



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra biomedicínské techniky

**Ekonomické hodnocení efektivity očkování proti onemocnění
COVID-19 u dětí v České republice**

**Economic evaluation of the COVID-19 vaccination effectiveness in children in
the Czech Republic**

Diplomová práce

Studijní program: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví

Vedoucí práce: Ing. Gleb Donin, Ph.D.

Bc. Eliška Havlíčková

Kladno 2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Havlíčková** Jméno: **Eliška** Osobní číslo: **503725**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**
Studijní program: **Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomické hodnocení efektivity očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí v České republice

Název diplomové práce anglicky:

Economic evaluation of the COVID-19 vaccination effectiveness in children in the Czech Republic

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je ekonomická analýza efektivity očkování proti onemocnění COVID-19 v určitém čase a na území České republiky. Zmapujte současný stav hodnocení dopadů váhání či odmítání očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí v České republice a jeho celospolečenské nákladové zatížení. Zhodnoťte realizované studie zaměřené na analýzu dopadů odmítání očkování proti COVID-19 z celospolečenského hlediska (zdraví, ekonomika). Na základě analýzy současného stavu dané problematiky vyberte cílovou skupinu pediatrických pacientů a z vybrané perspektivy proveďte kalkulaci nákladů na zdravotní péči. Výstupem práce bude ekonomické hodnocení prevence očkováním proti onemocnění novým typem koronaviru SARS-CoV-2.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SACCO, Chiara, Alberto MATEO-URDIALES, Daniele PETRONE, et al. , Estimating averted COVID-19 cases, hospitalisations, intensive care unit admissions and deaths by COVID-19 vaccination, Italy, January–September 2021, Eurosurveillance , ročník 26, číslo 47, 2021, doi:10.2807/1560-7917.ES.2021.26.47.2101001
[2] GURDASANI, Deepti, Samir BHATT, Anthony COSTELLO, et al., Vaccinating adolescents against SARS-CoV-2 in England: a risk-benefit analysis, Journal of the Royal Society of Medicine, ročník 114, číslo 11, 2021, doi:10.1177/01410768211052589

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Gleb Donin, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2022**
Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2023**

doc. Ing. Martin Rožánek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Ekonomické hodnocení efektivity očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí v České republice“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 11.05.2022

.....

Bc. Eliška Havlíčková

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych ráda poděkovala panu Ing. Glebu Doninovi Ph.D. za jeho vstřícnou, laskavou pomoc a svědomité vedení této práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině a snoubenci za obrovskou podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Ekonomické hodnocení efektivity očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí v České republice

Hlavním cílem práce je ekonomické hodnocení efektivity vakcíny za pomoci odhadu odvrácených případů hospitalizací u dospívající populace a stanovení nákladové efektivity vakcinačního programu proti onemocnění COVID-19 u populace dospívajících dětí v České republice z perspektivy plátce zdravotní péče. K dosažení vytyčených cílů jsme zvolili vhodné metody, které byly aplikovány ve vlastních výsledcích práce. Základním stavebním kamenem byla kalkulace průměrných nákladů na jeden hospitalizační případ dospívajícího pacienta, která byla stěžejní pro další hodnocení odvrácených případů hospitalizací a též pro výpočet nákladové efektivity. Na podkladě vyčíslených nákladů na hospitalizační případ dospívajícího pacienta s onemocněním COVID-19, pravděpodobnostních rozloženíh kohorty dospívajících dětí z reálných českých dat a efektů převzatých z literatury byl sestaven epidemiologický model v podobě rozhodovacího stromu. Model byl využit k výpočtu nákladové efektivity, která porovnává alternativu očkování s komparátorem v podobě nepodrobení se očkování. Výsledek nákladové efektivity byl interpretován za pomoci inkrementálního poměru nákladů a efektů (ICER). V samém závěru byla zpracována analýza citlivosti pro predikci možných scénářů, kdy jsme změnou vstupujících proměnných sledovali následné chování modelu.

Klíčová slova

Očkování, COVID-19, SARS-CoV-2, nákladová efektivita, rozhodovací strom, odvrácené případy

ABSTRACT

Economic evaluation of the COVID-19 vaccination effectiveness in children in the Czech Republic

The main aim of this thesis is to evaluate the effectiveness of the COVID-19 vaccine by estimating the number of hospitalizations in adolescents and to determine the cost-effectiveness of the COVID-19 vaccination program in the adolescent population in the Czech Republic from the perspective of payers of health care. To achieve the set aims, we chose appropriate methods which were applied in our own results. The base of our evaluation was the calculation of the average cost per hospitalization case of an adolescent patient, which was crucial for further evaluation of averted hospitalization cases and, also for the calculation of the cost-effectiveness analysis. Based on the calculated costs of a hospitalization case of an adolescent patient with COVID-19, the probability distributions of a cohort of adolescents from real Czech data and effects taken from the literature, an epidemiological model in the form of a decision tree was compiled. The model was used to calculate cost-effectiveness, which compares the vaccination alternative with a comparator in the form of non-vaccination. The cost-effectiveness outcome was interpreted using the Incremental Cost-Effectiveness Ratio (ICER). At the very end, a sensitivity analysis was created to predict possible scenarios, in which we monitored the subsequent behaviour of the model by changing the input variables.

Keywords

Vaccination, COVID-19, SARS-CoV-2, cost-effectiveness, decision analytic model, averted cases

Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	9
1 Úvod	10
2 Přehled současného stavu.....	12
2.1 Onemocnění COVID-19 u dětské populace.....	12
2.1.1 Klinická závažnost případů	12
2.1.2 Komplikace onemocnění COVID-19 u dětí	13
2.1.3 Epidemiologická situace v České republice	14
2.2 Vakcinace	16
2.2.1 Očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí	17
2.2.2 Váhavost až odmítavost k očkování	19
2.3 Efektivita vakcíny v populaci dospívajících dětí	21
2.4 Nákladové zatížení vlivem onemocnění COVID-19	22
3 Cíle práce.....	25
4 Metody	26
4.1 Nákladová analýza	26
4.1.1 Klasifikace nákladů	26
4.1.2 CZ-DRG	27
4.1.3 Vyhláška č. 242/2021 Sb.....	28
4.1.4 Metodika vyčíslování nákladů na lůžkovou péči	28
4.2 Analýza odvrácených případů hospitalizací adolescentů vlivem vakcíny	29
4.3 Modelování.....	31
4.3.1 Přehled modelu	31
4.3.2 Struktura modelu	31
4.3.3 Vstupy do modelu.....	32
4.4 Analýza nákladové efektivity.....	34
4.4.1 ICER	35
4.5 Analýza citlivosti.....	36
5 Výsledky.....	37
5.1 Analýza dat hospitalizačních případů	37
5.2 Analýza nákladů na hospitalizaci	40

5.3	Analýza odvrácených případů hospitalizací adolescentů vlivem vakcíny	41
5.4	Modelování.....	43
5.4.1	Přehled modelu	43
5.4.2	Vstupy do modelu.....	43
5.4.3	Struktura modelu	46
5.5	Analýza nákladové efektivity	48
5.5.1	Interpretace výsledků CEA pomocí ICER	49
5.6	Analýza citlivosti.....	50
6	Diskuse	54
7	Závěr	56
	Seznam použité literatury	57
	Seznam tabulek	65
	Seznam obrázků.....	66
	Příloha A.....	67

Seznam symbolů a zkratek

CDC	Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí (<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>)
CEA	Nákladová efektivita (<i>Cost-effectiveness analysis</i>)
CI	Interval spolehlivosti (<i>Confidence interval</i>)
CM	Case-mix
COVID-19	Koronavirové onemocnění 2019 (<i>Coronavirus disease 2019</i>)
ČSSZ	Česká správa sociálního zabezpečení
DRG	Řazení hospitalizačních případů do výsledných skupin systému (<i>Diagnosis Related Group</i>)
ECDC	Evropské středisko pro prevenci a kontrolu nemocí (<i>European Centre for Disease Prevention and Control</i>)
ECMO	Extrakorporální membránová oxygenace (<i>Extracorporeal membrane oxygenation</i>)
EPA	Evropské sdružení pediatriů (<i>European pediatric association</i>)
ICER	Přírůstkový poměr nákladů a efektů (<i>Incremental cost-effectiveness ratio</i>)
JIP	Jednotka intenzivní péče
LYG	Získané roky života (<i>Life years gained</i>)
MDC	Kategorie hlavních diagnóz (<i>Major Diagnostic Category</i>)
MIS-C	Multisystémové zánětlivé onemocnění (<i>Multisystem inflammatory syndrome in children</i>)
MKN	Mezinárodní klasifikace nemocí
MZČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
NZIP	Národní zdravotnický informační portál
OD	Ošetřovací den
PIMS	Multisystémové zánětlivé onemocnění (<i>Paediatric inflammatory multisystem syndrome</i>)
QALY	Kvalita života strávená v plném zdraví (<i>Quality adjusted life years</i>)
SARS-CoV-2	Koronavirus s těžkým akutním respiračním syndromem (<i>Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus</i>)
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv
UPV	Umělá plicní ventilace
ÚZIS	Ústav zdravotnických informačních systémů
VZP	Všeobecná zdravotní pojišťovna
WHO	Světová zdravotnická organizace (<i>World health organisation</i>)
WTP	Ochota platit (<i>Willingness to pay</i>)

1 Úvod

Dle Světové zdravotnické organizace předchází očkování každoročně 4–5 milionům úmrtí, která by byla zapříčiněna infekčními chorobami typu spalniček, záškrtu, tetanu, černého kašle a viru chřipky. Očkování je tedy považováno za jeden z nákladově nejefektivnějších programů veřejného zdraví. Pokud by se podařilo globálně zvýšit proočkovanost populace, dalo by se podle Světové zdravotnické organizace zabránit dalším 1,5 milionu úmrtí na světě ročně [1]. Klesající proočkovanost z důvodu stále se častěji objevujících negativních přístupů veřejnosti k vakcinacím a narůstajícím počtům dezinformací, a to i s ohledem na varování lékařů a specialistů, vedla v posledních několika letech k nárůstu incidencí případů infekčních onemocnění, kterým již dnes lze předcházet právě očkováním. Problematika odmítání vakcinací a stále zvyšující se počty negativních přístupů k očkováním jsou aktuálně celosvětovým problémem. Světová zdravotnická organizace definuje odmítání očkování jako zdrženlivost vůči přijetí vakcinace nebo úplné odmítnutí vakcíny navzdory její dostupnosti a také navzdory dostupnosti služeb spojených s její aplikací [2]. Zdali podrobit děti a dospívající očkování proti onemocnění COVID-19 je předmětem sáhodlouhých debat mezi odborníky i rodiči. Vzhledem k tomu, že mají děti a dospívající spíše mírný průběh onemocnění COVID-19, může být očkování vnímáno rodiči a odborníky jako nepotřebné. Otázkou tedy zůstává, zdali vkládat finanční prostředky do očkovacího programu dospívajících, či nikoliv.

