

Vyhodnotenie početnosti a pozitivity SARS-CoV-2 testovania na Slovensku v čase pandémie COVID-19 – výsledky laboratórií Medirex, a. s.

Nikola Janoštiaková^{1,2}, Andrej Gnip², Dominik Kodada^{1,2}, Gabriela Bľandová¹, Emília Miková², Elena Tibenská², Vanda Repiská¹, Gabriel Minárik³

¹Univerzita Komenského v Bratislave Lekárska fakulta, Ústav lekárskej biológie, genetiky a klinickej genetiky, Bratislava

²Medirex, a. s., Bratislava

³MEDIREX GROUP ACADEMY, n. o., Nitra

Pandémia ochorenia COVID-19 trvala na Slovensku od marca 2020, pričom trvá dodnes, ale intenzívne laboratórne testovanie sa ukončilo v októbri 2022, keď počty testov významne poklesli. Za celé toto obdobie bolo len v laboratóriách spoločnosti Medirex, a. s., ktoré vykonávali významnú časť diagnostických laboratórných testov na Slovensku, spravených viac ako 1,3 milióna testov. Ich distribúcia z pohľadu počtu realizovaných testov, ako aj podiel pozitívnych prípadov sa líšil v závislosti od konkrétneho regiónu, pričom vieme, že počas pandémie sa lokálne ložiská správali z pohľadu premorenosti odlišne a práve s cieľom čo najpresnejšej identifikácie pozitívnych prípadov sa v danom regióne v danom čase zintenzívnilo testovanie. Práve charakterizácia a vizualizácia regionálnych rozdielov v týchto dvoch parametroch vychádzajúcich z testovania je náplňou tejto práce.

Kľúčové slová: SARS-CoV-2, COVID-19, pandémia, Slovensko, regionálna charakterizácia

Evaluation of the frequency and positivity of SARS-CoV-2 testing in Slovakia during the COVID-19 pandemic - results of Medirex a.s. laboratories

The COVID-19 pandemic lasted in Slovakia from March 2020 and continues to these days, but intensive laboratory testing ended in October 2022, when the number of tests dropped significantly. During this entire period, more than 1.3 million tests were performed only in the laboratories of Medirex a.s., which performed a significant part of diagnostic laboratory tests in Slovakia. Their distribution in terms of the number of tests carried out, and the proportion of positive cases differed depending on the specific region. At the same time, we know that local foci behaved differently during the pandemic from the point of view of disease spread. As a consequence of the increase in the positiveness of tests, the number of tested samples also increased. The characterization and visualization of regional differences in these two parameters of testing is the aim of this work.

Keywords: SARS-CoV-2, COVID-19, pandemic, Slovakia, regional differences

NewsLab, 2022; roč. 13 (2): 62 – 67

Úvod

Pandémia ochorenia COVID-19 zapríčinená vírusom SARS-CoV-2 vyústila do celosvetovej zdravotníckej krízy v dôsledku vysokej chorobnosti a úmrtnosti infikovaných. Súčasťou každodenného života obyvateľov Slovenska sa stala formálne 6. marca 2020, keď bol potvrdený prvý prípad infekcie SARS-CoV-2 u slovenského občana s cestovateľskou anamnézou⁽¹⁾, pričom prvé protipandemické opatrenia boli prijaté takisto v tento deň⁽²⁾.

Prísne pravidlá a opatrenia prijaté na Slovensku na začiatku pandémie udržiavali počet nakazených relatívne pod kontrolou, letné mesiace dokonca priniesli aj dni s nulovým počtom PCR pozitívnych testov. Ďalšia vlna pandémie počas zimy 2020/2021 však priniesla výrazné zhoršenie situácie⁽³⁾. Toto zhoršenie bolo z veľkej miery zapríčinené aj rozšírením nového variantu alfa (B.1.1.7) do slovenskej populácie a dokonca presiahlo očakávania odborníkov krízového štábu⁽⁴⁾. Ako je však známe, koronavírusy majú vo všeobecnos-

ti schopnosť vysokej frekvencie rekombinácie genómu vedúcej k nepredvídateľným zmenám ich virulencie⁽⁵⁾.

