

# **Matematika a COVID 19**

## **SOUSTŘEDĚNÍ MLADÝCH FYZIKŮ A MATEMATIKŮ**

Autoři: Lída Kačenková, Adam Sandra Šesták

Vedoucí: Mgr. Jaroslav Reichl

Místo: Josefův Důl

Rok: 2021

# OBSAH

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Anotace               | 3  |
| Poděkování            | 3  |
| Úvod                  | 4  |
| Základní grafy        | 5  |
| Grafy dnů v týdnu     | 7  |
| Státní svátky         | 8  |
| Antigenní a PCR testy | 10 |
| Číslo R               | 10 |
| Exponenciální růst    | 12 |
| Klouzavý průměr       | 13 |
| Závěr                 | 15 |
| Zdroje                | 15 |

## **ANOTACE**

Cílem našeho projektu bylo vytvořit zajímavé grafy a vytáhnout užitečné a možná i trochu překvapivé informace ohledně onemocnění COVID 19, se kterým jsme se v poslední době všichni potýkali.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rády bychom poděkovaly našemu vedoucímu Jaroslavu Reichlovi, který nám s projektem pomáhal a díky němuž jsme získaly data, se kterými jsme celou dobu pracovaly.

# ÚVOD

Ještě před samotným začátkem projektu jsme se pustily do studování základních pojmů statistiky. Pomocí vytištěného dokumentu jsme si zopakovaly, co to je statistický soubor, statistická jednotka a znak a také spoustu pojmů, díky kterým můžeme lépe popisovat graf a statistické údaje.

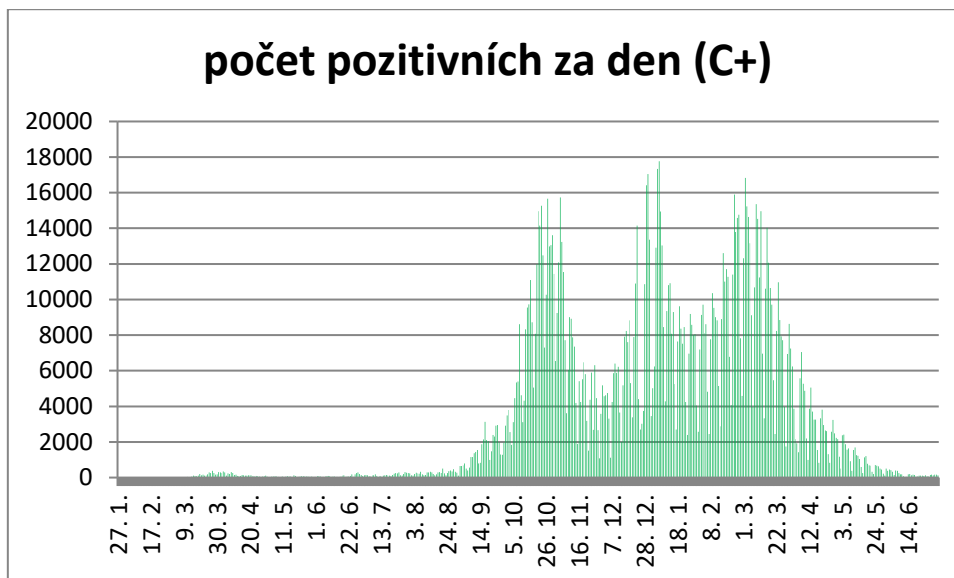
Následně jsme začaly pracovat s nasbíranými daty. Data jsme získaly od vedoucího našeho projektu, který každý den zapisoval do tabulky v Excelu údaje o průběhu epidemie. Získaly jsme od něj informace o celkovém počtu provedených PCR testů, antigenních testů, úmrtí, uzdravení a pozitivně testovaných.

Díky těmto údajům jsme byly schopné dopočítat počet PCR testů, antigenních testů, počet nakažených, uzdravených a počet úmrtí na každý den mezi 27. 1. 2020, kdy bylo na území Česka provedeno prvních 20 PCR testů, a 3. 7. 2021, což je den, kdy jsme na projektu začaly pracovat a v jeho průběhu jsme do něj již další data nedodávaly.

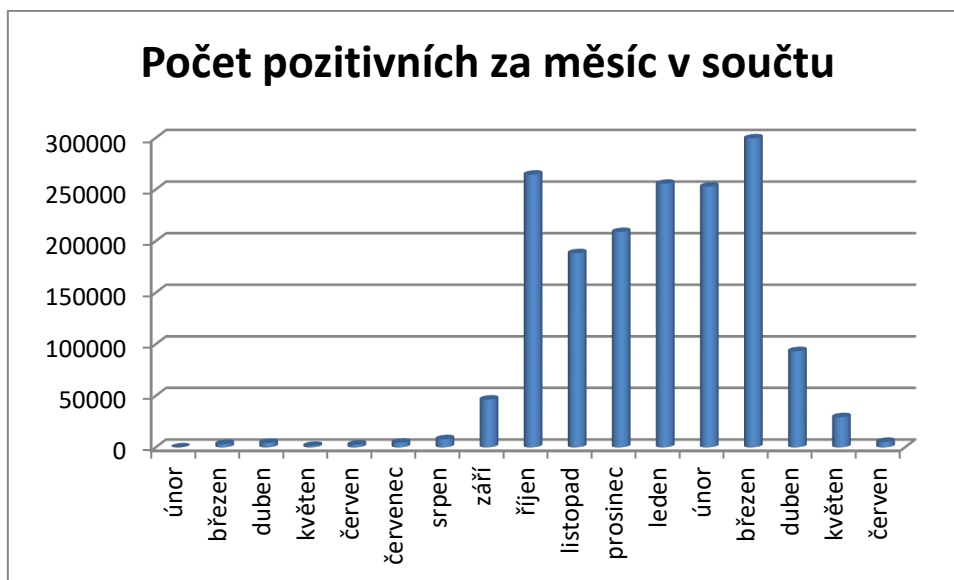
Ještě je dobré zmínit, že data nasbíraná naším vedoucím nejsou vždy shodná s daty, která jsou uvedena na stránkách ministerstva zdravotnictví. Vedoucí našeho projektu totiž sbíral data průběžně, ale v průběhu epidemie nastala období, během kterých se data zpětně přepočítávala. Jednu takovou informaci můžeme najít například ze 4. října, kdy se na webu [1] irozhlas.cz kromě běžné zprávy o počtu nových pozitivních případů objevila zpráva, která upozornila na to, že resort zrevidoval data o počtu aktivních případů a vyléčených, a to v řádu tisíců.