Tato práce se zabývá ekonomickým hodnocením efektivity vakcinačního programu proti onemocnění COVID-19 u dětí starších 12 let v České republice. Práce pojednává o přínosech očkování v podobě odvrácených případů hospitalizací a s tím spojených ušetřených nákladů na nemocniční péči.

Přehled současného stavu práce přináší komplexní pohled na problematiku očkování proti onemocnění COVID-19 u populace dětí a dospívajících. Zabývá se přístupy rodičů k očkování, sleduje současný stav proočkovanosti dětské a dospívající populace, analyzuje studie hodnotící efektivitu vakcín proti onemocnění COVID-19 a zaměřuje se na nákladovost léčby a ekonomické dopady na zdravotnické instituce. Cílem teoretické části práce je popsat současný stav problematiky, epidemiologickou situaci onemocnění COVID-19 v České republice dle nejaktuálnějších zveřejněných dat a objasnit klinickou závažnost případů včetně komplikací onemocnění COVID-19 u dětské a dospívající populace. V této práci přiblížíme čtenáři problematiku vakcinací a rozebereme nejčastější důvody odmítání vakcinací rodiči dětí a dospívajících. Vlastní zpracování výsledků práce přinese ekonomické hodnocení přínosů očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí ve věku 12 až 17 let, a to v podobě odhadu počtu odvrácených případů hospitalizací vlivem očkování a s tím spojených ušetřených nákladů za nemocniční péči. Pomocí modelování vyjádříme nákladovou efektivitu očkování proti onemocnění COVID-19 u dospívajících dětí v podobě ukazatele přírůstkového poměru nákladů a efektů (ICER).

Dále budeme ve vlastních výsledcích vyčíslvat náklady hospitalizační péče adolescentů, kteří byli přijati do léčebné péče a současně byli pozitivně testováni na přítomnost koronaviru. Pro komplexní pohled na problematiku budeme analyzovat typovost případů hospitalizací a často se opakujících komplikací zdravotních stavů vlivem onemocnění COVID-19 u dospívající populace dětí.

2 Přehled současného stavu

Kapitola obsahuje teoretické poznatky, které souvisejí s onemocněním COVID-19, neboli onemocněním způsobeným novým typem koronaviru SARS-CoV-2. Kapitola nás provede obecným úvodem do problematiky tohoto onemocnění, epidemiologií, možnými komplikacemi onemocnění u dětské populace, léčbou a prevencí v podobě očkování. Součástí této kapitoly je také problematika váhání s očkováním či odmítání očkování rodiči dětí. V rámci kapitoly se též zaměříme na tematiku efektivitu vakcíny u dětí a poslední část kapitoly bude věnována celospolečenskému nákladovému zatížení onemocnění COVID-19 u dětské populace, kde budeme vycházet z dostupných dat z větší části zahraničních studií.

2.1 Onemocnění COVID-19 u dětské populace

Onemocnění COVID-19 je infekční chorobou, kterou způsobuje virus SARS-CoV-2. Koronavirus SARS-CoV-2 je původcem onemocnění u některých druhů netopýrů a u lidí začal parazitovat sekundárně. Tato infekce se může manifestovat různými klinickými průběhy počínaje od asymptomatického průběhu až po vážná multiorgánová selhání.

2.1.1 Klinická závažnost případů

Z klinického pohledu rozlišujeme pět typů závažnosti případů. Lehký průběh infekce může připomínat běžnou sezónní chřipku v podobě lehkých respiračních a gastrointestinálních obtíží. U středně těžkého průběhu onemocnění můžeme pozorovat na rentgenovém snímku intersticiální zánětlivé změny plicní tkáně a projevy těžších respiračních obtíží v podobě zápalu plic. U těžkého a kritického průběhu je třeba hospitalizace dítěte na jednotce intenzivní péče. Respirační obtíže u těžkého průběhu infekce mohou být doprovázeny gastrointestinálními potížemi, může se objevit dušnost, centrální cyanóza a saturace krve kyslíkem z obvyklých 95% - 100 % klesá na hodnoty nižší než 92 %. Dětské pacienty mohou snadno přejít do stavu akutní respirační tísně nebo respiračního selhání a může se u nich objevit šok, encefalopatie, poškození myokardu či srdeční selhání, koagulační dysfunkce nebo akutní poškození ledvin až po multiorgánovou dysfunkci. Tento stav klasifikujeme jako kritický. Pro přehlednost jsou různé stavy znázorněny v tabulce níže spolu s procentuálním zastoupením objevujících se závažných stavů u dětské populace. Procentuální zastoupení byla převzata z brazilské systematické rešerše klinických manifestací onemocnění COVID-19 u dětí, kam bylo zahrnuto ze 38 studií celkem 1117 případů [3; 4]. Klinická závažnost případů je závislá na právě kulminující variantě koronaviru v populaci.

Tabulka 2.1: Průběhy onemocnění COVID-19 a procentuální zastoupení u dětí

Typ průběhu	Popis průběhu	Procentuální zastoupení u dětí
Bezpríznakový průběh	Bez jakýchkoliv klinických projevů	14,20%
Lehký průběh	Příznaky akutní infekce horních cest dýchacích, horečka, únava, myalgie, kašel, bolesti v krku, rýma, nevolnost, zvracení, bolesti břicha a průjem	36,30%
Středně těžký průběh	Projevy zápalu plic, horečka, kašel, pozorovatelné změny plicní tkáně na rentgenovém snímku	46%
Těžký průběh	Respirační obtíže, gastrointestinální obtíže, pokles saturace krve kyslíkem na hodnoty nižší než 92%	2,10%
Kritický průběh	Respirační tíseň až selhání, šok, poškození myokardu až srdeční selhání, multiorgánová dysfunkce	1,20%

Ze závěrů vědeckých studií vyplývá, že klinický průběh onemocnění COVID-19 se u dětských pacientů může diametrálně lišit od klinického průběhu pacientů dospělých [3]. Šířící se varianty onemocnění COVID-19 alfa a delta mívají stejné klinické příznaky, avšak pravděpodobnost určitých příznaků byla vyšší u varianty delta [5]. U dětských pacientů můžeme pozorovat z větší části klinický průběh mírnějšího charakteru, nicméně neopomínejme riziko rozvoje komplikací onemocnění. Systematická rešerše a metaanalýza většího rozsahu zabývající se závažností průběhů onemocnění COVID-19 u dětských pacientů, s a bez přidružených komorbidit, která hodnotila celkem 42 studií zahrnujících zhruba 275 tisíc dětí bez přidružených komorbidit a asi 9 tisíc dětí s nějakým doprovázejícím onemocněním dospěla k závěru, že děti s přidruženými komorbiditami mají vyšší riziko k závažnějšímu průběhu infekce než jinak zdravé děti. Stejně tak mají vyšší pravděpodobnost vážnějšího průběhu až úmrtí dětí s chronickými onemocněními jako je obezita, astma či chronické onemocnění plic a diabetes [6].

2.1.2 Komplikace onemocnění COVID-19 u dětí

Ačkoliv mají dětské pacienty ve většině případů klinický průběh onemocnění koronavirem SARS-CoV-2 spíše mírný, je přesto možné, že se po prodělání infekce vyvine komplikace v podobě tzv. multisystémového zánětlivého syndromu (MIS-C, z angl. multisystem inflammatory syndrome in children, jinak také PIMS z angl. paediatric inflammatory multisystem syndrome). Toto onemocnění se objevuje zhruba po 2 až 8 týdnech od nákazy dítěte novým typem koronaviru. Ke konci roku 2021 bylo dle zprávy České vakcinologické společnosti od počátku pandemie koronaviru hospitalizováno přes 250 dětí s multisystémovým zánětlivým onemocněním.

To, jaký má dítě před rozvinutím multisystémového zánětlivého syndromu klinický průběh nákazy koronavirem nemusí hrát roli. Registrujeme případy, kdy průběh onemocnění koronavirem nebyl nijak závažný, a přesto se u dítěte syndrom PIMS posléze objevil. V ČR je průměrný věk dětí, u kterých se závažné onemocnění vyskytlo, 8 let. Dle zprávy ČLS JEP zasahuje toto onemocnění u dětí z velké části srdeční myokard [7]. Mezi příznaky, které PIMS doprovázejí, řadíme vysoké horečky po dobu více než tří dní, nízký krevní tlak nebo šok, gastrointestinální potíže a změny na sliznicích [8].

Druhou již známou komplikací je tzv. dlouhý COVID (z angl. long COVID), jinak také jako postcovidový syndrom (z angl. post-COVID syndrome). Tyto názvy označují komplikaci v podobě dlouhodobě přetrvávajících příznaků onemocnění COVID-19. Přetrvávající obtíže se manifestují v podobě bolesti hlavy, únavy, potíží s koncentrací, bolesti svalů a břicha, ztrátou chuti, úbytku hmotnosti apod. Některé studie uvádějí, že se jedná o symptomy, které přetrvávají od 4 do 12 týdnů po proděláním infekce koronavirem, nicméně přesná délka těchto symptomů doposud nebyla stanovena a názory odborníků se zde rozcházejí [9].

2.1.3 Epidemiologická situace v České republice

V tabulce níže můžeme pozorovat počty nakažených, očkovaných, hospitalizovaných a zemřelých dětí a dospívajících za období od počátku pandemie v březnu 2020 do konce roku 2021. Za toto časové období registruje Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR dle webové platformy Ministerstva zdravotnictví celkem asi 500 tisíc nakažených dětí a adolescentů od narození do 17 let věku, nicméně reálné číslo může mít mnohokrát vyšší. Očkovanými myslíme děti a dospívající, kteří se podrobili alespoň jedné vakcinační dávce proti onemocnění COVID-19. Pro věkovou kategorii 0–4 let nebyla dosud schválena očkovací látka, pro skupinu 5–11 let byla schválena očkovací látka až k 12.12.2021, proto sahá proočkovanost v této věkové skupině ke konci roku 2021 pouze ke 2 procentům. Dospívající od 12 do 15 let se mohou podrobit očkování již od 01.07.2021 a od tohoto data do konce roku 2021 se stihla naočkovat alespoň jednou dávkou vakcíny skoro polovina této populace adolescentů (47 %). Po spuštění očkování věkové skupiny od 12 let k 01.07.2021 se do konce roku 2021 nakazilo asi 101 tisíc dětí, z toho pozitivních neočkovaných bylo 37 tisíc dětí od 12 do 15 let, 1591 pacientů se nakazilo v době, kdy neměli řádně ukončené očkování a 1306 dětí se nakazilo i po řádně ukončeném očkování. Číslo nakažených pozitivních případů není zcela vypovídající z toho důvodu, že očkování dětí se zavedlo až v létě 2021. Tato čísla je třeba vztáhnout na počet vykázaných očkování ve stejné věkové skupině. Od počátku pandemie v roce 2020 do konce roku 2021 zemřelo na COVID-19 v ČR 8 dětí ve věku od 0 do 17 let [10].