O variante alfa, ktorý bol prvýkrát detegovaný v Spojenom kráľovstve na jeseň v roku 2020, sa zistilo, že je o 43 – 90 % viac infekčný ako predtým existujúce varianty⁽⁶⁾. Zo 17 mutácií aminokyselín detegovaných v alfa variante sa predpokladalo, že mutácia N501Y môže urýchľovať prenos vírusu, pretože v doméne viažucej receptor *spike* proteínu zvyšuje väzbu na ľudské receptory enzýmu konvertujúceho angiotenzín 2⁽⁷⁾. Toto je tiež bežná mutácia nájdená v beta⁽⁸⁾ a gama variante⁽⁹⁾. Na druhej strane, delta variant obsahuje mutáciu P681R v mieste štiepenia furínu v *spike* proteíne a mutáciu R203M v nukleokapsidovom proteíne, čo ďalej zvyšuje infekčnosť vírusu⁽¹⁰⁾. Delta variant je tiež spojený so zvýšenou závažnosťou ochorenia a s dlhšou prítomnosťou vírusu v organizme pacienta⁽¹¹⁾.

Na Slovensku aj vo svete je diagnostika ochorenia COVID-19 najčastejšie vykonávaná detekciou nukleovej kyse-

liny SARS-CoV-2 vo vzorkách z nazofaryngeálnych výterov pomocou reverzne transkriptázovej kvantitatívnej polymérazovej reťazovej reakcie (RT-qPCR)⁽¹²⁾. RT-qPCR zabezpečí prepis vírusovej RNA do cDNA a kvantifikuje sledovaný úsek z genómu vírusu v reálnom čase. Monitorovanie amplifikácie je založené na princípe fluorescencie pomocou sond, resp. prôb (označovaných fluorescenčnými látkami), ktoré sa špecificky alebo nešpecificky viažu na amplifikovanú DNA. Pre každú vyšetrovanú vzorku je na základe nameraných zmien fluorescenčných signálov vytvorená amplifikačná krivka⁽¹³⁾. Pre každú amplifikačnú krivku sa potom určí prahový cyklus, označovaný ako Ct (*threshold cycle*), čo je priesečník medzi amplifikačnou krivkou a hraničnou hodnotou, a určuje pozitivitu testu. Hodnota Ct predstavuje počet cyklov PCR potrebných na to, aby fluorescenčný signál generovaný inkorporáciou fluorescenčne označovaných sond do PCR produktu prekročil úroveň fluorescencie pozadia v kontexte s hraničnou hodnotou⁽¹⁴⁾. I keď je hodnota Ct relatívna veličina, jej nízke hodnoty naznačujú vysokú vírusovú záťaž a potenciálne vysokú úroveň infekčnosti jedinca. Vysoké hodnoty Ct naznačujú veľmi skoré alebo neskoré štádium infekcie, a teda potenciálne nízku úroveň infekčnosti jedinca⁽¹⁵⁾.

Neschopnosť predpovedať mieru zmeny infekčnosti SARS-CoV-2 bráni schopnosti efektívne reagovať na krízu nielen na Slovensku, ale aj vo svete. Pre efektívnejšie a udržateľnejšie riadenie pandémie je potrebné predvídať zlepšenie/zhoršenie epidemiologickej situácie a predchádzať jej zhoršeniu sledovaním súboru epidemiologických kritérií na regionálnej, národnej, ale aj medzinárodnej úrovni, aby boli opatrenia sprísňované a uvoľňované na základe objektívnych kritérií⁽¹⁶⁾. Cieľom práce bolo sumarizovať výsledky SARS-CoV-2 diagnostického testovania na Slovensku na regionálnej úrovni s rozsahom definovaným mierou realizovaných testov v laboratóriách Medirex, a. s., a s väzbou na priebeh pandémie hodnotenej na národnej úrovni.