## ZÁKLADNÍ GRAFY

Nejprve jsme v Excelu vytvořily základní grafy z dat, které známe. Jsou to v podstatě grafy podobné těm uvedeným na stránkách ministerstva zdravotnictví. Připadalo nám ale dobré ukázat i tyto grafy, protože se budou hodit na porovnání se zajímavějšími grafy.

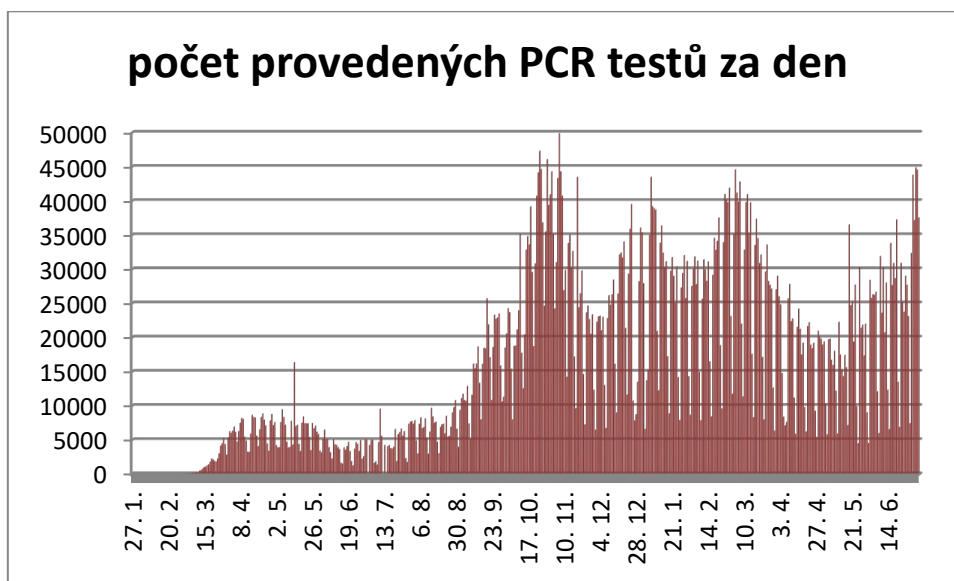


První graf znázorňuje denní nárůst osob s pozitivním testem. Tento údaj jsme pro lepší práci s daty pojmenovaly C+. Z grafu je patrné, že důležité byly především tři vlny, které vrcholily v listopadu roku 2020, v lednu 2021 a v únoru 2021. Na jaře roku 2020, kdy celá tato situace začala, se sice mluvilo o první vlně, ale z grafu je vidět, že v tomto období byl denní nárůst pozitivních osob nepatrný oproti jiným dnům.

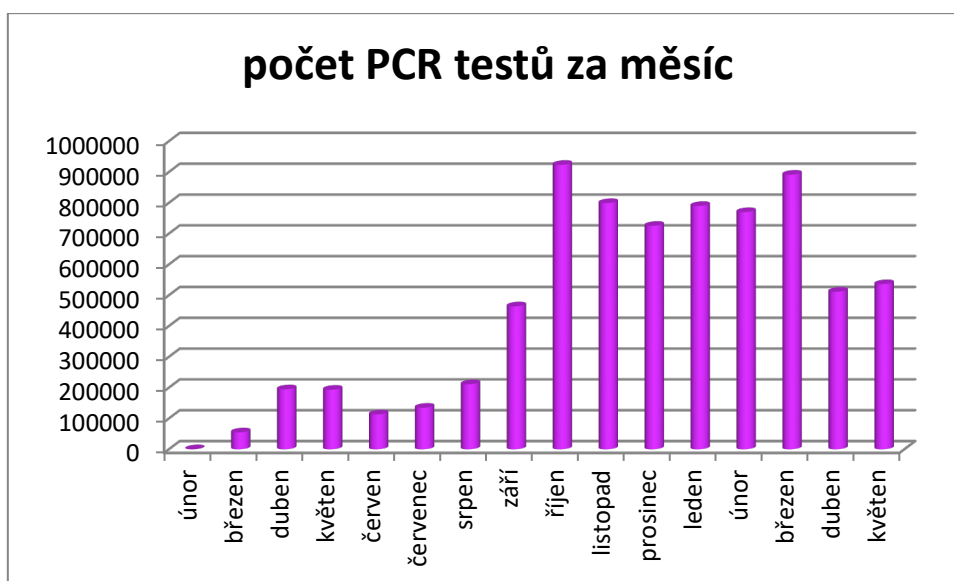


Občas se stávalo, že se například během státních svátků méně testovalo a tudíž byl menší nárůst pozitivních osob. Abychom zabránily projevení těchto lehce zkreslujících faktorů na grafu, napadlo nás vytvořit ještě jeden podobný graf. Ten také znázorňuje nárůst pozitivních osob v České republice. Už to ale není denní nárůst, ale součet všech denních nárůstů během jednoho měsíce. Z grafu výše se tedy dají vyčíst data o měsíčním počtu nově

nakažených osob. V rámci tohoto grafu se nedají úplně rozpoznat zmiňované tři vlny, což značí, že státní svátky a jiné dny, kdy se méně testuje, se na datech projeví poměrně hodně.