Tabulka 2.2: Přehledová tabulka epidemiologie, proočkovanosti a hospitalizací za roky 2020 a 2021

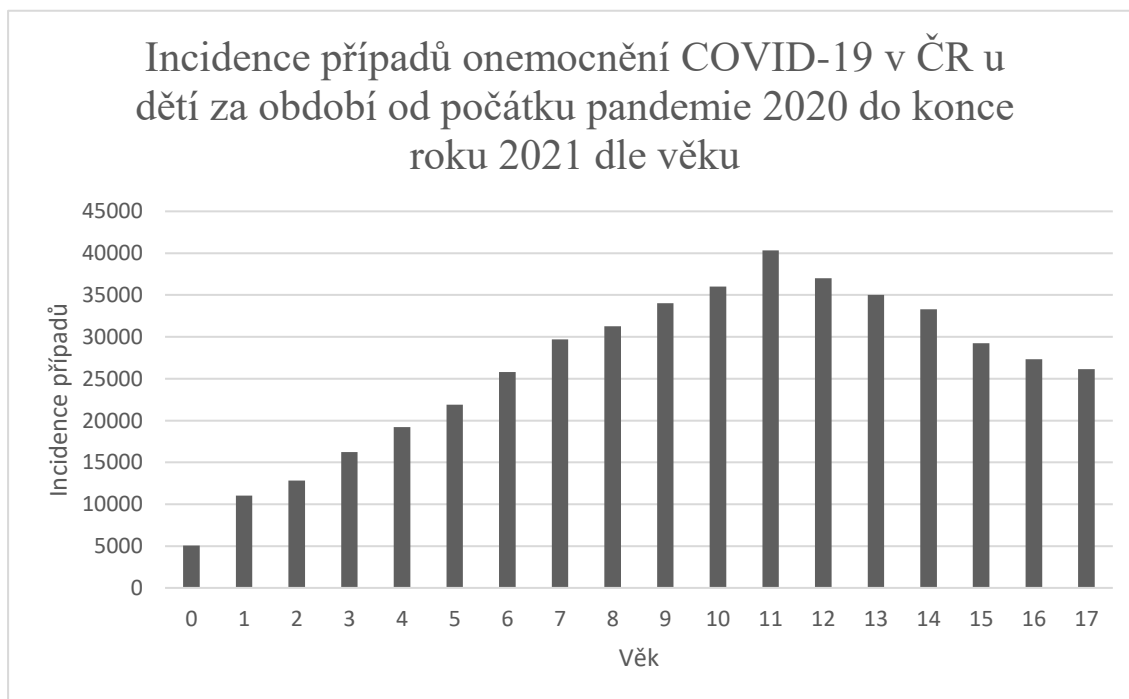
Věková skupina	0–4	5–9	10–14	15–17
Celkem nakažení	64500	143000	182000	83000
Celkem očkování*		9200	165000	185000
Proočkovanost v populaci		2%	28%	62%
Celkem hospitalizovaní	816	270	458	336**
Celkem na JIP	79	29	56	40**
Celkem zemřelí	3	1	2	2

*očkování alespoň jednou dávkou vakcíny

**data v přesném rozmezí této věkové kategorie nebyla nalezena, data byla vztažena k věkové skupině 16–17 let

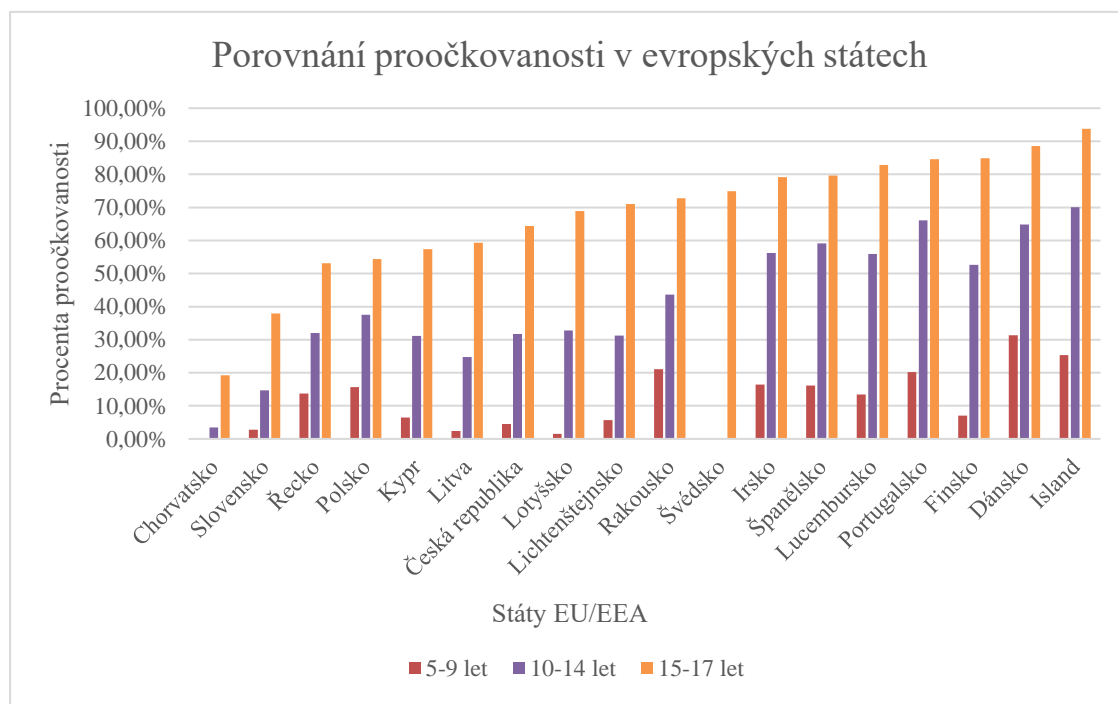
Velmi zajímavou skutečností je, že během pandemie COVID-19 můžeme registrovat snižující se incidence případů ostatních infekčních onemocnění, pravděpodobně z důvodu omezení pohybu a mezilidských kontaktů [11].

Níže uvedený graf ukazuje výskyt případů onemocnění koronavirem u dětské populace ve věku od narození do 17 let v období od počátku pandemie do konce roku 2021. Nejvyšší počty případů onemocnění můžeme pozorovat u věkové skupiny 11 let, u které jsme, za již zmíněné období, zaznamenali 40327 nakažených [10].



Obrázek 2.1: Graf incidence případů onemocnění COVID-19 v ČR u dětí za období 2020 – 2021 dle věku. Vlastní zpracování, data převzata z [10]

Co se týče proočkovanosti, zaujímá Česká republika dle dat z konce března 2022 v porovnání se státy Evropské unie a Evropského hospodářského prostoru střední postavení. Ve věkové kategorii 5–9 let proočkovalo Česko za zhruba tři měsíce od schválení vakcinace této věkové kategorie 4,4 % dětí. Děti od 10 do 14 let jsou proočkovány z necelých 32 % a dospívající ve věku od 15 do 17 jsou proočkováni ze 64 %. Nejvyšší proočkovanost registrujeme v zemích severní Evropy, naopak nejnižší proočkovanost dětí a dospívajících pozorujeme v Chorvatsku a na Slovensku [12] (viz obrázek 2.2).



Obrázek 2.2: Graf porovnání proočkovanosti v evropských státech. Vlastní zpracování, data převzata z [12]

2.2 Vakcinace

Vakcinací, jinak také aktivní imunizací či očkováním, rozumíme vpravení vakcinační látky do lidského organismu, obsahující živý či neživý patogen, zpravidla vir nebo bakterii, abychom aktivizovali imunitní systém očkovaného a vyvolali tak schopnost organismu bránit se proti danému infekčnímu onemocnění, vysvětluje článek České vakcinologické společnosti ČLS JEP na stránkách NZIP [13]. Lidský obranný systém se tímto způsobem naučí identifikovat infekční patogen a očkováný jedinec by tak měl být ochráněn před vzplanutím infekční choroby, či při nejmenším před těžkým průběhem již vzplanuté nemoci a možnými komplikacemi. Vakcinace je dle článku považována za jeden z nejefektivnějších postupů primární prevence proti infekčním chorobám. Dále článek uvádí, že pokud dosáhneme vysoké proočkovanosti populace, zabráníme tak diseminaci či nekontrolovanému šíření infekčních patogenů a zajistíme tak

kolektivní imunitu populace. Před infekčním onemocněním tedy nechráníme pouze sebe, ale i chronicky nemocné pacienty, kterým z nějakého důvodu nemůže být očkovací látka podána nebo jedince s imunitním systémem neschopným k vytvoření dostatečného množství protilátek proti infekčnímu patogenu. Jakmile se zastaví proces plošné vakcinace lidské populace, nastává pokles kolektivní imunity, infekční patogen se šíří a vzrůstá incidence případů infekčních chorob, udává článek.

V tuzemsku rozlišujeme vakcíny povinné, respektive pravidelné a vakcíny nepovinné, tedy zvláštní, mimořádné a vakcíny cestovní, popř. při poranění či úrazu [14]. V České republice jsou děti při pravidelném očkování očkovány dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 537/2006 Sb. o očkování proti infekčním nemocem proti záškrtu, spalničkám, zarděnkám, tetanu, černému kašli, příušnicím, dětské obrně, virové hepatitidě typu B a proti infekci, kterou vyvolává patogen *Haemophilus influenzae* typu B [15]. Očkování se uskutečňuje dle očkovacího kalendáře v časových frekvencích, dle již zmíněné vyhlášky. Vakcíny pravidelných očkování jsou hrazeny z prostředků veřejného zdravotního pojištění [16].

Nepovinné vakcíny můžeme rozdělit na hrazené ze zdravotního pojištění a vakcíny, které hrazeny pojišťovnamí nejsou. Mezi nepovinná očkování hrazená patří zejména očkování proti chřipce u vybraných skupin, očkování proti pneumokokům u dětí do sedmého roku věku, očkování proti lidskému papilomaviru a v nedávné době přibylo také hrazené očkování proti novému typu koronaviru. Nepovinnými očkováními, která hrazena pojišťovnamí nejsou, myslíme například očkování proti planým neštovicím, klíšťové encefalitidě, žloutence a meningitidě [17].

Zvláštními vakcinacemi rozumíme očkování pro osoby, které mají vyšší riziko napadení infekčním patogenem v určitých oblastech či skupinách. Jedná se například o vzteklinu či hepatitidu. Mimořádnými očkováními pak předcházíme infekčním onemocněním ve zvláštních situacích typu pandemií [14], jako právě například u celosvětové pandemie onemocnění koronavirem.

2.2.1 Očkování proti onemocnění COVID-19 u dětí

Vzhledem k tomu, že je u většiny dětí klinický průběh onemocnění koronavirem spíše mírný, diskutuje se stále mezi rodiči a odborníky, zdali děti očkování podrobit, či nikoliv. Mírný průběh onemocnění u dětí totiž nemusí nutně znamenat, že se u dítěte v budoucnu nevyskytnou komplikace, například v podobě postcovidového syndromu. Současné také existují rizika v podobě vedlejších účinků po přijetí vakcíny.