Metódy

Štúdia analyzovala dáta poskytnuté akreditovaným laboratóriom Medirex. Údaje predstavujú výsledky RT-qPCR testov vzoriek pacientov a bežnej populácie vyhodnotené od marca 2020 do októbra 2022 v Centrálnom laboratóriu Bratislava, Košice a Nitra. Počas tohto obdobia laboratóriá zanalyzovali 1 384 368 testov. Vzorky boli prijaté zo 74 (93,7 %) okresov Slovenska. Sledovanie vývoja množstva a pozitivity testovaných vzoriek v jednotlivých regiónoch Slovenska si vyžadovalo určitú početnosť vzoriek, preto by použitie kategórií podľa okresov nebolo výpovedné, keďže v niektorých bol vyšetrený príliš malý počet vzoriek. Rozdelenie na kraje by však neukázalo územnú variabilitu v tých miestach, kde bol počet vzoriek dostatočný aj na sledovanie rozdielov medzi menšími územnými celkami. Preto boli na účel štatistiky vytvorené regióny pozostávajúce z rôznych počtov okresov podľa hustoty testovania, aby na území s väčšou hustotou mohli byť sledované aj rozdiely medzi menšími územnými celkami a zároveň aby na území s nízkou hustotou nevznikli regióny s extrémne nízkymi počtami vyšetrených vzoriek. Analyzované vzorky boli preto rozdelené do 17 regiónov a obdobie bolo rozdelené do 19 časových úsekov v 7-týždňových intervaloch.

Prítomnosť SARS-CoV-2 bola stanovená z nazofaryngeálnych a slinných výterov. Automatizovaná izolácia nukleovej kyseliny (RNA) na magnetických časticách sa uskutočnila pomocou súprav Sera-Xtracta Virus/Pathogen Kit (Cytiva) a Zybio Nucleic Acid Extraction Kit (Zybio) s použitím systému KingFisher™ Flex Purification System (Thermo Scientific)/Zybio EXM 3000 Nucleic Acid Isolation System/Zybio EXM 6000 Nucleic Acid Isolation System (Zybio). Testovanie sa uskutočnilo metódou RT-qPCR s použitím súprav CO-VID-19 Real Time Multiplex RT-PCR Kit (Labsystems Diagnostics)/SARS-CoV-2 Nucleic Acid Detection Kit (Zybio)/Real Time Multiplex RT-PCR Kit (Liferiver) pomocou qPCR platforiem ABI 7500 (Fast) Real-Time PCR System (Applied Biosystems)/QuantStudio 5/QuantStudio 6 Real-Time PCR System (ThermoFisher). Údaje získané pre každý test zahŕňali denné číslo vzorky, dátum odberu, ID pacienta, vek, pohlavie, miesto odberu vzorky, výsledok testu a v prípade pozitívneho výsledku aj hodnotu Ct vírusového génu E – hraničná hodnota do 40 (pre kit SARS-CoV-2 Nucleic Acid Detection Kit (Zybio))/41 (pre kity Real Time Multiplex RT-PCR Kit (Labsystems Diagnostics), Real Time Multiplex RT-PCR Kit (Liferiver)) – t. j. sekvencia nukleovej kyseliny bola identifikovaná v čase, keď PCR prešla 39/40 cyklami.

Výsledky

Zaradenie okresných miest do 17 regiónov Slovenska je znázornené v **tabuľke 1**.

Grafické zobrazenie meniaceho sa počtu vykonaných testov v regiónoch Slovenska (regióny 1 – 17) v 7-týždňových intervaloch od marca 2020 do októbra 2022 (časové intervaly 1 – 19) je znázornené na **obrázku 1**. Najpočetnejšie zastúpenie vyhodnotených RT-qPCR testov mal počas celého analyzovaného obdobia región 1 (okresy Bratislava, Pezinok, Senec), a to 622 089 vyhodnotených RT-qPCR testov. Najvyšší počet testov bolo vyhodnotených v časovom intervale 03-02-2022 – 23-03-2022, a to 201 618 testov spolu vo všetkých 17 regiónoch Slovenska.