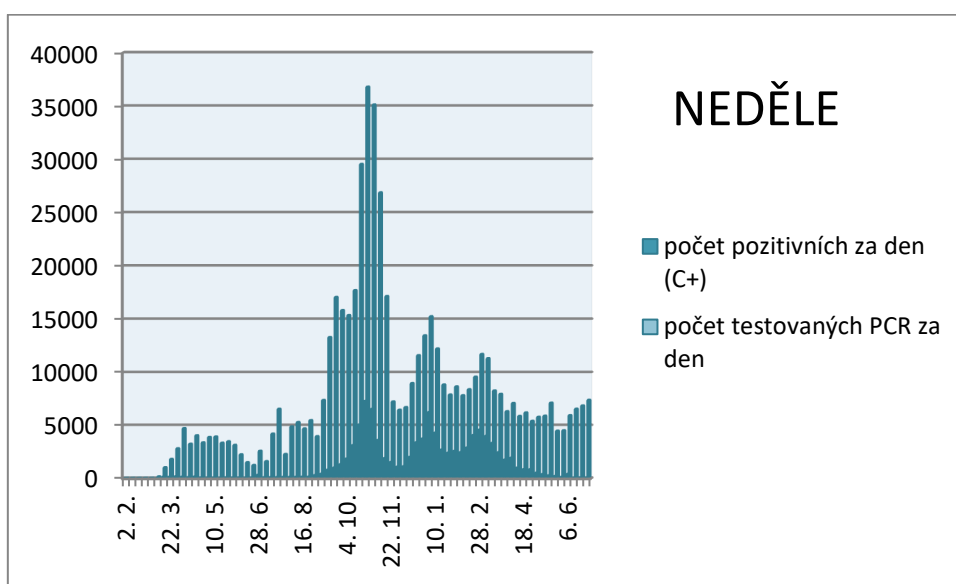
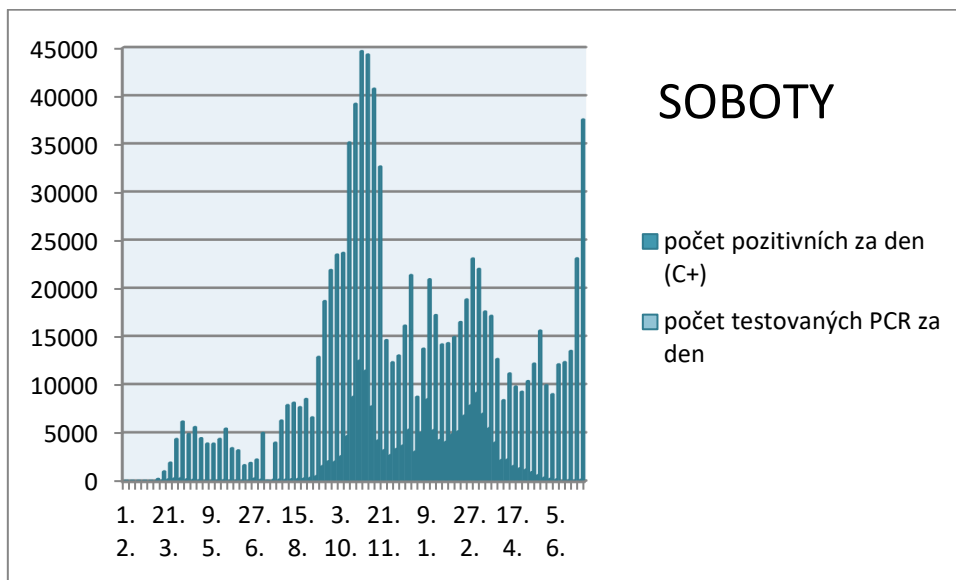
Podobně důležitý nám přišel i graf, který znázorňuje počet provedených PCR testů za měsíc. Je ale vidět, že i zde jsou různé odchylky, které budou pravděpodobně také způsobeny státními svátky a tak podobně, proto jsme se i tady rozhodly vytvořit podobný graf se stejnými daty, ale ne za den, nýbrž za měsíc.

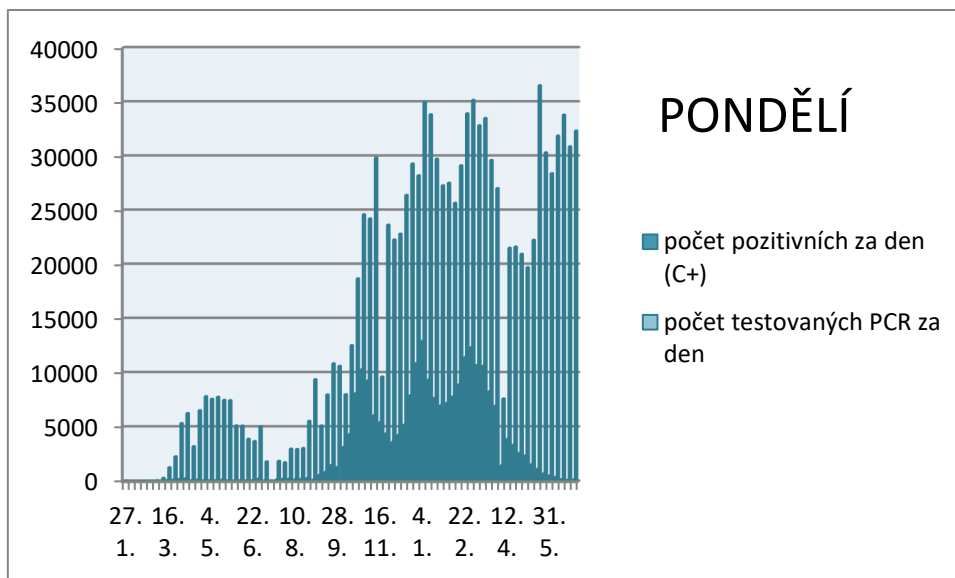


## GRAFY DNŮ V TÝDNU

Jako první zajímavé porovnání nám přišlo seřadit celý rok a půl s covidem podle dnů v týdnu a udělat grafy jen pro pondělí, jen pro úterý a dál až do neděle.