Přínosy a rizika

Zdali podrobit či nepodrobit zdravé dítě očkování je předmětem spekulací mezi odborníky i samotnými rodiči dětí. Vzhledem k tomu, že je klinický průběh u dětí spíše mírný, mohou rodiče očkování považovat i přes varování lékařů za nedůležité.

Jak onemocnění koronavirem, tak očkování s sebou nesou určitá rizika. Níže jsou do tabulky přehledně zpracovány přínosy a rizika vakcíny proti onemocnění COVID-19. Vakcínou myslíme jakoukoliv očkovací látku, která byla schválena příslušným orgánem, respektive příslušnou agenturou pro léčivé přípravky. Tabulka byla převzata a přeložena z citované studie a doplněna autorem.

Tabulka 2.3 Přínosy a rizika očkování dětí a dospívajících [18]

Přínosy a rizika očkování dětí a dospívajících	
Přínosy	Rizika
Ochrana proti onemocnění COVID-19	Většinový mírný průběh u dětí
Ochrana proti závažnému průběhu onemocnění COVID-19	Rizika nežádoucích vedlejších účinků
Ochrana proti multisystémovému zánětlivému syndromu (PIMS)	Dlouhodobá ochrana prozatím neznámá
Ochrana proti postcovidovému syndromu	Dosah ochrany před různými mutacemi koronaviru prozatím neznámý
Snížení komunitního přenosu	Míra účinnosti vakcíny proti PIMS doposud neznámá
Vyhnutí se karanténě, izolaci, zavírání škol a dalším nepřímým dopadům izolací (psychika dětí)	Míra účinnosti vakcíny proti postcovidovému syndromu prozatím neznámá
Rychlejší návrat ke stabilní situaci před pandemií (ekonomika, vzdělávání, zdravotnictví ...)	Míra dopadu vakcíny na komunitní přenos neznámá
Ušetření nákladů hospitalizací	Přirozená imunita u dětí
Ušetření celospolečenských nákladů (ošetřovné)	Náklady spojené s očkováním

Mezi rizika nežádoucích účinků po aplikaci vakcíny u dětí řadíme bolesti hlavy, únavu a bolest v místě vpichu. Odborníci ovšem zaznamenali i vážnější výskyt nežádoucích účinků v podobě myokarditidy. Studie se shodují na tom, že riziko myokarditidy je velmi vzácné, incidence případů je nižší než 0,01 %. Dle studií je myokarditida častější u chlapců, potažmo dospívajících mužů a incidence je vyšší po aplikaci druhé dávky očkování [19; 20].

Nejnovější studie prokazují, že očkování vede k určité ochraně dítěte proti vzplanutí vážného průběhu infekce, ovšem do jaké míry je prozatím nejisté. Efektivita vakcíny bude důkladněji probrána v následující kapitole, nákladová efektivita očkování proti koronaviru u dětí je předmětem praktické části práce.

2.2.2 Váhavost až odmítavost k očkování

Světová zdravotnická organizace definuje odmítání očkování jako zdrženlivost vůči přijetí vakcinace nebo úplné odmítnutí vakcíny navzdory její dostupnosti a také navzdory dostupnosti služeb spojených s její aplikací. Dále udává, že je to komplexní proces, který se liší v závislosti na čase, místě a typu vakcíny [2]. Rutinní očkování dětí se ukázalo být jednou z nejúčinnějších intervencí veřejného zdraví. Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí (CDC) proto doporučuje běžné očkování dětí a dospívající populace proti nemocem, kterým vakcínou lze předcházet [21].

Dle článku, který byl publikován v Evropském sdružení pediatriů (EPA) [22], narůstají počty jednotlivců, vyskytujících se často v určitých vrstvách společností či specifických komunitách, kteří odkládají nebo odmítají dostupné doporučené anebo povinné očkování pro sebe a své děti. Také je očkování stále více rodiči vnímáno jako nebezpečné a zbytečné. Z článku vyplývá, že zkoumání odmítavosti vakcinací je zásadní pro vhodné plánování očkovacích strategií, kontinuální monitorování aktuálních přístupů veřejnosti k očkování, jakožto i pro zajištění zvýšené proočkovanosti. Je také důležité sledovat stupeň a typ odmítavosti či váhavosti k vakcinacím, jelikož se mohou s časem měnit. Světová zdravotnická organizace [2] definuje váhavost směrem k vakcinacím jako zpoždění v přijetí nebo odmítnutí vakcín navzdory dostupnosti očkovacích služeb. Váhání či odmítání vakcinací bylo popsáno jako složité a kontextově specifické, lišící se časem, místem a vakcínami, včetně přidružených faktorů, jako je spokojenost, pohodlí a důvěra ve vakcinace.

Dle Světové zdravotnické organizace [23] je příčinou váhání a odmítání vakcinací šíření dezinformací a falešných zpráv, které je zároveň považováno za jednu z vícero hrozeb pro globální zdraví. Italská studie z roku 2019 udává, že má šíření falešných zpráv a dezinformací na sociálních sítích a v médiích negativní a významný účinek, který již v minulosti vedl k tomu, že míra dětské imunizace rapidně poklesla. Výsledky této studie tak potvrzují tezi, že dezinformace jsou nebezpečnou příčinou problému negativních přístupů k vakcinacím [24].

To, že veřejnost věří v účinnost a bezpečnost vakcín je nezbytným faktorem pro dosažení vysoké proočkovanosti, definuje britská studie, která měřila globální index důvěry ve vakcíny. Důvěra ve vakcínu znamená důvěru k vyrobenému produktu, a tedy i důvěru ke společnostem, které vakcíny vyrábějí. Stěžejní je samozřejmě důvěra ve zdravotnické orgány příslušného státu, které rozhodují kdy, jak a kým se bude očkovat. Tato studie ukázala, že problémy s důvěrou byly hlavními faktory, které ovlivnily rozhodování rodičů, zdali své dítě vakcíně podrobit, či nikoliv [25].

Navzdory úsilí vynaloženému na rychlý vývoj vakcíny proti onemocnění COVID-19 nejsou zatím žádné skutečné klinické studie, které by jasně stanovily dávkované množství vakcíny nebo které by definovaly možné vedlejší účinky dětí do 18 let [26]. Úspěch očkování této věkové skupiny však závisí na ochotě rodičů své dítě očkovat. Váhání rodičů s očkováním bylo také často vysvětlováno psychologickými faktory, jako je vyšší vnímané riziko, že jeho dítěti hrozí závažnější nežádoucí účinky vakcíny, než které s sebou nese právě onemocnění [27]. Rodiče v portugalské studii [28] uvedli, že se spíše nechají očkovat sami, než aby nechali očkovat své dítě a hlavními důvody odmítnutí očkování pro jejich děti byly: nedostatek důkazů o efektivitě vakcíny, obavy o bezpečnost a přesvědčení, že věková skupina jejich dětí není přímo ohrožena.

Motivaci rodičů očkovat své děti ovlivňují také sociální normy, tedy jejich přesvědčení, postoje a chování. V mnoha komunitách je očkování dítěte vnímáno jako pozitivní rozhodnutí rodičů a jako společenská odpovědnost, pro jiné komunity, kde mnoho rodičů s vakcínami váhá, to může znamenat pravý opak. Některé náboženské skupiny se totiž vyhýbají veškerým lékařským zásahům, zatímco jiné mají negativní přesvědčení týkající se složek vakcín. Někdy může být velmi obtížné přehodnotit silně zastávané náboženské přesvědčení, a tedy i náboženské víry mohou být důvodem odmítání vakcinací [29].

Přístupy k vakcínám se neustále mění i v rámci národů a jsou stále ovlivňovány zprávami o bezpečnosti vakcín, novými variantami koronaviru a aktuální epidemiologickou situací v dané oblasti [30].

2.3 Efektivita vakcíny v populaci dospívajících dětí

Dospívající děti ve věku 12–17 let byly do nedávna jedinou pediatrickou věkovou skupinou, pro kterou byla schválena vakcína proti COVID-19. U této věkové skupiny byl ve Spojených státech, v období od 20. června do 31. července zaznamenán počet hospitalizací přibližně 10krát vyšší u neočkovaných než u plně očkovaných dospívajících, což by mohlo naznačovat, že vakcíny plní své poslání a jsou vysoce účinné v prevenci onemocnění COVID-19. Uvádí se, že výskyt nákazy koronavirem je vyšší mezi dospívajícími ve věku 12 až 17 let než mezi mladšími dětmi. Přestože děti mají obecně lehčí průběh onemocnění koronavirem než dospělí, školy, mládežnické sporty a další komunitní setkání mohou představovat rizika přenosu, a to i přes vysokou míru proočkovanosti dospělých [31].

Studie případů a kontrol [32] zkoumala míru efektivity vakcíny proti vážnému klinickému průběhu onemocnění COVID-19 u dospívajících dětí ve věku od 12 do 18 let. Celkem bylo do studie zařazeno 1222 adolescentů, z toho 445 případových pacientů bylo přijato do hospitalizačního zařízení s pozitivním testováním na přítomnost SARS-CoV-2, kdy 427 z těchto pacientů neobdrželo vakcínu. 777 pacientů kontroly bylo hospitalizováno s negativním testem na přítomnost koronaviru a 441 z těchto hospitalizovaných nebylo očkováno. Z tohoto vzorku bylo na 180 pacientů (zhruba 40 %) přijato na jednotku intenzivní péče, mezi nimi byli pouze dva adolescenti, kteří byli alespoň částečně či plně naočkováni. Život ohrožující stav, kde bylo zapotřebí plicní ventilace, popřípadě mimotělní podpory života byl zaznamenán celkem u 36 % dospívajících, pouze 6 % těchto adolescentů bylo očkováno. Efektivita vakcíny proti přijetí do hospitalizace byla vyčíslena na 94 % (95 % CI, 90 až 96), účinnost vakcíny vůči přijetí na JIP a vůči nutnosti umístění pacienta na ventilátor či ECMO byla vyhodnocena na 98 %. Další studie [33] věnující se hodnocení účinnosti vakcíny, která prováděla analýzu na větším vzorku dospívajících pacientů též retrospektivním hodnocením případů a kontrol, stanovila hodnoty efektivity proti symptomatickému průběhu 91 % (CI 95 %, 80 % až 96 %) a proti asymptomatickému průběhu onemocnění COVID-19 85 % (CI 95 %, 57 % až 95 %). Závěrem studií je tedy vysoká efektivita vakcíny vůči kritickému průběhu onemocnění COVID-19 včetně bezpříznakového a příznakového klinického průběhu u dospívajících dětí.