Podobné mapy s hodnotami pozitivy v regiónoch Slovenska (regióny 1 – 17) v 7-týždňových intervaloch od marca 2020 do októbra 2022 (časové intervaly 1 – 19) sú zobrazené na **obrázku 2**, farebná škála determinuje pozitivitu od 0 do 75 %. Najviac pozitívne vyhodnotených RT-qPCR testov mal počas celého analyzovaného obdobia región 1 (okresy Bratislava, Pezinok, Senec), a to 112 493 pozitívnych RT-qPCR testov, čo predstavuje viac ako 18 % pozitivitu zo všetkých vykonaných testov v regióne 1 počas analyzovaného obdobia. Najvyšší počet pozitívnych testov bolo zaznamenaných v časovom intervale 03-02-2022 – 23-03-2022, a to 122 282 testov spolu vo všetkých 17 regiónoch Slovenska, čo predstavuje pozitivitu takmer 35 % pre daný dátumový interval.

Diskusia

Vzorky pochádzajúce zo 74 okresných miest Slovenska boli na účely štúdie zlúčené a zaradené do 17 regiónov Slovenska z dôvodu čo najefektívnejšieho odseparovania okresov s extrémne nízkym počtom vykonaných RT-qPCR testov. Vďaka vytvoreniu 19 časových intervalov sme takisto predišli nízkemu zastúpeniu testov v určitých týždňoch nami skúmaného obdobia, a to najmä v mesiacoch prvého polroka od

vypuknutia pandémie predstavujúcich prvú fázu zavádzania rutinného testovania, ktorá bola obdobím zefektívňovania procesov⁽¹⁷⁾.

Početnosť RT-qPCR testov vykonaných na Slovensku vo veľkej miere ovplyvňuje aj preplácanie testov poisťovňami. Veľká zmena nastala od mája 2022, odkedy na bezplatné vykonanie RT-qPCR testu nestačí, aby mal pacient príznaky ochorenia COVID-19, no je potrebné aj odporúčanie od lekára (všeobecného alebo špecialistu). Výnimkou sú pacienti nad 60 rokov, ktorí sa môžu aj naďalej hlásiť na testovanie prostredníctvom štátneho portálu pri príznakoch ochorenia⁽¹⁸⁾. Nižšia početnosť testov v regiónoch Slovenska v časovom intervale zahŕňajúcom prelom apríl/máj 2022 (**obrázok 1P**) je detegovaná aj v našej štúdii. Výrazne znížená početnosť testov je následne detegovaná od polovice mája 2022 až do konečného dátumu zanalyzovaných dát štúdie (**obrázok 1R, 1S, 1T**).

Pri detekcii regionálnej pozitivity sú na mapách v určitých časových intervaloch zobrazené aj sivé regióny, resp. regióny bez priradenej škály pozitivity – týmto spôsobom sú odseparované nereprezentatívne regióny s nízkym počtom vykonaných testov pre daný časový interval (menej ako 50 testov) (**obrázok 2**). Najvyššie percentuálne zastúpenie pozitivity bolo zaznamenané v regióne 8 (okresy Nové Mesto nad Váhom, Trenčín, Ilava, Púchov) v časovom intervale 30-06-2022 – 17-08-2022, a to 75 % (**obrázok 2S**). Tento údaj je však zrejme nereprezentatívny, pretože v danom časovom intervale bol vyhodnotený nízky počet vzoriek (80 testov) a susedné regióny s vyšším počtom vykonaných testov podobnú pozitívitu nezaznamenali. Zároveň môže byť dôvodom stratégie testovania, keď sa v laboratóriách analyzovali prioritne vzorky zo zdravotníckych zariadení, prípadne zo zariadení sociálnych služieb, ak vzniklo podozrenie na lokálne šírenie v komunite, a v kombinácii s nízkym počtom testov získaných