Grafy pro úterky, středy, čtvrtky a pátky byly poměrně podobné, zbylé se ale dost lišily. Největší rozdíl byl patrný mezi nedělí a pondělím.





Z údajů v grafech je tedy jasné, že během nedělí se testovalo výrazně méně než v pondělích. Pro přesné údaje jsme ještě vypočítaly průměr pozitivních osob za den. Pro pondělky je průměr pozitivních 3051,68, zatímco pro neděle je to jen 1329,365 pozitivních případů. I u provedených PCR testů platí, že se jich během pondělí průměrně provedl skoro dvojnásobek toho, co se jich provedlo v neděli.

|                | pozitivní | PCR testy |
|----------------|-----------|-----------|
| průměr nedělí  | 1329,37   | 7765,54   |
| průměr pondělí | 3051,68   | 15549,93  |

## STÁTNÍ SVÁTKY

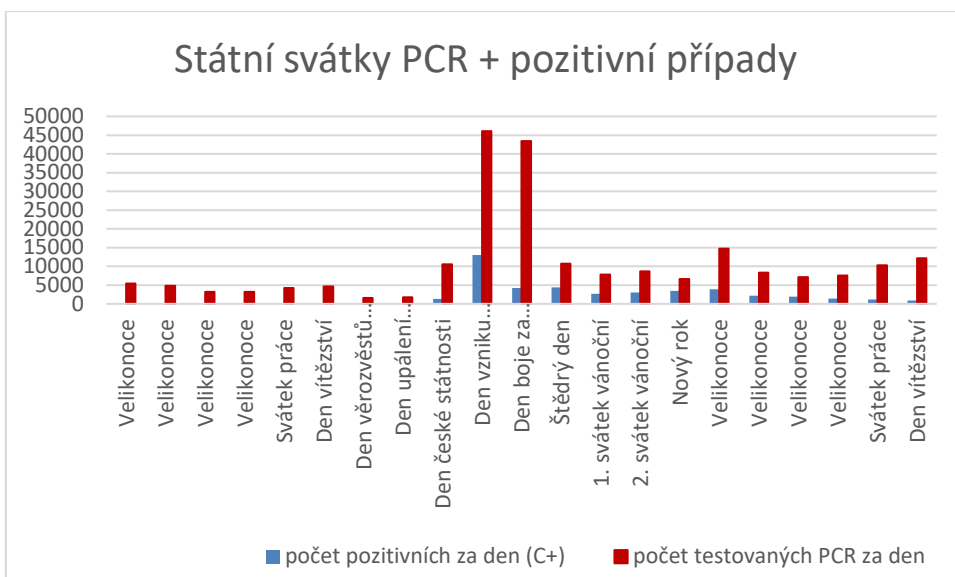
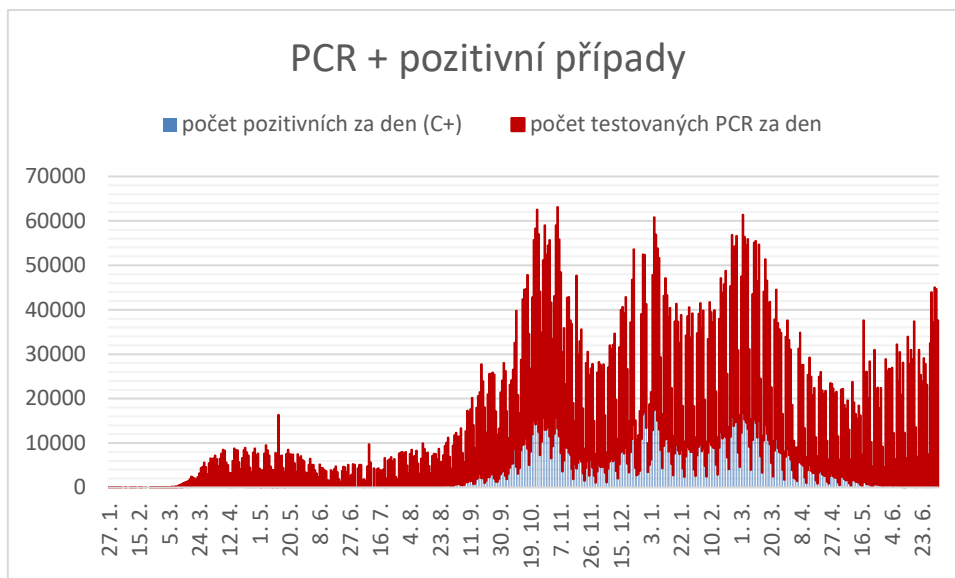
Když už jsme porovnávaly grafy jednotlivých dnů v týdnu, napadlo nás, že by ještě mohlo být zajímavé porovnání celkového grafu PCR testů a pozitivních osob s grafem, který by se zabýval stejnými údaji, ale pouze v rámci státních svátků.

Našly jsme proto soupis všech státních svátků, které byly od začátku epidemie až do 3.7.2021 a počítaly jsme tedy s daty z těchto dnů.

Očekávaly jsme, že z grafu bude jasné, že během státních svátků se méně testuje a je tedy i méně nově nakažených, protože lidé mají volno a chtějí ho trávit jinak než testováním. Navíc občas byla i kratší pracovní doba zaměstnanců na odběrových místech.

Z grafů níže sice tyto údaje vyčíst lze, ale rozdíl rozhodně není tak výrazný, jak jsme si myslely. Ještě jsme tedy vypočítaly průměrné množství PCR testů provedených za celou dobu epidemie a průměrné množství PCR testů provedených pouze v době státních svátků. Stejně jsme to udělaly i s údaji o pozitivních případech.