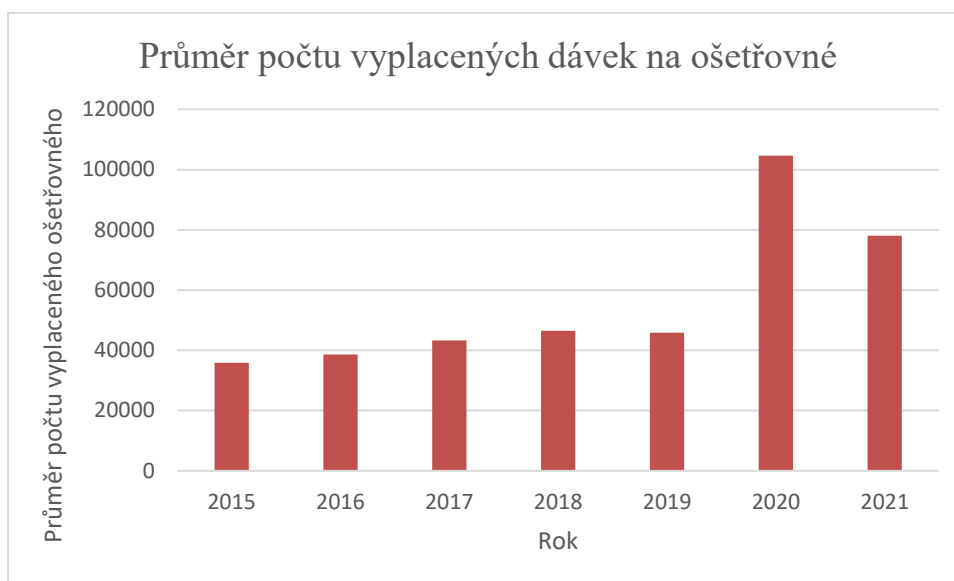
Ačkoliv se dle mnohých studií ukázaly být vakcíny velmi efektivní, dle nejnovějších poznatků je patrné, že efektivita vakcíny u dětí a dospívajících s časem klesá. Vliv na efektivitu vakcíny mohou mít kulminující nové varianty koronaviru. Newyorská studie [33] odhadovala efektivitu vakcíny u dětí a dospívajících poté, co se na přelomu roku 2021 a 2022 objevila varianta omikron. Data byla do studie převzata z celostátních databází a porovnání dat bylo uskutečněno pomocí poměru incidence onemocnění COVID-19. Výsledky byly porovnány v závislosti na přijetí či nepřijetí vakcíny a na základě odhadované účinnosti vakcíny. Autoři studie zaznamenali pokles efektivity

vakcíny mezi dětmi očkovanými oběma dávkami vakcíny ve věku 5–11 let z původních 100 % na hodnotu 48 % a u dospívajících dětí ve věku 12–17 let z původních 85 % na 73 %. Ačkoliv se nejspíše vlivem nových variant koronaviru může účinnost vakcíny snižovat, studie uvádí, že očkování stále chrání děti a dospívající před těžkým klinickým průběhem onemocnění a je stále doporučováno.

2.4 Nákladové zatížení vlivem onemocnění COVID-19

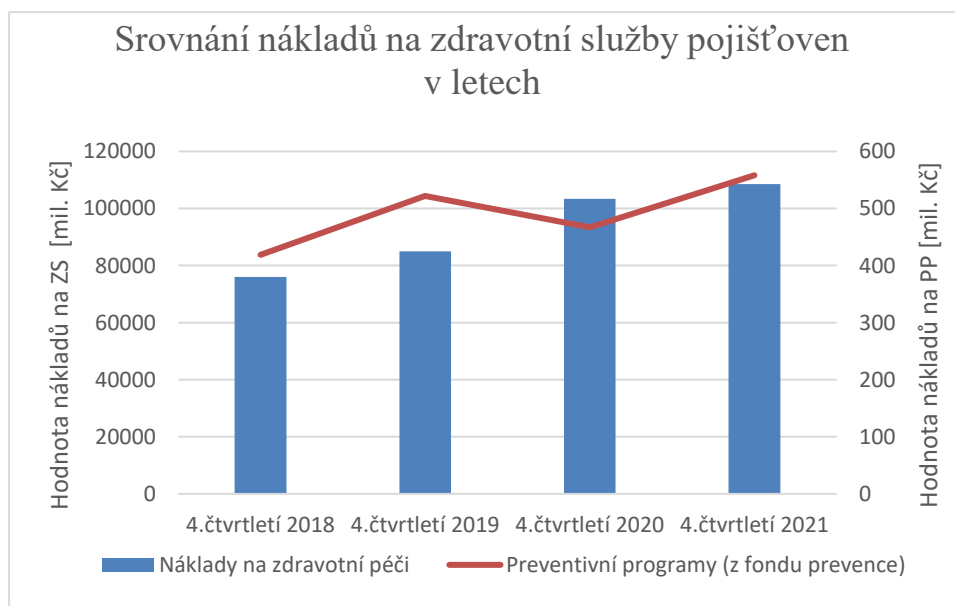
Vyčíslení přímých zdravotnických nákladů na onemocnění COVID-19 se věnovala americká studie z roku 2020 [34], která za pomoci simulačního modelu, který představoval populaci USA a to, co se může stát každému infikovanému člověku, odhadla, jaké je využití zdrojů a jak vysoké jsou přímé zdravotnické náklady na symptomatickou infekci s různými možnými scénáři průběhu onemocnění. Výsledky ukazují, že jediný symptomatický případ COVID-19 by mohl vyčíslit přímé zdravotnické náklady na 3045 USD (zhruba 68,5 tisíc korun) během samotné infekce. Pokud by se tedy nakazilo 80 % americké populace, výsledkem by mohl být medián 44,6 milionu hospitalizací, 10,7 milionu přijetí na jednotku intenzivní péče, 6,5 milionu pacientů vyžadujících ventilátor, 249,5 milionu dní na lůžku v nemocnici a 654 miliard dolarů by bylo vynaloženo na přímé zdravotní náklady v průběhu pandemie.

Co se týče navýšené nákladovosti vlivem pandemie COVID-19 v České republice, tak bylo, v souvislosti s koronavirovou pandemií v roce 2020 dle dat České správy sociálního zabezpečení [35], na ošetřovné vydáno 11,4 miliardy korun, tedy o 9,7 miliardy korun více, než v roce 2019 viz graf níže. Může to být částečně následek uzavřených škol, zvyšující se počty hlášených pozitivních případů nákazy a také fakt, že se změnila podmínky pro vyplácení ošetřovného kvůli zvláštním opatřením vlády vzhledem k probíhající pandemii [36]. Ošetřovné je jedním z typů dávek nemocenského pojištění. Nárok na ošetřovné mají zaměstnanci, kteří pečují o dítě mladší deseti let nebo o jinou osobu, která není soběstačná v péči o sebe samou. Na ošetřovné má právo rodič, který pečuje o své dítě mladší deseti let, které muselo zůstat vlivem nákazy v karanténě nebo nemohlo z důvodu pandemie navštěvovat školu z důvodu jejího uzavření.



Obrázek 2.3: Průměr počtu vyplacených dávek na ošetřovné [35]

Také výdaje na státní příspěvky nemocenského pojištění se v průběhu pandemie navýšily, a to o 42 %, tedy o 16 miliard korun a dosáhly více než 55 miliard korun [36]. Ministerstvo financí ČR na své webové stránce uveřejnilo zprávu s informacemi o celkových nákladech na zdravotní služby v roce 2020. Tyto náklady byly oproti roku 2019 vyšší o 48 miliard korun. Zpráva udává, že hospodaření systému veřejného zdravotního pojištění bylo v roce 2020 nepříznivě ovlivněno aktuální pandemií COVID-19. Dále se v roce 2020 a 2021 u všech českých zdravotních pojišťoven zvýšily náklady na zdravotní služby [37].



Obrázek 2.4: Srovnání nákladů na zdravotní služby pojišťoven za 4. čtvrtletí v letech [37]

Vzhledem k ekonomickým dopadům pandemie COVID-19, uveřejnilo MZČR vyhlášku kompenzací, kde stanovilo finanční náhrady omezení běžné poskytované zdravotní péče a vyrovnalo tak vyšší náklady na poskytované zdravotní služby pacientům s onemocněním COVID-19 [38]. Pro rok 2020 platila vyhláška č. 305/2020 Sb. o stanovení způsobu zahrnutí kompenzace do výše úhrad za hrazené služby poskytnuté v roce 2020, v roce 2021 to byla vyhláška č. 242/2021 Sb. Vyhlášky na rozdíl od předešlých let navíc stanovují navýšení úhrad v péči o pacienta s diagnózou U071, která značí onemocnění COVID-19.

Snížení morbidity a mortality vlivem úspěšných vakcinačních programů, díky kombinaci přímé a nepřímé ochrany, tedy aktivní a pasivní imunizace, vedlo již v minulosti ke snížení výskytu nemocí a s tím souvisejících terapií a nákladů na zdravotní péči. To zároveň vedlo i k nižším výdajům, které by byly vynaloženy na odvrácené náklady tím, že byl snížen počet lékařských testů, procedur, včetně nutných hospitalizací a léčeb. Kromě toho použití kombinovaných vakcín poskytuje ochranu před zvýšeným počtem chorob bez dalších nákladů na infrastrukturu, to znamená se stejným množstvím spotřebovaných injekčních dávek na dětského pacienta v rámci stávajících imunizačních programů [39].

V České republice zajišťuje nákup vakcinačních dávek proti onemocnění COVID-19 stát, respektive Ministerstvo zdravotnictví ČR. Po aplikaci vakcíny uhradí náklady za spotřebu vakcinační dávky příslušná zdravotní pojišťovna resortu Ministerstva zdravotnictví. Náklady spojeny s výkonem očkování jako takového hradí příslušná zdravotní pojišťovna poskytovateli zdravotní péče, kde náklad spojený s aplikací vakcíny vznikl. Zdravotní pojišťovna hradí ovšem i náklady spojené s distribucí na příslušné očkovací místo [40]. Dle českých zdravotních pojišťoven se ale veškeré náklady spojeny s očkováním stále nedají srovnat s výdaji vynaloženými na testování pozitivitu koronaviru a výdaji na zdravotní služby vlivem nákazy koronavirem. České zdravotní pojišťovny věří, že očkování je cestou ke snížení nákladů na zdravotní služby poskytnuté v rámci onemocnění COVID-19 [41].

Kalkulaci nákladů souvisejících s koronavirovou pandemií budeme provádět v praktické části diplomové práce. V českých veřejně přístupných databázích nebyly nalezeny průměrné náklady na léčbu pacienta s onemocněním COVID-19 s různými možnými průběhy onemocnění, tudíž bylo třeba o tato data veřejné instituce požádat.

3 Cíle práce

Na základě teoretického zpracování problematiky, které je nám základním pilířem pro další hodnocení, jsme stanovili hlavní cíl a další dílčí cíle této práce. Hlavním cílem práce je ekonomické hodnocení efektivity vakcíny za pomoci odhadu odvrácených případů hospitalizací u dospívající populace a stanovení nákladové efektivity vakcinačního programu proti onemocnění COVID-19 u populace dospívajících dětí v České republice z perspektivy plátce zdravotní péče. Dílčím cílem, stěžejním k dosažení komplexního hodnocení dané problematiky, bylo vyčíslení nákladů na zdravotní péči v souvislosti s onemocněním COVID-19 u populace adolescentů včetně analýzy dat hospitalizovaných případů se záměrem identifikace typů případových hospitalizací.

