízí možnost poskytnutí jedinečných epidemiologických informací o výskytu viru v populaci nebo v určité komunitě, tedy sledování jeho přítomnosti, absence, sezónních nebo jiných trendů a výkyvů. Při správně nastaveném systému monitoringu odpadních vod bude možné sledovat nástup a vývoj počtu infekčních onemocnění v dalších obdobích a využít monitoring jako nástroj včasného varování pro nastavení systému účinného dohledu nad šířením nákazy.

V ČR je díky rozsáhlé síti kanalizací a čistíren odpadních vod (ČOV) vhodné prostředí pro jejich využití k systematickému epidemiologickému monitoringu. Podle informací Ministerstva zemědělství je v ČR 3 166 ČOV, z toho 9 nad 100 000 ekvivalentních obyvatel (EO), 122 nad 10 000 EO, 417 nad 2 000 EO a 2 618 do 2 000 EO. Podle počtu napojených obyvatel na ČOV by monitoringem jejich odpadních vod mohl být podchycen stav u cca 80 % obyvatel ČR, sledováním ČOV nad 10 000 EO by bylo podchyceno více než 50 % obyvatel ČR.

Metodika

Vzorkování

Monitoring přítomnosti koronaviru SARS-CoV-2 v odpadních vodách je prováděn od dubna 2020. V jarní vlně epidemie

bylo společně se společností SOVAK ČR získáno 137 vzorků nátoků na 40 ČOV z celého území ČR. Další dvě etapy monitoringu zahrnovaly odběry vzorků odpadních vod v období od listopadu do prosince 2020 a od února do března 2021. Snahou rozsáhlého vzorkování je zachytit různé úrovně počtů infikovaných osob. Podíl infikovaných osob na počet obyvatel napojených na sledované ČOV se na jaře (duben–červen) pohyboval v průměru kolem 0,2 %, v listopadu kolem 0,9 % a v období od února do března 2021 to bylo 0,4 až 1,2 % (údaje byly získány z veřejných zdrojů: seznam.cz a novinky.cz).

V podzimní vlně bylo odebráno přes 240 vzorků různých typů z 50 ČOV různých velikostí. Podle možností jednotlivých ČOV byly odebrány vzorky prosté (P) – bodový odběr, 2hodinové směsné (A), 24hodinové směsné (B), 24hodinové směsné úměrné průtoky (C). V roce 2021 probíhá odběr vzorků definovaným způsobem (směsné vzorky v 15minutových intervalech od 5.00 do 23.00 hodin) na základě předchozí charakterizace přítékajících odpadních vod. Odběry jsou prováděny automatickými vzorkovači, umístěnými na přítocích do ČOV. Získání vzorků přispívá vstřícná spolupráce provozovatelů ČOV. Vzorky jsou po odběru do 24 hodin předány ke zpracování nebo zamrazeny na -70°C .

PCR analýza

Detekce přítomnosti viru SARS-CoV-2 v odpadních vodách byla prováděna ve virologické laboratoři VÚVeL v Brně, která má s detekcí virů v odpadních vodách dlouholeté zkušenosti [8]. Stanovení bylo prováděno pomocí RT-qPCR analýzy, kterou byla zjišťována přítomnost specifického fragmentu RNA viru SARS-CoV. Pro extrakci RNA byla použita metoda přímé flokulace [9] a třepání po dobu 10 hodin. RNA byla izolována s použitím NucliSENS® miniMAG® systému (BioMérieux). Pro kontrolu procesu byl použit prasečí koronavirus TGEV, kmen M42 ze Sbírký zoopatogenních organismů, VÚVeL. Vlastní detekce byla provedena s využitím kitu EliGene COVID19 Basic A RT (Elizabeth Pharmacoon, ČR). Za pozitivní byly považovány vzorky s kvantifikační hodnotou $C_q < 40$.

Zpracování dat

Zpracování dat bylo prováděno ve spolupráci s Oddělením biostatistiky Státního zdravotního ústavu, který ze zdravotnického sektoru zajistil údaje o počtech infikovaných osob v monitorovaných oblastech. Zpracování sady vzorků z jarního kola odběrů bylo prováděno s využitím údajů o počtech infikovaných osob v konkrétních oblastech, které byly v průběhu monitoringu nedostupné. Data o osobách pozitivních na SARS-CoV-2 byla získána z celostátního systému ISIN (Informační systém in-

fekčních nemocí). Data do ISINu jsou vkládána z krajských hygienických stanic. Ke grafickému zobrazení epidemiologické situace bylo využito datum prvních příznaků a předpoklad, že člověk je infekční až tři dny před tímto datem a nejvíce viru vylučuje do 10. dne od prvních příznaků. U některých osob vylučování probíhá déle než 10 dní, což je v grafech zobrazeno slabší barvou. Délka se odvíjí od toho, zda je známo datum negativního PCR testu, pokud ne, je řada ukončena po 30 dnech. Pokud osoba zemřela, řada končí datem úmrtí. Grafy zobrazují výsledky monitoringu odpadních vod v konkrétních datech.