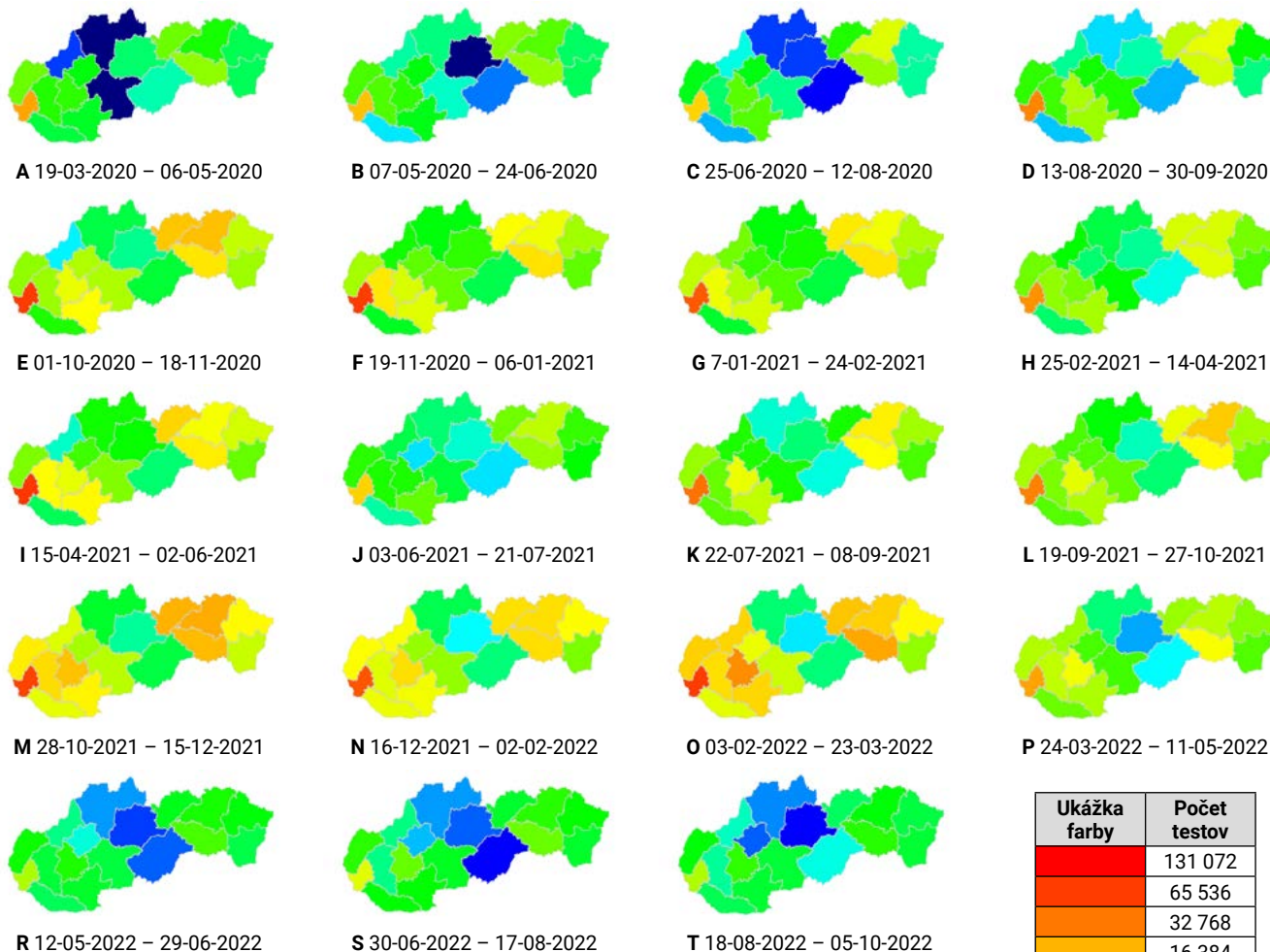
v danom regióne v danom časovom rozsahu to mohlo spôsobiť výskyt extrémnych hodnôt pozitivity.