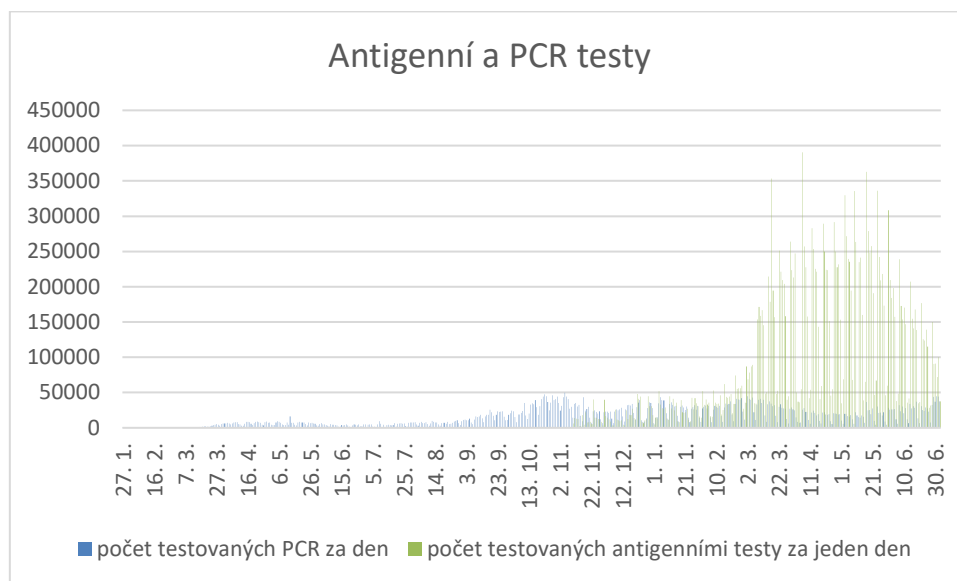


| průměr svátky    | PCR      | pozitivní |
|------------------|----------|-----------|
|                  | 10618,9  | 2106,57   |
| průměr všech dnů | PCR      | pozitivní |
|                  | 15596,85 | 3183,08   |

Z grafů i z tabulky tedy vidíme, že rozdíl mezi běžným dnem a státním svátkem v rámci testování a nárůstu nových případů existuje, není ale tak markantní, jaký jsme ho očekávaly.

## ANTIGENNÍ A PCR TESTY

Další věc, která nás napadla a přišla nám zajímavá, bylo dát do jednoho grafu množství provedených antigenních a PCR testů za den.



Množství provedených PCR testů v tomto grafu vypadá docela konstantně. Je to ale způsobeno hlavně tím, že antigenní testy se začaly provádět teprve v listopadu roku 2020 a jelikož byly zadarmo a fungovaly docela jednoduše, byly velmi oblíbené. Provádělo se jich tedy opravdu hodně, tudíž rozdíl mezi dny, kdy bylo méně PCR testů a kdy jich bylo více, skoro není vidět.

Přestože si uvědomujeme oblíbenost a v posledních dnech i nutnost antigenních testů, překvapilo nás, že se denní počet provedených antigenních testů párkrát blíží opravdu vysokým číslům. Například 6. 4. 2021, což je rekordní den, co se antigenních testů týče, bylo těchto testů provedeno 390651.

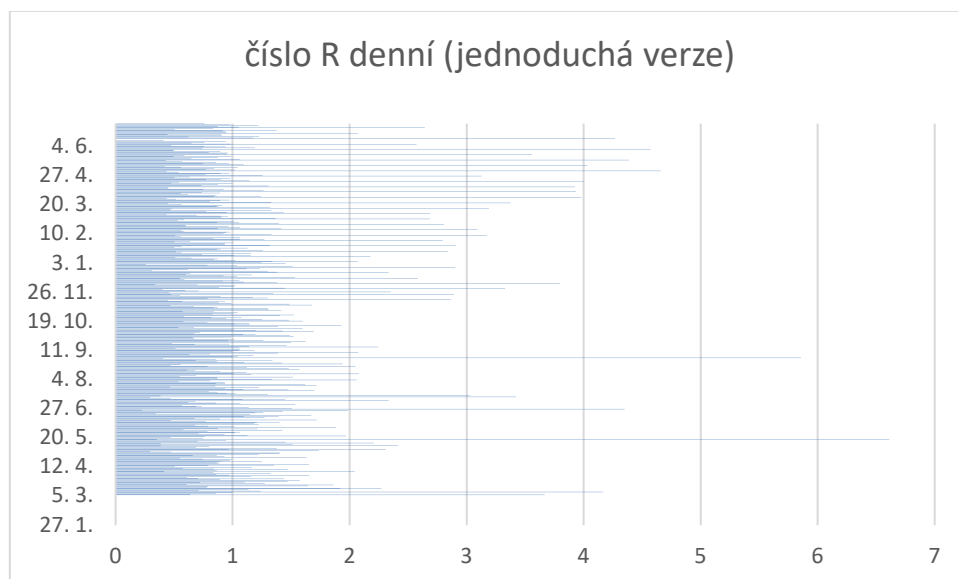
## ČÍSLO R

Nebyla by to pořádná práce zabývající se covidem 19, kdyby v ní nebylo zmíněno číslo R. Nastudovaly jsme si tedy z článků od Terezy Bártlové na stránkách Matfyzu [2], které nám doporučil vedoucí našeho projektu.