Výsledky

Tabulka 1 uvádí výsledky monitoringu z první vlny epidemie. Od dubna do června 2020 bylo monitorováno 7 ČOV v kategorii nad 100 000 ekvivalentních obyvatel (EO), z 19 odebraných vzorků byly 4 pozitivní (21 %), v kategorii 10 až 100 000 EO bylo na 24 ČOV odebráno 74 vzorků, z nichž bylo 12 pozitivních (24 %), v kategorii 2 až 10 000 EO bylo sledováno 6 ČOV, z 24 odebraných vzorků byly pozitivní 3 (14 %) a v kategorii do 2 000 EO bylo odebráno 7 vzorků z 3 ČOV, 1 vzorek byl pozitivní (14 %) – obr. 1. Pozitivní nálezy byly zji-

Tabulka 1: Výsledky monitoringu odpadních vod v ČR v první vlně epidemie covid-19

| ČOV | Počet pozitivních osob ^a | Podíl pozitivních osob z počtu napojených obyvatel [%] | Délka kanalizační sítě [km] | Podíl OV ^b | Kategorie podle EO | Typ vzorku | Počet vzorků ^c | Počet pozitivních vzorků ^c |
|--------|-------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|--------------------|------------|---------------------------|---------------------------------------|
| ČOV_1a | 2 392 | 0,2 | – | – | nad 100 tis. | P | 1 | 1 |
| ČOV_1b | 2 392 | 0,2 | – | – | nad 100 tis. | P | 1 | 1 |
| ČOV_1c | 2 392 | 0,2 | – | – | nad 100 tis. | P | 1 | 1 |
| ČOV_2 | 272 | 0,1 | 1 146 | 60/30/– | nad 100 tis. | C | 9 | 0 |
| ČOV_3 | 513 | 0,2 | 898 | 70/30/– | nad 100 tis. | P | 3 | 1 |
| ČOV_4 | 89 | 0,1 | 552 | 50/50/– | nad 100 tis. | P | 2 | 0 |
| ČOV_5 | 100 | 0,1 | 474 | 80/20/– | nad 100 tis. | C | 2 | 0 |
| ČOV_6 | 65 | 0,1 | 308 | 33/12/55 | 10–100 tis. | C | 2 | 0 |
| ČOV_7 | 53 | 0,1 | 182 | 80/20/– | 10–100 tis. | C | 2 | 1 |
| ČOV_8 | 203 | 0,3 | 147 | 56/44/– | 10–100 tis. | B | 2 | 0 |
| ČOV_9 | 41 | 0,1 | 211 | – | 10–100 tis. | B | 8 | 0 |
| ČOV_10 | 87 | 0,2 | 157 | 68/32/– | 10–100 tis. | C | 2 | 0 |
| ČOV_11 | 450 | 0,9 | 121 | 75/25/– | 10–100 tis. | C | 2 | 0 |
| ČOV_12 | 43 | 0,1 | 127 | 77/33/– | 10–100 tis. | B | 2 | 0 |
| ČOV_13 | 33 | 0,1 | 214 | 64/36/– | 10–100 tis. | B | 2 | 0 |
| ČOV_14 | 140 | 0,4 | 170 | 31/33/36 | 10–100 tis. | B | 4 | 0 |
| ČOV_15 | 21 | 0,1 | 178 | 97/3/– | 10–100 tis. | B | 2 | 0 |
| ČOV_16 | 2 | 0,0 | 102 | 90/10/– | 10–100 tis. | C | 1 | 0 |
| ČOV_17 | 16 | 0,1 | 105 | 85/15/– | 10–100 tis. | B | 1 | 0 |
| ČOV_18 | 58 | 0,2 | 65 | 70/30/– | 10–100 tis. | B | 11 | 3 |
| ČOV_19 | 10 | 0,0 | 39 | 80/20/– | 10–100 tis. | C | 2 | 0 |
| ČOV_20 | 73 | 0,3 | 141 | 61/39/– | 10–100 tis. | B | 2 | 0 |
| ČOV_21 | 0 | 0,0 | 80 | 50/50/– | 10–100 tis. | P | 2 | 0 |
| ČOV_22 | 2 | 0,0 | 96 | 76/24/– | 10–100 tis. | B | 3 | 0 |
| ČOV_23 | 6 | 0,0 | 83 | 76/24/– | 10–100 tis. | B | 3 | 0 |
| ČOV_24 | 3 | 0,0 | 71 | 75/25/– | 10–100 tis. | B | 5 | 1 |
| ČOV_25 | 135 | 1,2 | 56 | 90/10/– | 10–100 tis. | C | 5 | 2 |
| ČOV_26 | 85 | 0,8 | 42,6 | 70/30/– | 10–100 tis. | P | 2 | 0 |
| ČOV_28 | 42 | 0,5 | – | 75/25/– | 10–100 tis. | C | 3 | 0 |
| ČOV_37 | 127 | 0,3 | 66 | 100/–/– | 10–100 tis. | B | 2 | 0 |
| ČOV_38 | 99 | 0,6 | 52 | 100/–/– | 10–100 tis. | B | 4 | 2 |
| ČOV_27 | 16 | 0,2 | 72 | 90/10/– | 2–10 tis. | P | 7 | 1 |
| ČOV_29 | 4 | 0,1 | 54 | 100/–/– | 2–10 tis. | A | 2 | 0 |
| ČOV_30 | 0 | 0,0 | 28 | 80/20/– | 2–10 tis. | P | 5 | 1 |
| ČOV_31 | 18 | 0,3 | 56 | 100/–/– | 2–10 tis. | A | 2 | 0 |
| ČOV_32 | 5 | 0,1 | 29 | 80/20/– | 2–10 tis. | B | 5 | 2 |
| ČOV_33 | 4 | 0,1 | 25 | 84/16/– | 2–10 tis. | B | 3 | 0 |
| ČOV_34 | 0 | 0,0 | 11 | 100/–/– | do 2 tis. | B | 3 | 1 |
| ČOV_35 | 0 | 0,0 | 0,03 | 100/–/– | do 2 tis. | B, A | 2 | 0 |
| ČOV_36 | 10 | 0,0 | – | – | do 2 tis. | P | 2 | 0 |