Toto téma bylo vybráno k hlubší analýze z důvodu velmi často se objevujících negativních přístupů rodičů k vakcinacím. Rodiče nedůvěřují vakcinačním programům, váhají či vyčkávají s očkováním svého dítěte, v některých případech až razantně odmítají vakcínu pro své dítě. Dalším podnětem ke zpracování této problematiky byl obecný předpoklad mírnějšího průběhu onemocnění koronavirem u zdravé populace dospívajících dětí a s tím spojenými otázky rodičů a odborníků, zdali vůbec tuto věkovou populaci očkovat.

Předpokladem hodnocení nákladové efektivity očkování je, že intervence očkováním bude oproti neočkování zatížena nejspíše vyššími náklady vzhledem k vynaložení finančních prostředků spojených s výkonem aplikace vakcinační dávky a vzhledem k nákladům na očkovací látku jako takovou.

4 Metody

V této kapitole jsou podrobně popsány metody, které byly využity k hodnocení získaných dat a ke zpracování vlastních výsledků práce. Základním stavebním kamenem byla kalkulace průměrných nákladů na jeden hospitalizační případ dospívajícího pacienta ve věku od 12 do 17 let. Tato kalkulace nákladů byla stěžejní pro další hodnocení odvrácených případů hospitalizací a též pro výpočet nákladové efektivity. Všechny analýzy spolu tedy navzájem kooperují.

4.1 Nákladová analýza

Nákladová analýza je nástrojem ekonomického hodnocení nejen v oblasti zdravotní péče. Nákladem rozumíme veškeré prostředky a zdroje vyjádřeny v peněžních jednotkách, které byly na danou léčebnou intervenci vynaloženy. Náklady vyjadřujeme z vícero možných úhlů pohledu, tedy perspektiv, které musí mít logickou vazbu na studovanou intervenci [42]. Ke kalkulaci nákladů jsme využili hodnoty relativních závažností případů stanovených dle regulí klasifikačního systému CZ-DRG a číselné údaje navýšených úhrad, respektive kompenzací stanovených vyhláškou č. 242/2021 Sb. Číselné vyjádření relativních vah hospitalizačních případů dospívajících dětí jsme obdrželi od Všeobecné zdravotní pojišťovny. Data od VZP zahrnovala informace o všech pacientech ve věku od 12 do 17 let, kteří byli přijati do lůžkového zařízení s onemocněním COVID-19 ve třech krajích ČR, a to v kraji Plzeňském, Karlovarském a Jihočeském za rok 2021. Obdržená data o pacientech přijatých do lůžkového zařízení ve třech krajích ČR obsahovala informace o věku pacientů, datu přijetí a propuštění, kódu diagnózy dle systému CZ-DRG a s tím související relativní váhu hospitalizačního případu, jinak také tzv. case-mix. Kalkulace nákladů byla provedena na základě doporučení pracovníka Všeobecné zdravotní pojišťovny, pověřeným vedení Oddělení ekonomiky zdravotní péče.

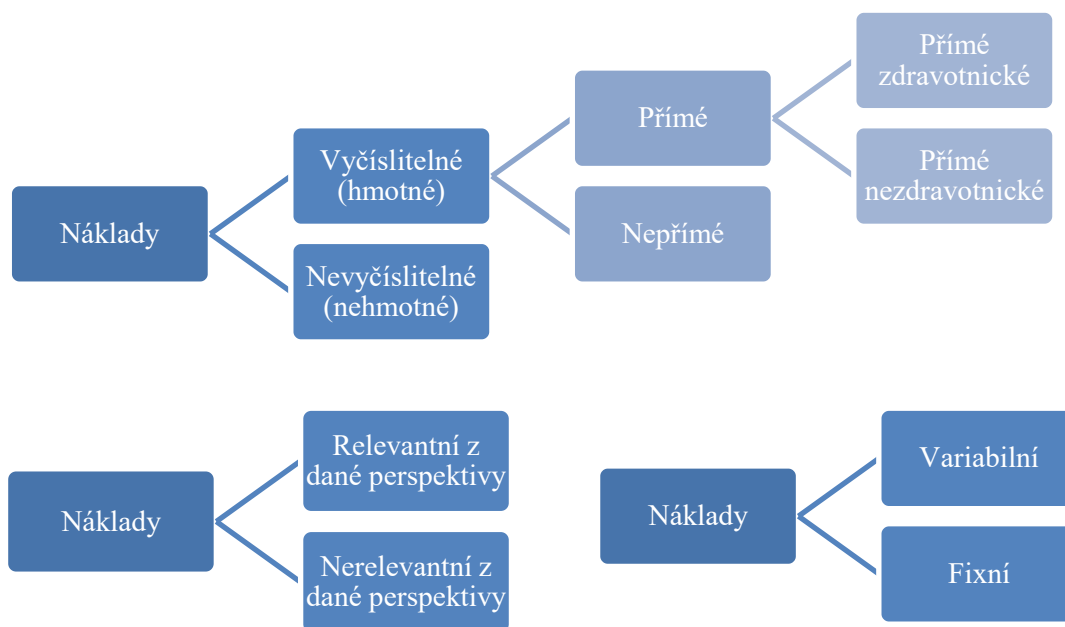
4.1.1 Klasifikace nákladů

Přímé zdravotnické náklady jsou reálné zdroje a prostředky, které byly vynaloženy na léčebnou intervenci, například náklady na různá vyšetření, zásobování léčivy, či náklady na lůžko. Přímé nezdravotnické náklady souvisí s poskytováním zdravotní péče pro určitého pacienta a nejsou přímo spojeny s léčebnými procesy, ku příkladu přeprava pacienta. Nevyčíslitelné náklady spojeny s léčbou mají spíše subjektivní význam, nejsou hmatatelné a nemají tak peněžní podobu. Je to například bolest fyzická i duševní, stres či nepohodlí. Nepřímými náklady rozumíme náklady, které byly určitým způsobem spojeny se ztrátou výkonnosti, ať už v osobním, či profesním životě [42].

Je třeba rozlišit náklady, které jsou pro danou perspektivu relevantní a které jsou nerelevantní, například náklady přímé zdravotnické jsou pro léčeného pacienta nerelevantní, jelikož není přímým plátcem. Podíváme-li se však z pohledu plátce zdravotní péče, tyto náklady se stávají relevantními [42].

Dle povahy nákladů rozlišujeme ve zdravotnictví ještě náklady variabilní a náklady fixní. Variabilní náklady jsou závislé na množství pacientů, kterým byla zdravotnická služba poskytnuta, kdežto fixní náklady nejsou závislé na množství ošetřených pacientů [42]. Variabilním nákladem myslíme tedy například spotřebu injekčních jehel a stříkaček při vpravení očkovací látky do organismu pacienta a fixním nákladem míníme ku příkladu náklady na energie.

V případě ekonomického hodnocení léčebných intervencí mohou být náklady členěny z hlediska zdrojů dle následujících schémat:



Obrázek 4.1: Klasifikace nákladů [42]

4.1.2 CZ-DRG

Klasifikační systém DRG (z angl. diagnosis-related group) je mechanismus úhrady a komplexní systém, který je založen na kategorizaci pacientů s podobnými klinickými diagnózami za účelem lepší kontroly nemocničních nákladů. Klasifikace případů se řídí dle třídících regulí a spočívá v popisu případů hospitalizace za pomoci Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) a seznamu zdravotních výkonů. Tento mechanismus umožňuje porovnání relativního finančního zatížení mezi případy ve stejné diagnostické kategorii a je využíván zejména v akutní lůžkové péči [43]. Data od VZP již obsahovala údaj o relativní váze, respektive náročnosti hospitalizačního případu (tzv. case-mixu),

který byl stanoven na základě kódu diagnosticko-terapeutické skupiny, do které byl případ zařazen, dále na základě délky hospitalizace a také dle materiálových nákladů případu [44].

4.1.3 Vyhláška č. 242/2021 Sb.

Ministerstvo zdravotnictví vydalo dle § 1 odst. 2 zákona č. 160/2021 Sb. vyhlášku o kompenzacích osobám poskytujícím hrazené služby, aby zohlednilo dopady epidemie onemocnění COVID-19 v roce 2021. Vyhláška hovoří o stanovení způsobu zahrnutí kompenzace do výše úhrad za poskytnuté hrazené služby. Pro naši kalkulaci nákladů byla stěžejní Příloha 1 již zmíněné vyhlášky, a to konkrétně bod 3.6 [45] stanovující výši paušální úhrady, která závisí na typu poskytovatele zdravotní péče, následně jsme pro výpočet uvažovali bod 2.2.3 [46] hovořící o indexu navýšení úhrady pro jednotlivé diagnostické skupiny, dále jsme k hodnocení nákladovosti využili bod 2.4 [47], který hovoří o navýšení úhrady poskytovatelům zdravotní péče v případě, že byla pro pacienta, s pozitivním výsledkem na přítomnost koronaviru, nutná léčba na jednotce intenzivní péče či bylo nutno pacienta léčit na umělé plicní ventilaci. Poslední bod, který byl využit k výpočtu, byl bod č. 2.5 (v Příloze 1) [48] stanovující kompenzaci na každý ošetrovací den léčby pacienta s onemocněním COVID-19 na běžném lůžku (nezapočítává se v případě, že byl pacient přijat na JIP nebo UPV).

4.1.4 Metodika vyčíslování nákladů na lůžkovou péči

Vzorec pro výpočet byl, po konzultaci s pracovníkem pověřeným vedení Oddělení ekonomiky zdravotní péče VZP, stanoven na základě relevantních vstupujících parametrů takto:

$$C_{\text{hosp}} = (\text{CM} * \text{index} * \text{sazba}) + (\text{bonifikace} * \text{OD}) \quad (4.1)$$

kde:

C_{hosp} jsou náklady na hospitalizační případ

CM je hodnota case-mixu neboli relativní závažnosti případu

index je koeficientem navýšení úhrady pro jednotlivé diagnostické skupiny, hodnota pro infekce

sazba je minimální základní sazba stanovena pro ostatní poskytovatele zdravotní péče

bonifikací se výše úhrady se navyšuje za každý den hospitalizace u pojištěnce s diagnózou U071

OD je počet ošetřovacích dnů, po kterou byl pacient veden v hospitalizačním zařízení a vyžadoval potřebnou péči

4.2 Analýza odvrácených případů hospitalizací adolescentů vlivem vakcíny

Metodika hodnocení odvrácenosti případů hospitalizací vlivem vakcíny proti onemocnění COVID-19 byla převzata z italské studie [49], která analyzovala vliv očkování proti onemocnění COVID-19 v Itálii za pomoci odhadu počtu odvrácených případů hospitalizací dle věkových skupin a geografické makro oblasti. Autoři studie získali data o všech oznámených případech onemocnění COVID-19 a údaje proočkovanosti dostupnou vakcínou. Týdenní počty případů onemocnění COVID-19, hospitalizace, příjmy na JIP a počty úmrtí, které byly odvráceny očkováním, byly odhadnuty pomocí metody, která je široce využívána ve studiích hodnotících vliv očkování proti chřipce během chřipkové sezóny. Přístup je založen na myšlence, že týdenní vliv očkování na počty hospitalizací (popř. přijetí na JIP či úmrtí) lze odhadnout díky efektivitě aplikované vakcíny, týdenním počtům proočkovaných osob dostupnou vakcínou a týdenním počtům oznámených infekcí.