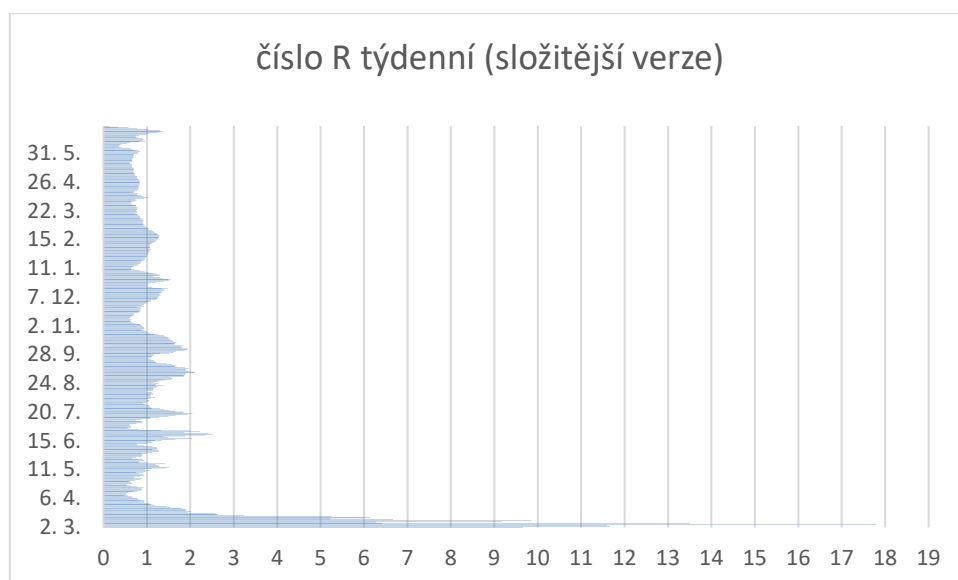
Reprodukční číslo nám říká, kolik dalších osob průměrně nakazí jeden infikovaný člověk. Při postupu epidemie je to jeden z nejdůležitějších a nejzákladnějších ukazatelů.

Reprodukčních čísel existuje více druhů a vláda ani ministerstvo zdravotnictví nikdy nezveřejnily přesný postup výpočtu používaného čísla R. Reprodukční číslo  $R_0$  je nejzákladnější typ reprodukčního čísla, který se používá, když se nemoc šíří zcela volně, bez restrikcí. Hodnota takového čísla R se obvykle pohybuje mezi 1,4 – 3,9. Další typ reprodukčního čísla se nazývá efektivní reprodukční číslo a značí se  $R_t$ . Toto číslo R se využívá především v době, kdy je epidemie ovlivněna vnějšími zásahy.

My jsme vytvořily tři druhy výpočtů reprodukčního čísla. První, nejjednodušší způsob spočívá pouze ve vydělení dnešního počtu nově nakažených včerejším počtem nakažených. Tento výpočet jsme udělaly pro všechny dny ve statistickém souboru a z těchto dat jsme vytvořily následující graf.

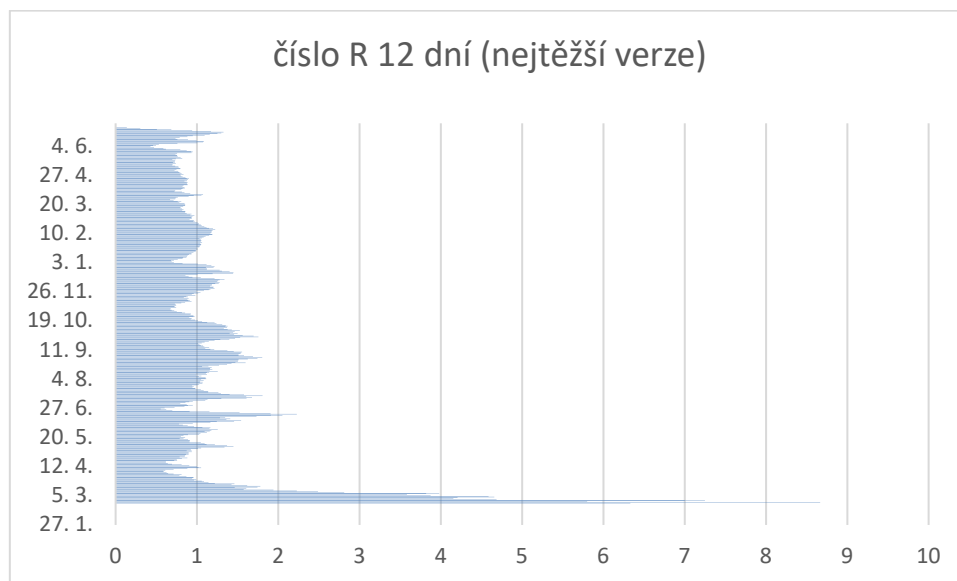


Druhý výpočet, který nás napadlo a přišlo nám, že by měl mít v grafu méně výkyvů a tudíž ukazovat přesnější údaje má mírně složitější výpočet. Nedělili jsme mezi sebou totiž denní přírůstky, ale týdenní přírůstky. Číslo R týdenní, jak jsme si reprodukční číslo pojmenovaly jsme počítaly jako podíl součtu nově nakažených za aktuální týden a nově nakažených za týden předtím. Graf vytvořený z těchto údajů už nemá výkyvy, ale má takovou zvláštnost na začátku epidemie. Začátkem března totiž přibývalo velmi málo pozitivních případů, čímž když se dělil už trochu větší počet nově nakažených, vznikala docela vysoká čísla.



Poslední verze čísla R, které jsme počítaly, se od té druhé tolik neliší. Také v ní jde o podíl mezi součtem pozitivních případů za poslední týden a za týden předtím. Rozdíl je ale v tom, že dva z těchto sedmi dnů se kříží. Na výpočet tohoto čísla tedy není potřeba mít údaje ze 14 dnů, ale jen z 12.