^a Počet pozitivních PCR osob – kumulativně do 7. 7. 2020 (–3. až 11. den).

^b Komunální/průmyslové/balastní + dešťové.

^c Duben až červen.

štěny ve všech kategoriích ČOV v podobném procentuálním podílu. V jarní vlně epidemie bylo v celé ČR, tj. i na sledovaných lokalitách, velmi nízké procento po-

zitivních osob z počtu obyvatel napojených na příslušnou ČOV (0–1,2 %; průměr 0,2 %), přestože jsme se zaměřovali na oblasti se zvýšeným výskytem nemoci.

Porovnání počtů vzorků odpadních vod s prokázanou přítomností RNA viru s hlášenými počty nakažených ukázalo několik variant výsledků. První variantou je zjištěná absence viru v odpadních vodách v lokalitách, kde byl evidován výskyt pozitivně testovaných osob (obr. 2). Příčinou může být velké naředění odpadních vod, tj. hledaná částice genomu nebyla do vzorku zachycena v detekovatelném množství nebo stavu (došlo např. k degradaci RNA pomocí enzymů štěpících RNA, sorpci nebo vlivem doprovodné mikroflóry již před odběrem nebo při transportu vzorku). Dalším důvodem může být fakt, že se virové částice nedostaly do trávícího nebo vylučovacího systému infikovaných osob, jak bylo popsáno výše – nebo, že se v době nemoci tyto osoby nevyskytovaly v místě, kde byly evidovány jako infikované (pobyt v zaměstnání, v rekreačních objektech apod.).

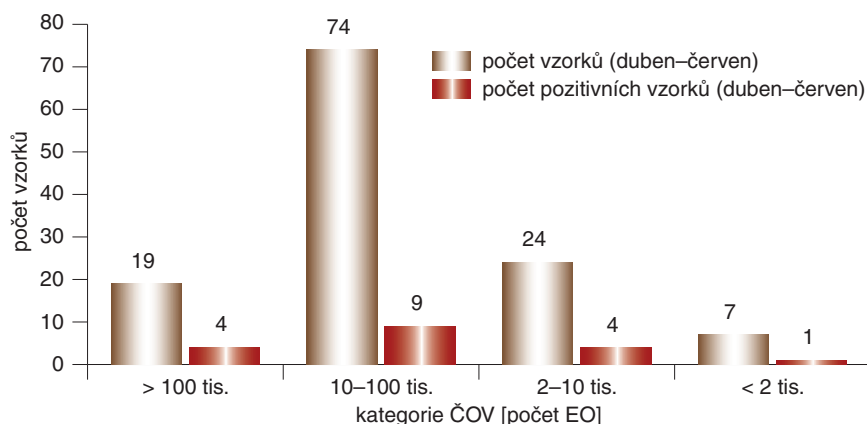
Dalším výsledkem byla varianta s pozitivním nálezem virových fragmentů v odpadních vodách na lokalitách, kde nebyly hlášeny žádné infikované osoby (obr. 3). Tento případ lze vysvětlit přítomností neevidovaných infikovaných osob, tj. buď bezpříznakových, nenahlášených nebo evidovaných v jiném místě, než skutečně pobývaly.