Reprezentatívnym obdobím by však mohol byť časový interval 03-02-2022 – 23-03-2022, 7-týždňový interval s najvyšším počtom vyhodnotených testov, počas ktorého bola v regióne 4 (okresy Nové Zámky, Levice) detegovaná takmer 70 % pozitívita, pričom pozitívita všetkých susedných regiónov dosahovala takisto asi 65 % (**obrázok 2O**). Predpoveď šírenia pandémie na okresnej úrovni bola čiastočne riešená po zavedení tzv. COVID automatu – systému na monitorovanie vývoja epidémie a prijímania protiepidemických opatrení v závislosti od intenzity šírenia SARS-CoV-2 na Slovensku, ktorý nadobudol platnosť 8. februára 2021⁽¹⁹⁾. COVID automat zohľadňuje dynamiku ochorenia na území okresu. Zahŕňa viacero ukazovateľov a disponuje špecifickým algoritmom pre výpočet tzv. okresného skóre, na základe ktorého je okresu priradená farba (zelená predstavujúca monitoring – čierna predstavujúca 3. stupeň ohrozenia). S narastajúcim skóre vzrastá stupeň rizika a aplikované sú prísnejšie opatrenia. Susedné okresy sa nemôžu líšiť o viac ako 1 stupeň (farbu), okolité okresy konvergujú k farbe rizikovejšieho okresu, aby rozdiel medzi nimi bol maximálne 1 stupeň oproti kalkulovanej úrovni rizika. COVID automat sa zapína, keď Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) vyhlási pandémiu. Naopak, keď WHO vyhlási pandémiu za ukončenú, resp. keď ÚVZ vyhlási epidémiu na Slovensku za ukončenú, COVID automat sa vypne⁽²⁰⁾. Štátny portál informuje o pozastavení COVID automatu ku dňu 25. 11. 2021, s odôvodnením priaznivej epidemiologickej situácie v čase jeho pozastavenia⁽²¹⁾. Naše dáta však preukazujú stúpajúci trend pozitivity v regiónoch Slovenska práve v časových intervaloch, keď bol COVID automat pozastavený a po jeho pozastavení. Pre budúcnosť by bolo možné práve dáta z výsledkov tejto našej práce zohľadniť pri tvorbe aktualizovanej podoby COVID automatu, ak by takáto potreba vznikla.

Tabuľka 1. Zaradenie jednotlivých okresných miest do regiónov 1 – 17.