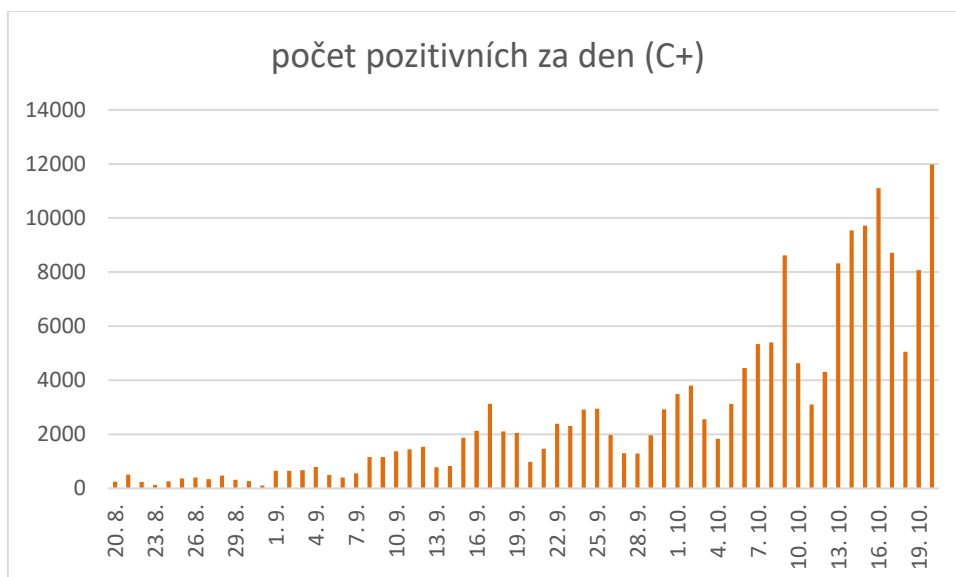
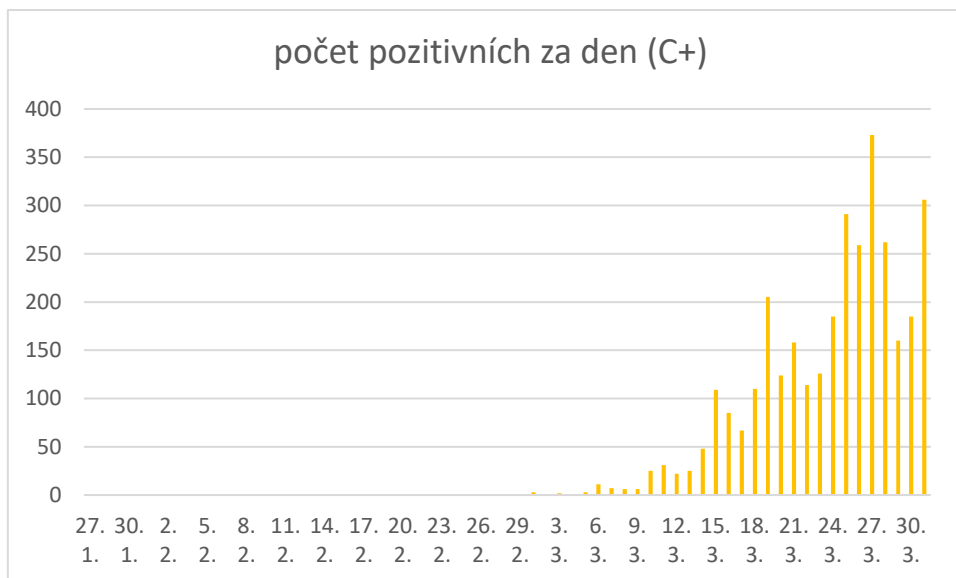
Tento výpočet nenapadl nás samotné, ale četly jsme o něm právě v článku o reprodukčním čísle. Údajně se vypočítané číslo R velmi blíží číslu R, které známe z údajů ministerstva zdravotnictví. Ve známém čísle R ale budou pravděpodobně hrát roli ještě údaje typu: počet kontaktů, míra osobní ochrany a průměrná doba infekčnosti, což jsou všechno dost individuální údaje.



## EXPONENCIÁLNÍ RŮST

V souvislosti s tímto projektem jsme se ještě chtěly zabývat a trochu blíže prozkoumat exponenciální růst. Po pochopení toho, jak funguje číslo R a jak se obecně epidemie šíří není složité si uvědomit, že bez omezení kontaktů se jakákoli epidemie bude šířit exponenciálně. Když se totiž něco přenáší z lidí na lidi, je jasné, že s větším množstvím nakažených lidí mají větší šance na nákazu i další lidé, protože jeden člověk může nakazit spoustu dalších.

Samozřejmě ale epidemie neměla a nemá exponenciální růst vždy. Grafy jasně ukazují, že v době většího uvolnění, kdy se lidské kontakty obnovily, se covid 19 šířil rychleji a často šlo opravdu o téměř exponenciální funkci. Takovou situaci znázorňují následující dva grafy. První z nich ukazuje denní přírůstek pozitivně testovaných mezi únorem a březnem roku 2020, druhý se zabývá daty mezi srpnem a říjnem.