Nejdůležitější výsledky, které budou nejvíce využitelné pro vývoj systému včasného varování, jsou z lokalit, kde byly nalezeny pozitivní vzorky odpadních vod a hlášena přítomnost pozitivně testovaných osob (obr. 4). Pro správnou interpretaci těchto výsledků je nutné rozlišovat jednotlivé ČOV podle velikosti a použité technologie, neboť ne všechny jsou vhodné pro epidemiologické prognózy. ČOV se liší především množstvím odpadních vod, které jsou na ně přiváděny; počtem napojených obyvatel; délkou a větvením kanalizační sítě a ve většině případů zpracováním směsi komunálních a průmyslových odpadních vod. U velkých ČOV je nutné brát ještě zřetel na napojování dílčích stok a na výběr míst pro vzorkování.

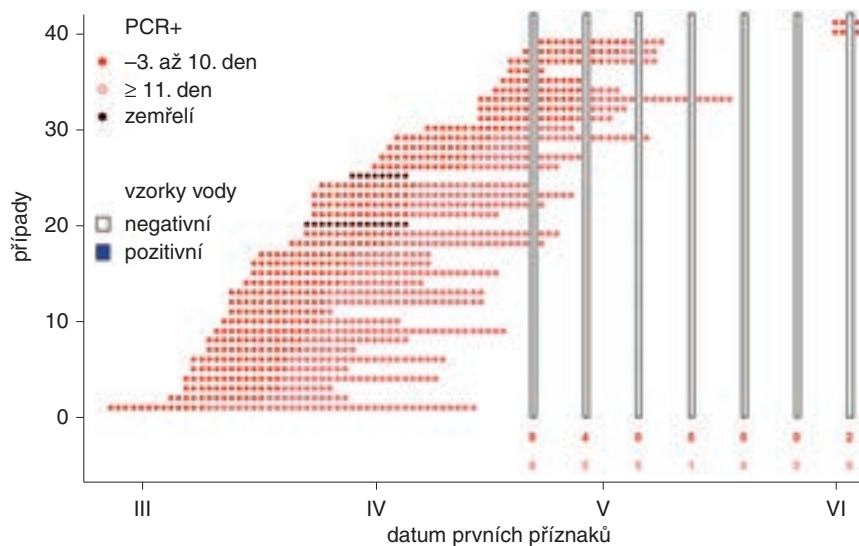
Na obr. 5 jsou rozlišeny regiony s negativním a opakovaným nálezem SARS-CoV-2 RNA. Absolutní počty evidovaných osob s pozitivním PCR testem se ve sledovaných oblastech pohybovaly od 0 do 2 400, což představovalo 0 až 1,2 % obyvatel napojených na danou ČOV.

Diskuse

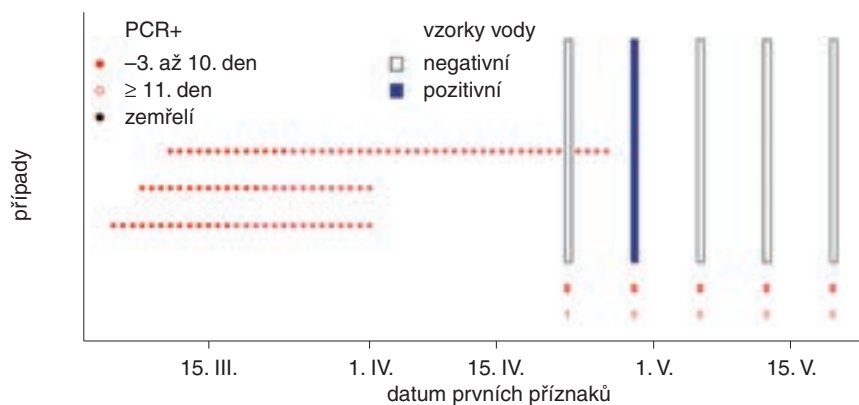
Testování odpadních vod na přítomnost RNA viru SARS-CoV-2 se aktivně rozbíhá v mnoha zemích na celém světě se stejným cílem, kterým je přispět k účinn-



Obr. 1: Počty vzorků s detekovanou SARS-CoV-2 RNA v kategoriích ČOV podle počtu ekvivalentních obyvatel



Obr. 2: Příklad ČOV s negativním nálezem SARS-CoV-2 RNA v odpadní vodě a pozitivním výskytem infikovaných osob