Vzorec pro výpočet byl převzat z citované studie [49].

$$NAV_k = \frac{N * VE_k VC_k}{1 - \sum_{k=1}^2 VE_k VC_k} \quad (4.2)$$

kde:

NAV_k je odhad týdenních odvrácených počtů případů vlivem vakcíny k

N je týdenní kolísavý/klouzavý průměr pozorovaných případů hospitalizací

VE_k je efektivita vakcíny závislá na dávce

k=1 je označení pro 1. vakcinační dávku

k=2 značí dokončené očkování

VC_k je týdenní proočkovanost dávkou k

Počty pozorovaných případů hospitalizací byly převzaty z veřejně dostupných datových sad Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR uveřejněných na webových stránkách Ministerstva zdravotnictví ČR [10]. Z těchto dat byl posléze vypočten týdenní kolísavý průměr. Efektivita vakcíny proti hospitalizaci, stanovená na 94 %, byla převzata ze studie [32], která hodnotila efektivitu jedné i druhé dávky vakcíny proti hospitalizaci u adolescentů ve věku 12–18 let při kulminaci koronavirové

varianty delta. Efektivita vakcíny při prvním očkování byla ve studii stanovena na 74 %, efektivita druhé očkovací dávky byla vyčíslena na 94 %. Hodnoty proočkovanosti vakcínou BNT162b2 (vakcína BioNTech, Pfizer) v jednotlivých týdnech byly získány z veřejně přístupných datových sad Evropského střediska pro prevenci a kontrolu nemocí (ECDC) [12]. Informace v datové sadě proočkovanosti dospívajících byly sloučeny do skupiny 10–17 let, což není pro naši analýzu nijak omezující, vezmeme-li v potaz, že očkování v České republice bylo od 1. července možné pouze pro děti starší 12 let, proto věkové skupiny 10 a 11 let nebereme v úvahu. Ve stanoveném období byla v České republice dominantní varianta koronaviru delta.

4.3 Modelování

Modelem rozumíme zjednodušené znázornění chování reálného systému. Modely nám umožňují lépe porozumět vlastnostem a struktuře studovaného fenoménu [50]. V modelech můžeme měnit hodnoty vstupujících parametrů a pozorovat tak, na jaké změny je náš model citlivý. Modelování provádíme za účelem reálného vyobrazení pravděpodobnostního rozložení systému. Jako typ modelu byl zvolen rozhodovací strom vzhledem k tomu, že nehrozila interakce mezi zvolenými alternativami a nebylo nutné brát ohled na možné opakující se události v celém rozhodovacím procesu.

4.3.1 Přehled modelu

Na samém počátku tvorby modelu je třeba vymezit rozhodovací problém a cíl, kterého chce hodnotitel v rámci modelu dosáhnout. Cíl můžeme zformulovat do i otázky, měl by být logický a splnitelný. V modelu srovnáváme nejčastěji dvě léčebné či diagnostické intervence, povětšinou již zavedenou alternativu s alternativou dosud neznámou a novou. Novou a neznámou alternativu porovnáváme s **komparátorem**, jímž je aplikovatelný léčebný postup, který je v zásadě považován za běžný pro léčbu či diagnostiku daného onemocnění určité skupiny pacientů [51]. Dále je třeba stanovit **perspektivu** hodnocení. Perspektivou se rozumí úhel pohledu provedení hodnocení a výběr relevantních typů nákladů. Může jít například o perspektivu celospolečenskou, kde jde o komplexní pohled na problematiku hodnocení a nebere se v potaz, kdo uhradí vzniklé náklady, nebo může jít o úhel pohledu plátce zdravotní péče, poskytovatele zdravotní péče či samotného pacienta a jeho rodiny. Stěžejní je i výběr vhodné **cílové populace** pro hodnocení alternativ. Charakter populace nesmí odporovat aktuálním a známým klinickým skutečnostem a nesmí být v rozporu s předpoklady úhrady analyzovaných intervencí [52]. V neposlední řadě je třeba vymezit **časový horizont** pro modelování, tedy dobu, kdy analyzujeme veškeré proměnné vstupující do modelu. Časový horizont závisí na typu a trvání daného onemocnění.

4.3.2 Struktura modelu

Rozhodovací strom

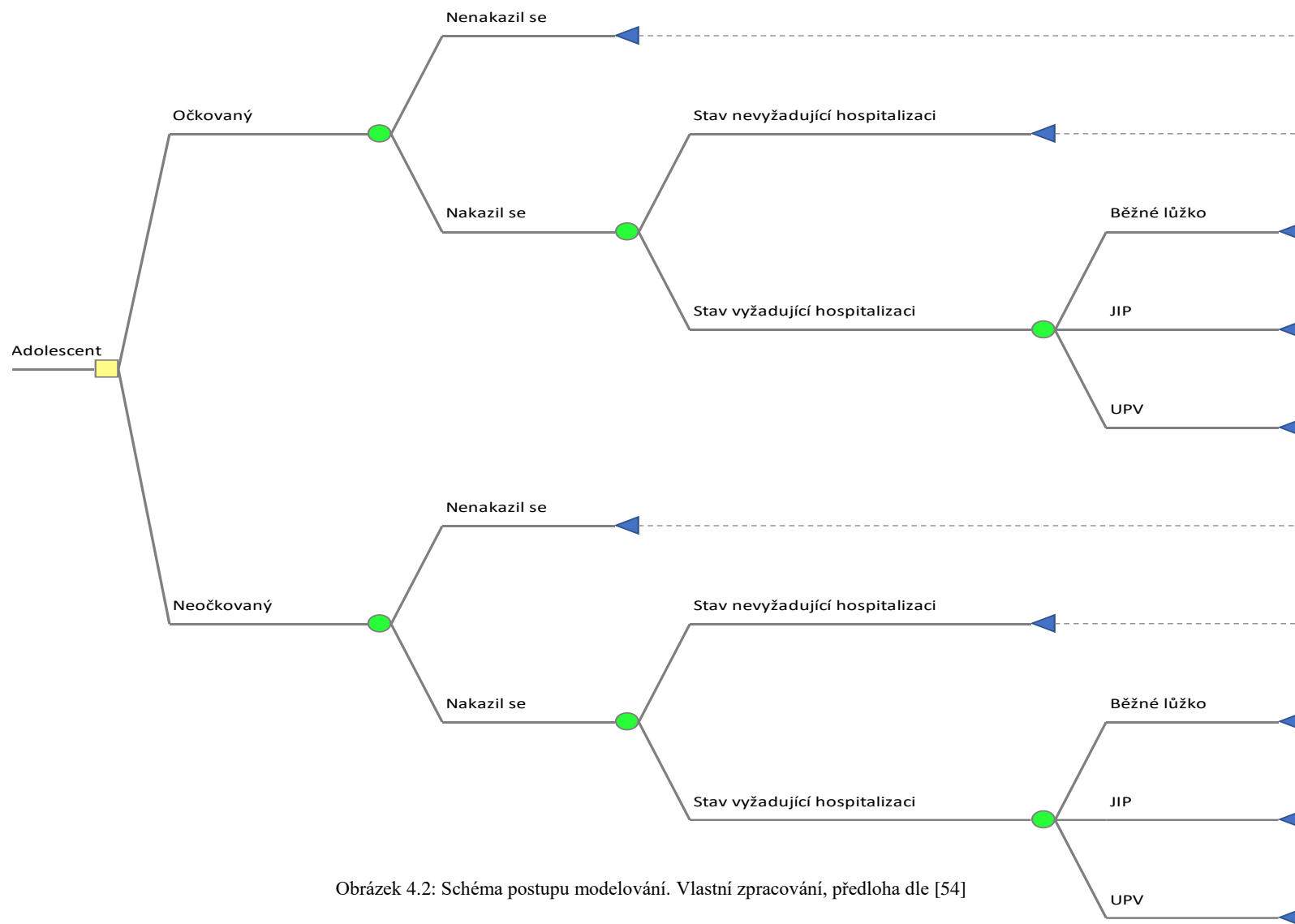
Rozhodovací strom je nejjednodušší formou rozhodovacího analytického modelování v ekonomickém hodnocení. Základ rozhodovacího stromu tvoří rozhodovací uzel, znázorňuje se jako čtverec a představuje základní rozhodovací otázku. Přechody, které následují po každé alternativě, představují řadu logicky uspořádaných možných událostí. Značíme je větvemi, které vycházejí z pravděpodobnostních uzlů (kruhové symboly). Alternativy v každém pravděpodobnostním uzlu se musí vzájemně vylučovat a jejich pravděpodobnosti by měly dát součet rovný 1 (100 %) [53].

Koncové body každého přechodu jsou označeny koncovými uzly (trojúhelníkové symboly), ke kterým jsou přiřazeny hodnoty nákladů a hodnoty efektů, v našem případě jsou to roky života strávené v úplné kvalitě (QALY). Po zadání pravděpodobností, číselných hodnot nákladů a určení efektů na jednotlivé přechody je model kalkulován tzv. „rolling back“ způsobem neboli způsobem postupu od koncových uzlů k uzlu rozhodovacímu [53].

Na následující straně je vyobrazeno schéma postupu modelování. Na samém počátku modelu můžeme pozorovat dvě rozhodovací alternativy. Adolescent se buďto podrobil očkování, či nikoliv. U obou alternativ pak následuje pravděpodobnostní rozložení pro případ prodělání infekce, či její neprodělání. V případě nakažení pacienta koronavirem může nastat buďto stav, který hospitalizaci nevyžaduje, či bude klinický průběh onemocnění natolik komplikovaný, že bude nutno pacienta hospitalizovat. Posledním krokem je přijetí pacienta na běžné lůžko, či další komplikace v podobě hospitalizace na jednotce intenzivní péče, popřípadě nutnost přijetí pacienta na umělou plicní ventilaci. Stav úmrtí v modelu není uvažován z důvodu velmi nízké pravděpodobnosti nastání této skutečnosti u studované populace dospívajících dětí. Schéma modelu bylo inspirováno modelem sestaveným vědci z Michiganské univerzity [54].