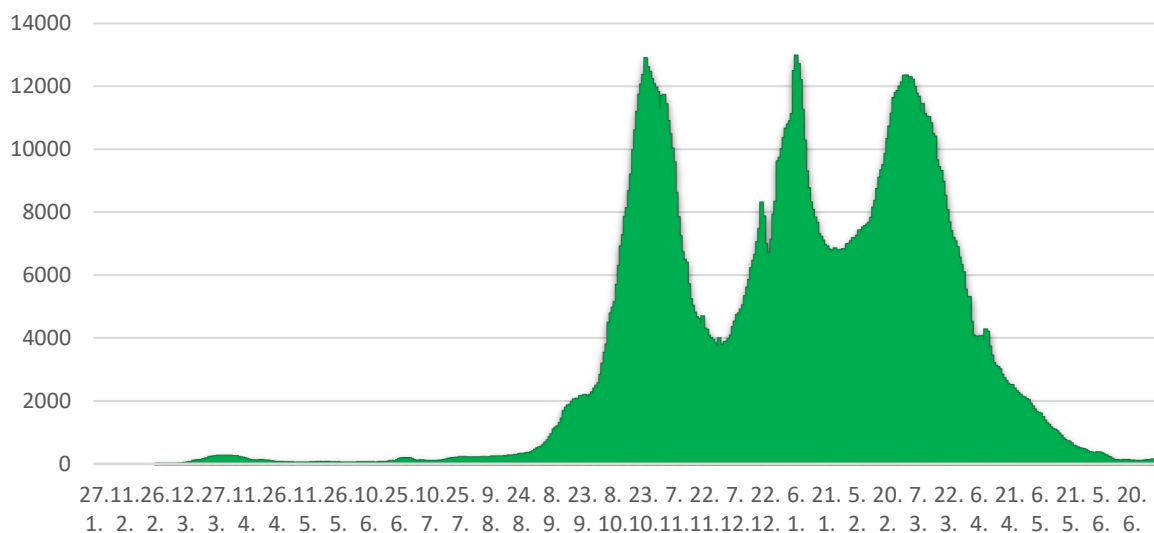
Když se ale lidské kontakty výrazně omezily, k čemuž jistě napomohla vládní nařízení, exponenciální růst se v podstatě zastavil a denní nárůst nové nakažených začal klesat.

Obecně lze tedy říct, že kdyby lidé vůbec neomezili své kontakty a setkávali by se s větším množstvím lidí podobně, jako dříve, graf šíření viru by se velmi podobal exponenciální funkci.

## KLOUZAVÝ PRŮMĚR

Jelikož v obecných grafech v sekci základní grafy bývají poměrně často různé odchylky a výkyvy, způsobené již zmíněnými státními svátky, víkendy atd., chtěly jsme vymyslet ještě něco, díky čemuž bude graf jednodušší a přehlednější. A díky našemu vedoucímu jsme zjistily, že přesně k tomu slouží klouzavý průměr. O něm jsme si našly, jak se počítá a spočítaly jsme ho u svých dat. Jde vlastně jen o to, že se zprůměruje pomocí běžného aritmetického průměru aktuální den, 3 předchozí dny a 3 následující dny dohromady. Získaný graf z dat o pozitivních případech vypadá následovně.

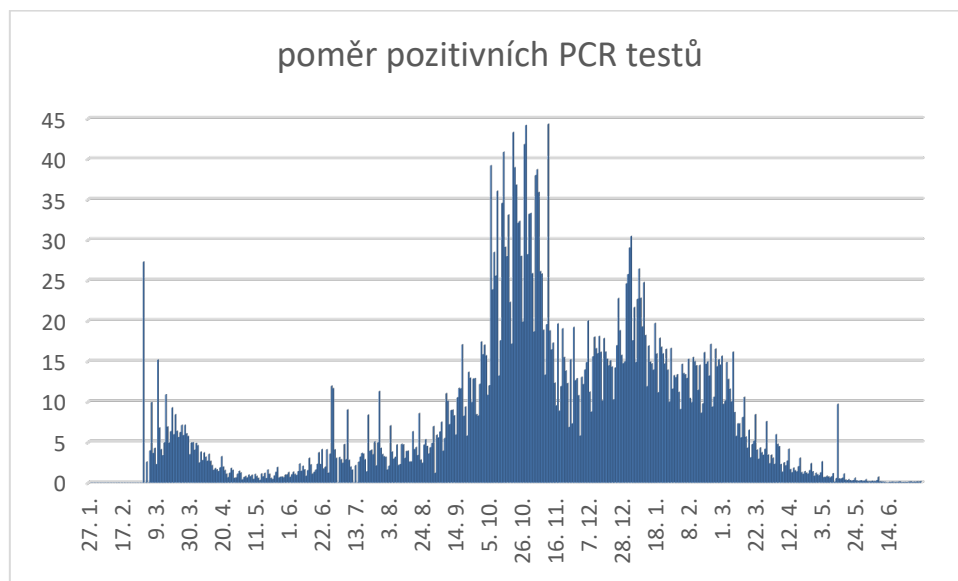
## klouzavý průměr



## POMĚR POZITIVNÍCH PCR TESTŮ

Často se říká, že když se méně testuje, tak je jasné, že je méně nakažených. Rozhodly jsme se, že se podíváme na to, jestli je tomu opravdu tak. Za tímto účelem jsme vypočítaly, kolik procent všech testů vyšlo pozitivních a údaje z výpočtu jsme opět vložily do grafu.

Graf ale nebude znázorňovat přesné informace. Ty budou zkreslené hlavně kvůli tomu, že se v listopadu začalo testovat antigenními testy, které nebývají tolik přesné. Z údajů, které máme od našeho vedoucího ale není jasné, kolik ze zjištěných pozitivních případů, se zjistilo díky PCR testům a kolik z nich díky antigenním testům.



## ZÁVĚR

Myslíme si, že jsme naší prací dosáhly toho, čeho jsme chtěly. Kdybychom měly více času, určitě bychom si s grafy pohrály více a vymyslely bychom jich ještě více. Práci na projektu jsme se samy často překvapily, spoustu věcí jsme neočekávaly a naopak jsme někdy něco očekávaly a realita byla jiná. Jsme rády, že jsme se tomuto tématu díky projektu přiblížily a rozumíme mu více než dřív.

## ZDROJE

Především jsme využívaly zdroje ze stránek Matfyzu, které napsala Tereza Bártlová.

- [1] [https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/koronavirus-online-cesko-v-cesku-cr-pocet-pripadu-nedele-vyleceni\\_2010041935\\_ako](https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/koronavirus-online-cesko-v-cesku-cr-pocet-pripadu-nedele-vyleceni_2010041935_ako)
- [2] <https://www.matfyz.cz/clanky/matematika-koronaviru-exponencialni-rust-a-cislo-r>
- [2] <https://www.matfyz.cz/clanky/matematika-koronaviru-tajemstvi-cisla-r>