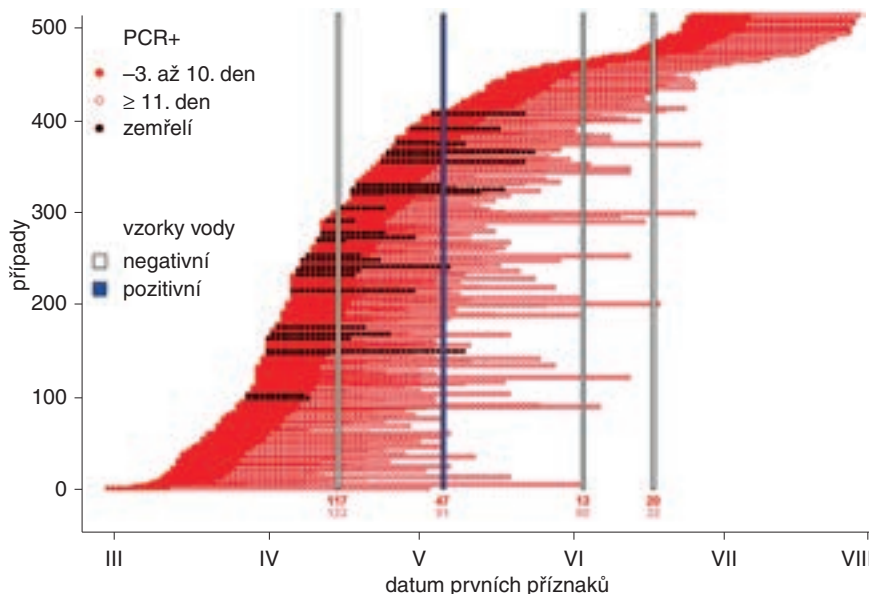
Obr. 3: Příklad ČOV s pozitivním nálezem SARS-CoV-2 RNA v odpadní vodě a negativním výskytem infikovaných osob

ným opatřením v boji se šířením zákeřné nemoci a zejména k využití epidemiologického systému v případě dalších možných epidemií. Po úspěšných výzkumech nizozemských vědců [10,11] jsou publikovány podobné výzkumy z Austrálie [12], Španělska [13], Rakouska [14], USA, Izraele, Brazílie, Turecka, Indie, Itálie a Francie [3]. S výjimkou Japonska byla ve všech zemích přítomnost RNA viru SARS-CoV-2 v nečištěných odpadních vodách prokázána [3].

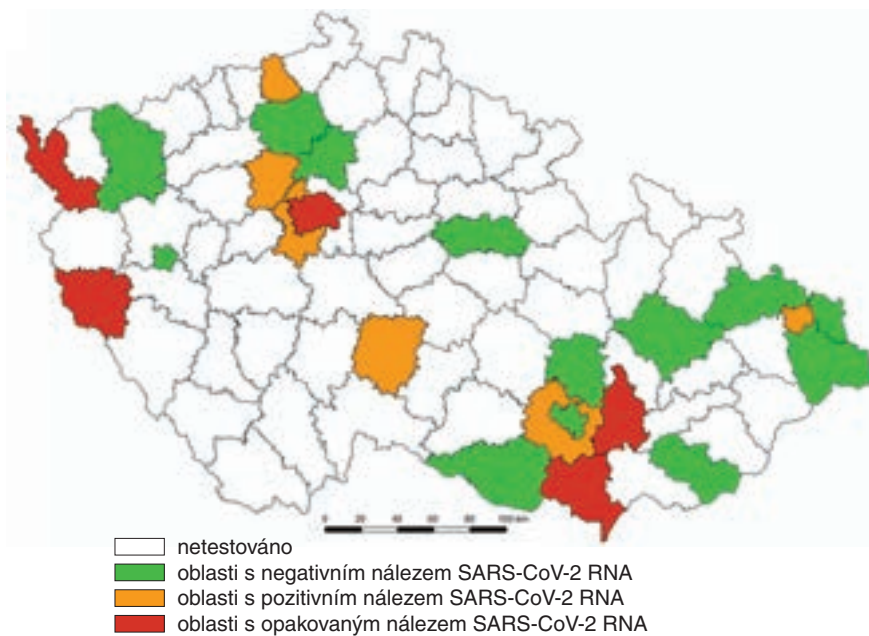
Studiu přítomnosti koronaviřů ve střevech a moči a možnosti jejich přenosu fekálně-orální cestou se aktuálně věnuje velké množství klinických vědců z celého světa. Mnozí navazují na výzkum předchozích významných zástupců koronaviřů SARS-CoV-1 a MERS. Významný objev udělali vědci z Hubrechtova institutu v Utrechtu, kteří výzkumy na tkáňových kulturách potvrdili, že viry SARS-CoV-2 mohou infikovat buňky střev a množit se v nich [15]. Tímto poznatkem se významně zvyšuje význam monitoringu odpadních vod a studium možné kontaminace vodního prostředí. Průkaz přenosu fekálně-orální cestou však dosud prokázán nebyl. Zatím nejsou známy údaje, zda se v tělních exkretech vyskytují fragmenty viru u všech infikovaných osob nebo zda záleží na průběhu a symptomech, v jakém množství, po jak dlouhou dobu, v které fázi nemoci a zda i u bezpříznakových jedinců. Důležitá je také konkrétní imunitní odpověď infikované osoby, která může probíhat různými mechanismy, z nichž některé mohou genom viru rozložit až na nedetekovatelné fragmenty.