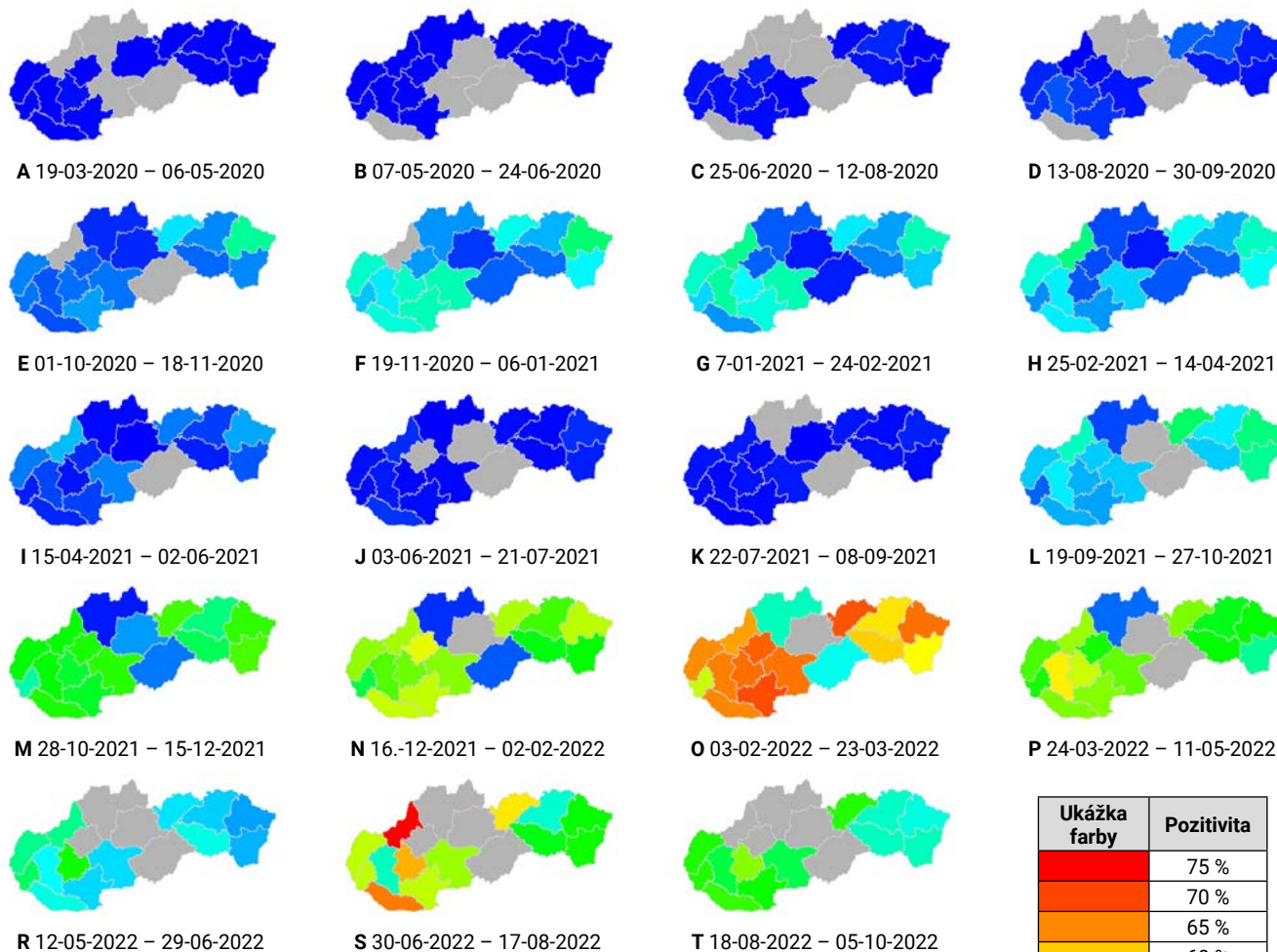
Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Región 6
Bratislava Pezinok Senec	Malacky Senica Skalica Myjava	Dunajská Streda Komárno	Nové Zámky Levice	Trnava Piešťany Hlohovec Galanta Šaľa	Nitra Topoľčany Zlaté Moravce
Región 7	Región 8	Región 9	Región 10	Región 11	Región 12
Prievidza Partizánske Bánovce nad Bebravou	Nové Mesto nad Váhom Trenčín Ilava Púchov	Považská Bystrica Bytča Žilina Kysucké Nové Mesto Čadca Turčianske Teplice Martin Dolný Kubín Námestovo Tvrdošín	Liptovský Mikuláš Ružomberok Banská Bystrica Brezno	Žarnovica Žiar nad Hronom Zvolen Banská Štiavnica Krupina Veľký Krtíš Detva	Rožňava Revúca Rimavská Sobota Poltár Lučenec
Región 13	Región 14	Región 15	Región 16	Región 17	
Poprad Kežmarok Stará Ľubovňa	Košice Košice-okolie Gelnica Spišská Nová Ves	Levoča Prešov Sabinov Bardejov Svidník	Stropkov Medzilaborce Vranov nad Topľou Humenné Snina	Sobrance Michalovce Trebíšov	

Obrázok 1. Početnosť vykonaných RT-qPCR testov v regiónoch Slovenska meniaci sa v čase. Na mape Slovenska má každý región farebné zobrazenie zodpovedajúce počtu vykonaných testov v danom časovom intervale. Regióny s 0 vykonanými testami sú zobrazené tmavomodrou farbou, červená farba predstavuje región s najvyšším počtom vyhodnotených testov.



Ukážka farby	Počet testov
	131 072
	65 536
	32 768
	16 384
	8 192
	4 096
	2 048
	1 024
	512
	256
	128
	64
	32
	16
	8
	4
	2
	1
	0

Obrázok 2. Percentuálne zastúpenie pozitívnych RT-qPCR testov v regiónoch Slovenska meniace sa v čase. Na mape Slovenska má každý región farebné zobrazenie zodpovedajúce percentu pozitívnych testov zo všetkých vykonaných RT-qPCR testov danom časovom intervale. Regióny s 0 % pozitívitou sú zobrazené tmavomodrou farbou, červená farba predstavuje región so 75 % pozitívitou. Sivá farba predstavuje región s menej ako 50 vykonanými testami.



Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Výskum progresívnych metód diagnostiky COVID-19 a biomarkerov umožňujúcich skorú detekciu jedincov so zvýšeným rizikom ťažkého priebehu ochorenia, kód ITMS: 313011ATA2, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. PP-COVID-20-0056.

Doplnkové informácie

Tabuľka so všetkými vzorkami zahrnutými do analýzy je dostupná v podobe .xls súboru (ST – Supplementary table) na vyžiadanie od autora.