Díky velmi nízkým počtům infikovaných osob v ČR v jarní vlně epidemie se podařilo získat jedinečné výsledky, které umožnily zachytit dolní mez detekce zvolené metody. Fragmenty SARS-CoV-2 byly stanoveny v odpadních vodách od 6 000 až po 80 000 napojených obyvatel z ČOV, mezi nimiž byly aktuálně v daný den evidovány pouze jednotky infikovaných osob. Tato velmi nízká čísla ukazují na velmi vysokou citlivost metody [16].

Podmínkou úspěšnosti celého postupu je cílený a správně provedený odběr odpadních vod. Je třeba důrazně akceptovat rozdíly mezi typy a charakterem ČOV, neboť ne všechny jsou vhodné pro epidemiologické prognózy. Mezi nejvýznamnější faktory pro jejich výběr patří celkové množství přiváděných odpadních vod, počet napojených obyvatel, délka a větvení kanalizační sítě a naředení komunálních odpadních vod průmyslovými a srážkovými vodami (obr. 6). U velkých ČOV je nutné brát ještě zřetel na napojování dílčích stok a zvážit více odběrových míst [17]. Pro vlastní vzorkování je důležitý typ vzorku, doba odběru, teplota odpadní vody, naředení odpadních vod, místo odběru aj.



Obr. 4: Příklad ČOV s pozitivním nálezem SARS-CoV-2 RNA v odpadní vodě a pozitivním výskytem infikovaných osob



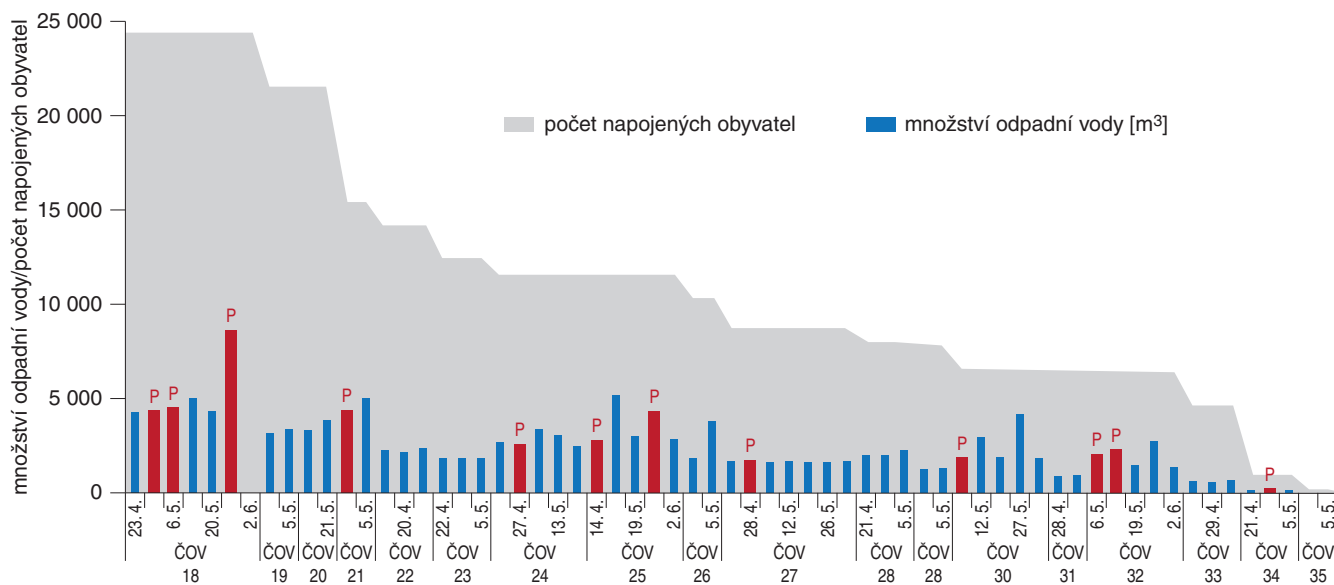
Obr. 5: Výskyt SARS-CoV-2 RNA v odpadních vodách v ČR v jarní vlně epidemie

Závěr

Epidemiologický přístup k odpadním vodám, aplikovaný v době koronaviřů v mnoha zemích světa, se podle dosavadních výsledků ukazuje jako jedna z možností smysluplných opatření v systému včasného varování. Vzhledem ke stále probíhající pandemii není v současné době možné odzkoušet fázi zachycení nástupu nové vlny, na kterou je systém prioritně cílen.

Získané výsledky z první etapy monitoringu odpadních vod, prováděné v jarní

vlně epidemie nemoci COVID-19, přineslo řadu zajímavých výsledků, které budou velmi cenné a nezbytné pro další práci na tvorbě systému, jehož cílem bude včasné zachycení varovného signálu nastupující epidemiologické situace v ČR a lokalizace rizikových míst. Tento cíl, spolu s optimalizací metodiky detekce viru SARS-CoV-2 v odpadních vodách, bude v letech 2021 až 2022 řešen v rámci projektu Využití monitoringu odpadních vod jako nástroje včasného varování před vznikem epidemiologické situace, který byl podpořen ve 4. veřejné soutěži Programu bezpečnost-



Obr. 6: Počet napojených obyvatel a množství odpadních vod u sledovaných ČOV s pozitivním nálezem SARS-CoV-2

ního výzkumu České republiky v letech 2015–2022 (BV III/1-VS). Hlavními výstupy projektu budou dvě metodiky: Metodika využití monitoringu rizikových biologických agens a biomarkerů v komunálních odpadních vodách jako nástroje pro včasné epidemiologické varování a Metodika detekce vybraných rizikových mikrobiologických agens pomocí PCR v odpadních vodách. Metodiky budou nabídnuty kompetentním složkám státu k využití v praxi.

Poděkování

Práce vznikla za podpory institucionálních prostředků MŽP prostřednictvím interního grantu 3600.52.33/2020 VÚV T. G. M., v. i. i., a projektu VIO4000017 Využití monitoringu od-

padních vod jako nástroje včasného varování před vznikem epidemiologické situace programu 4. VS BV III. Autoři děkují za poskytnutí výsledků sdružení SOVAK ČR a provozovatelům ČOV za vstřícnou spolupráci při poskytování vzorků odpadní vody.

Literatura

1. Mirjalali H, Nazemalhosseini-Mojarad E, Yadegar A, Mohebbi SR, Baghaei K, Shahrokh S, Asadzadeh Aghdaei H, Zali MR. The Necessity of Stool Examination in Asymptomatic Carriers as a Strategic Measure to Control Further Spread of SARS-CoV-2. *Front. Public Health* 2020;8:553589. doi: 10.3389/fpubh.2020.553589.
2. Xiao F, Tang M, Zheng X, Liu Y, Li X, Shan H. Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology* 2020;158(6): 1831–1833.e3. doi: 10.1053/j.gastro.2020.02.055.

Evropská komise důrazně doporučuje zavedení analýz odpadních vod na SARS-CoV-2

Dne 17. 3. 2021 Evropská komise vydala doporučení pro členské státy k zavedení monitoringu odpadních vod na nátoky městských čistíren odpadních vod s kapacitou alespoň 150 000 ekvivalentních obyvatel. Požadovaný termín vlastního zavedení je 1. 10. 2021 a je zároveň doporučeno odebírat minimálně dva vzorky týdně.

V České republice již proběhlo a aktuálně i probíhá pravidelné testování odpadních vod na přítomnost SARS-CoV-2. SOVAK ČR, který sdružuje vlastníky a provozovatele veřejných vodovodů a kanalizací, realizoval dvě měrné kampaně. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M. také provedl ověření přítomnosti viru v odpadních vodách a konečně i společnost Pražské vodovody a kanalizace, a. s., ze skupiny VEOLIA realizuje společně s Vysokou školou chemicko-technologickou v Praze dlouhodobé sledování v rámci rozšířeného projektu ArgTech. Obdobné systémy jsou již několik měsíců nasazeny i v jiných členských státech Evropské unie – např. ve Francii, a to na plošné bázi, či na bázi konkrétní aglomerace.