LITERATÚRA

1. <http://www.health.gov.sk/Clanok?koronavirus-pripad-prvy-opatrenia>, dostupné dňa 23. 11. 2022
2. <https://www.health.gov.sk/Clanok?koronavirus-krizovy-stab-opatrenia>, dostupné dňa 23. 11. 2022
3. <https://mapa.covid.chat/>, dostupné dňa 23. 11. 2022
4. https://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=4590:britska-mutacia-bola-na-slovensku-u-v-novembri-v-tre-nine-mohla-pred-sviatkami-dominova&catid=250:koronavirus-2019-nc-ov&Itemid=153, dostupné dňa 23. 11. 2022
5. Srivastava S, Banu S, Singh P, et al. SARS-CoV-2 genomics: An Indian perspective on sequencing viral variants. *Journal of Biosciences* 2021; 46(1): 22.
6. Davies NG, Abbott S, Barnard RC, et al. Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7 in England. *Science* 2021; 372(6538): eabg3055.
7. Starr TN, Greaney AJ, Hilton SK, et al. Deep Mutational Scanning of SARS-CoV-2 Receptor Binding Domain Reveals Constraints on Folding and ACE2 Binding. *Cell* 2020; 182(5): 1295-1310. e20.
8. Tegally H, Wilkinson E, Giovanetti M, et al. Detection of a SARS-CoV-2 variant of concern in South Africa. *Nature* 2021; 592(7854): 438-443.
9. Faria NR, Mellan TA, Whittaker C, et al. Genomics and epidemiology of the P.1 SARS-CoV-2 lineage in Manaus, Brazil. *Science* 2021; 372(6544): 815-821.
10. Syed AM, Taha TY, Tabata T, et al. Rapid assessment of SARS-CoV-2-evolved variants using virus-like particles. *Science* 2021; 374(6575): 1626-1632.
11. Ong SWX, Chiew CJ, Ang LW, et al. Clinical and Virological Features of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Variants of Concern: A Retrospective Cohort Study Comparing B.1.1.7 (Alpha), B.1.351 (Beta), and B.1.617.2 (Delta). *Clin Infect Dis* 2022; 75(1): e1128-e1136.
12. Xu Y, Cheng M, Chen X, et al. Current approaches in laboratory testing for SARS-CoV-2. *Int J Infect Dis* 2020; 100: 7-9.
13. Mackay I. Real-time PCR in Microbiology: From Diagnosis to Characterization. Norfolk, England: Caister Academic Press 2007: 440.
14. Rao SN, Manissero D, Steele VR, et al. A Systematic Review of the Clinical Utility of Cycle Threshold Values in the Context of COVID-19. *Infect Dis Ther* 2020; 9(3): 573-586.
15. Tom MR, Mina MJ. To Interpret the SARS-CoV-2 Test, Consider the Cycle Threshold Value. *Clin Infect Dis* 2020; 71(16): 2252-2254.
16. https://korona.gov.sk/wp-content/uploads/2021/11/covid_automat_signalizacny_system_4v3.pdf, dostupné dňa 19.12.2022
17. <https://www.medirexgroupacademy.sk/wp-content/uploads/2021/06/Zavedenie-a-vyvoj-molekuloveho-testovania-SARS-CoV-2.pdf> dostupné dňa 19.12.2022
18. <https://www.dovera.sk/aktuality/4897-na-pcr-test-uz-treba-vymeny-listok>, dostupné dňa 19.12.2022
19. <https://www.vlada.gov.sk/od-pondelka-zacne-platit-covid-automat/>, dostupné dňa 19.12.2022
20. https://korona.gov.sk/wp-content/uploads/2021/08/covid-automat_signalizacny-system_4v1.pdf, dostupné dňa 19.12.2022
21. <https://korona.gov.sk/covid-automat-na-slovensku/>, dostupné dňa 19.12.2022

Mgr. Nikola Janošíaková

Ústav lekárskej biológie, genetiky a klinickej genetiky, LF UK Bratislava
 Špitálska 24, 811 08 Bratislava
 e-mail: n.janostiakova@gmail.com