Přestože se liší způsob a rychlost vylučování fragmentů viru podle typu zasažených obyvatel (Kožíšek, Vodní hospodářství), tak dlouhodobé sledování homogenních a dostatečně hustých řad dává indikaci nárůstu onemocnění v aglomeraci či konkrétní části aglomerace/podniku již ve 14denním předstihu oproti běžným statistikám. I z toho důvodu bude SOVAK ČR podporovat a pomáhat se zavedením řízeného procesu monitoringu a svázání jeho výsledků s podrobnými daty Ministerstva zdravotnictví pro dané aglomerace, ovšem s výhradou úpravy či úplného zastavení monitoringu v případě změny trendů či změnách v úpravě podmínek analýz či úpravy vzorků. SOVAK ČR zároveň doufá, že zvýšené náklady spojené se zcela atypickým testováním nepůjdou k tíži dotčených vodárenských společností, ale stanou se součástí výdajů státu spojených se zvládnutím koronavirové pandemie.

Ing. Vilém Žák, ředitel a člen představenstva SOVAK ČR

Ing. Ondřej Beneš, Ph. D., MBA, LL. M., člen představenstva SOVAK ČR

3. Wiktorczyk-Kapischke N, Grudlewska-Buda K, Walecka-Zacharska E, Kwiecińska-Piróg J, Radtke L, Gospodarek-Komkowska E, Skowron K. SARS-CoV-2 in the environment – Non-droplet spreading routes. *Science of The Total Environment* 2021;770(May 20):145260. ISSN 0048-9697.
4. Lamers MM, Beumer J, van der Vaart J, Knoops K, Puschhor J, Breugem TI, Ravelli RBG, Paul van Schayck J, Mykytyn AZ, Duimel HQ, van Donselaar E, Riesebosch S, Kuijpers HJH, Schipper D, van de Wetering WJ, de Graa M, Koopmans M, Cuppen E, Peters PJ, Haagmans BL, Clevers H. SARS-CoV-2 productively infects human gut enterocytes. *Science* 2020;369:50–54. doi: 10.1126/science.abc1669.
5. Tian Y, Rong L, Nian W, He Y. Review article: gastrointestinal features in COVID-19 and the possibility of faecal transmission. *Aliment Pharmacol Ther* 2020;51(9):843–851. doi: 10.1111/apt.15731.
6. Očenášková V. Komunální odpadní voda jako diagnostické médium. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 2018;60(1):28–30. ISSN 0322-8916.
7. Kožíšek F. Ohlasy „Komentář k článku „Odpadní vody – možný zdroj informací o výskytu COVID-19. *Vodní hospodářství* 2020;70(10):26.
8. Vašíčková P, Žák V, Hrdý J, Krásna M, Krzyžánková M. Virová agens v odpadních vodách a projekt SOVAK ČR při testování. *Sovak* 2020;29(12):17–21.
9. Sims N, Kasprzyk-Hordern B. Future perspectives of wastewater-based epidemiology: Monitoring infectious disease spread and resistance to the community level. *Environ Int.* 202;139:105689. doi: 10.1016/j.envint.2020.105689.
10. Medema G, a kol. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>.
11. What we learn about the Corona virus through waste water research: www.kwrwater.nl/en/actueel/what-can-we-learn-about-the-coronavirus-through-waste-water-research/.
12. Ahmed W, Angel N, Edson J et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of the Total Environment* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>
13. www.laverdad.es/murcia/depuradoras-convierten-centinelas-20200412234209-ntvo.html#vca=fixed-btn&vso=rrss&vmc=wh&vli=Regi%C3%B3n-de-Murcia
14. www.eurocommpr.at/cz/Newsroom/Tiskove-zpravy/Vcasne-varovani-Rakousko-testuje-odpadni-vody-na-koronavir
15. Hubrecht Institute. "Coronavirus SARS-CoV-2 infects cells of the intestine." *ScienceDaily*. ScienceDaily, 4 May 2020. <www.sciencedaily.com/releases/2020/05/200504091438.htm>.
16. Mlejnková H, Sovová K, Jašíková L, Vašíčková P, Očenášková V, Juranová E, Fialová A. Koronavirus SARS-CoV-2 v odpadních vodách v ČR. In: Říhová Ambrožová J, Petráková Kánská K. *VODÁRENSKÁ BIOLOGIE 2021*. Praha 10.–11. 2. 2021, s. 33–40. ISBN 978-80-88238-19-5.
17. Mlejnková H, Sovová K, Očenášková V, Juranová E, Jašíková L, Vašíčková P, Fialová A. Monitoring koronaviru SARS-CoV-2 v odpadních vodách – co nám dosud ukázal a kam směřuje. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 2021;63(1):50–52. ISSN 0322-8916.

RNDr. Hana Mlejnková, Ph. D., Ing. Věra Očenášková,

Ing. Lucia Gharwalová, Ing. Eva Juranová,

Mgr. Lucie Jašíková, Ph. D.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Mgr. Kateřina Sovová, Ph. D.

*Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.,
pobočka Brno*

Mgr. Petra Vašíčková, Ph. D.

Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v. v. i.

Alena Fialová,

Státní zdravotní ústav