4.3.3 Vstupy do modelu

Do modelu vstupují tři základní proměnné, a to **náklady** vynaložené na hodnocené intervence z dané perspektivy, **pravděpodobnosti** přechodů z výchozích stavů do stavů následujících a míry **užitku**, respektive **efektu**. Mírou efektu rozumíme pozitivní i negativní účinky intervence na stupnici od 0 (rovná se smrti) a 1 (rovná se plnému zdraví) [55]. Pro zjištění míry účinku léčebné či diagnostické intervence používají výzkumníci často dotazníky. Termínem **disutilita** se rozumí snížení efektu v důsledku určitého symptomu nebo komplikace onemocnění. Hodnoty disutility jsou často vyjádřeny jako záporná hodnota, která představuje dopad symptomu nebo nemoci na kvalitu života. Pravděpodobnostní rozložení je možné statisticky určit z dostupných dat, popřípadě převzít z literatury.



Obrázek 4.2: Schéma postupu modelování. Vlastní zpracování, předloha dle [54]

4.4 Analýza nákladové efektivity

Vyjádření nákladové efektivity je nástrojem pro zkoumání jak nákladů, tak i přínosů v oblasti medicíny u jedné či více léčebných intervencí. Analýza nákladové efektivity neboli cost-effectiveness analysis (CEA) je metodou srovnávací a odhaduje, jak velké náklady je třeba vynaložit k dosažení pozitivního léčebného účinku u vybrané intervence, jako je například získaný rok života navíc (LYG, z angl. life years gained), odvrácení smrti nebo roky života strávené v plné kvalitě (QALY, z angl. quality adjusted life years) v porovnání s jinou léčebnou intervencí, nejčastěji s tou, která se v medicíně aktuálně uplatňuje. Srovnávanou intervencí nazýváme komparátorem. CEA pro svá výsledná hodnocení porovnává náklady vyjádřeny v peněžních jednotkách s výstupy vyjádřenými v jednotkách přirozených [51]. Cílem nákladové efektivity je vybrat ze všech možných alternativních kombinací soubor, který za určitou hodnotu vynaložených zdrojů maximalizuje celkový přínos pro zdraví ať už v oblasti terapeutické či diagnostické.

Komparátor

Komparátorem rozumíme prostředek pro porovnání intervencí. Je to aplikovatelný léčebný postup, který je v zásadě považován za běžný pro léčbu daného onemocnění určité skupiny pacientů [51].

Perspektiva hodnocení

Hodnocení nákladové efektivity se neobejde bez předchozího určení pohledu plátce. Pohledů, ze kterých je analýza prováděna může být hned několik, například z pohledu plátce zdravotní péče (zdravotní pojišťovny), zdravotnické instituce, rodiny pacienta, či z pohledu pacienta samotného [51].

Cílová populace

Je populací pacientů, která byla vybrána jako vhodná k hodnocení léčebné či terapeutické intervence. Charakter populace nesmí odporovat dostupným klinickým skutečnostem a vybraná populace nesmí být v rozporu s předpoklady úhrady analyzovaných intervencí [52].

Časový horizont

Časovým horizontem myslíme dobu, po kterou analyzujeme náklady a pozitivní účinky na zdraví pacienta vlivem léčebné intervence, tedy dobu, kdy probíhá analýza nákladové efektivity [51].

Diskontování

Při porovnávání dvou léčebných intervencí bychom neměli zapomenout na to, že každá intervence s sebou přináší náklady, které se s časem mění a je tedy třeba počítat se změnou hodnoty peněz v čase [51].

Účinky

Jak již bylo zmíněno, při vyhodnocování nákladové efektivity za pomoci ICER, je nezbytné přímé srovnání nákladů a účinků intervence. Preferovanými měřítky účinků léčby jsou buď získané roky života (LYG, z anglického life years gained), či roky života strávené v plné kvalitě (QALY, z anglického quality adjusted life years) [51].

4.4.1 ICER

Poměr přírůstkové nákladové efektivity neboli incremental cost-effectiveness ratio (ICER), bývá často výstupem ekonomického hodnocení. ICER vyjadřuje spojení nákladů na léčbu spolu s klinickým přínosem léčebné intervence a představuje tak výslednou ekonomickou hodnotu intervence, kterou porovnáváme s komparátorem. ICER se počítá jako rozdíl celkových nákladů (přírůstkový náklad) v poměru k rozdílu přínosů léčebné intervence (přírůstkový účinek).

$$ICER = \frac{C_I}{E_I} - \frac{C_K}{E_K} = \frac{\Delta C}{\Delta E} \quad (4.3)$$

kde:

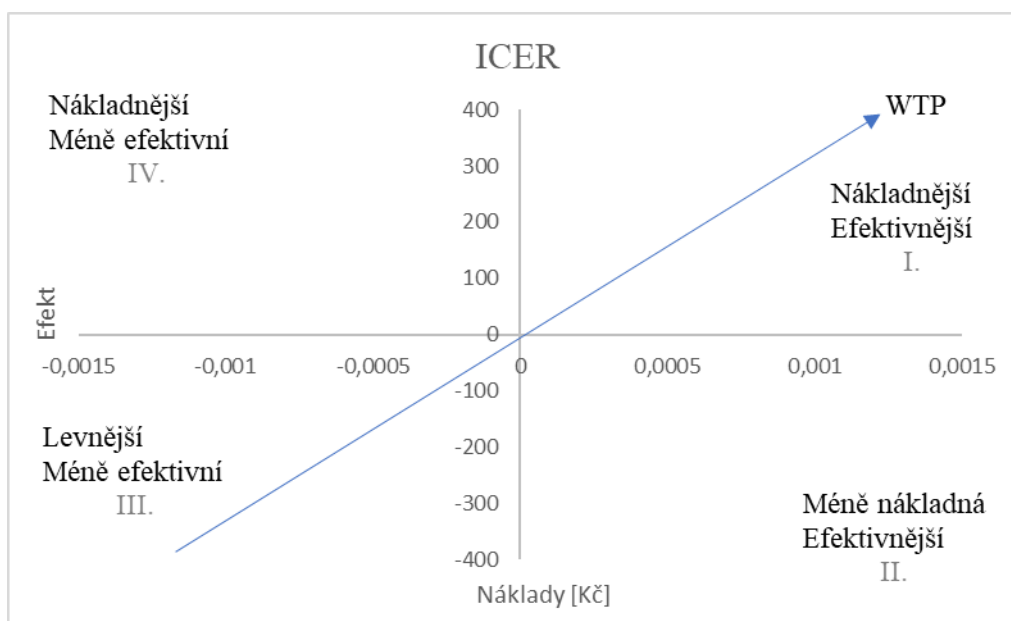
C_I a E_I jsou náklady a účinky léčebné intervence a C_K a E_K jsou náklady a účinky komparátoru

Interpretace výsledků CEA

Výsledek CEA je vyjádřen jako poměr přírůstkových nákladů a pozitivních účinků na zdraví pacienta (ICER) [56]. Učinit rozhodnutí pro jednu z alternativ srovnávaných intervencí nemusí být vždy jednoznačné. Pro přehlednost se výsledek ICERu vynese do grafu s kvadranty. ICER se zápornou hodnotou se nachází ve II. a IV. kvadrantu (obrázek 4.1). Ve II. kvadrantu je ve srovnání s komparátorem nová léčebná/diagnostická intervence efektivnější a méně nákladná. Rozhodujeme se tedy bez váhání pro novou intervenci. Ve IV. kvadrantu je to naopak. Nová intervence je méně efektivní a vyžaduje vynaložení vyšších nákladů. Novou intervenci tedy zamítáme. Složitější rozhodování přichází ve chvíli, kdy má ICER kladnou hodnotu a nová intervence je vůči té stávající buďto nákladnější a efektivnější anebo levnější a klinicky méně efektivní. Zde je třeba určit maximální přijatelnou hodnotu nákladů, kterou je investor (zdravotnický systém) do nové technologie ochoten vložit (WTP, z angl. willingness to pay) [57]. Hranice ochoty platit není v České republice přímo stanovena, nicméně Státní ústav pro kontrolu léčiv doporučuje a ve správních řízeních uplatňuje hranici prahové hodnoty ochoty zaplatit za novou intervenci do výše 1,2 milionu Kč/QALY [52].

Literatura pak uvádí časté užívání dříve doporučené hraniční prahové hodnoty ochoty platit Světovou zdravotnickou organizací, která byla stanovena jako hodnota jedno až třináásobku hrubého domácího produktu na obyvatele na QALY [58]. Tento přístup již samotná WHO nedoporučuje, stále je ale nejhojněji využíván v různých publikacích, a to zejména z důvodu, že ho doposud nenahradila jiná metoda. Jako nejaktuálnější doporučení WHO uvádí, že obecným pravidlem pro interpretaci výsledků nákladové efektivity za určité míry nejistoty je, že pokud není hodnota ochoty platit pro danou zemi stanovena, výsledky nákladové efektivity by měly být vždy uvedeny pro rozsah hodnot ochoty platit a měly by být vždy prezentovány spolu s cenou vakcíny (nebo náklady na očkování), na které jsou založeny [59].

Výstup modelu v podobě ICER bude vypočítán v programu TreeAge Pro.



Obrázek 4.3: Interpretace výsledků ICER. Vlastní zpracování, předloha dle [57]

4.5 Analýza citlivosti

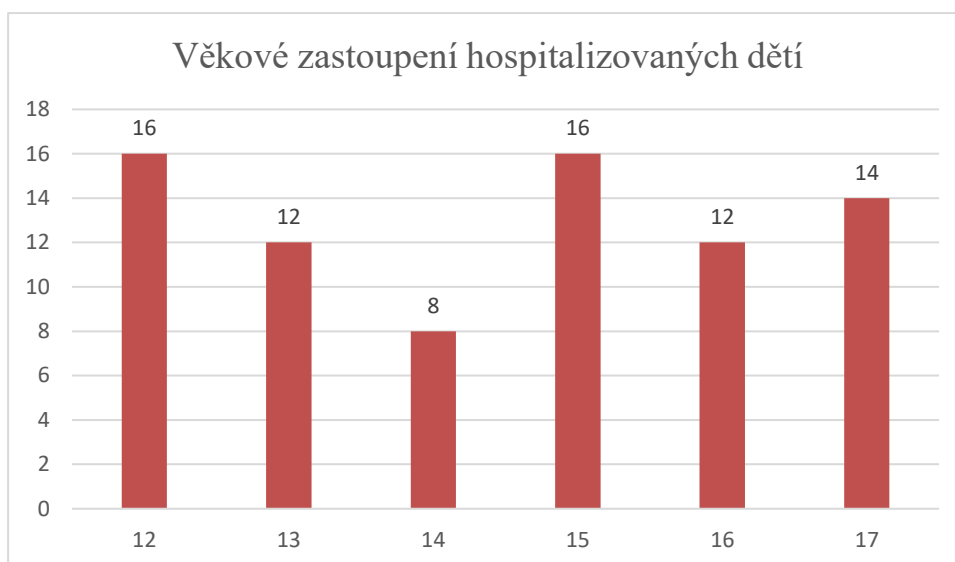
Analýza citlivosti je typem hodnocení, kde studujeme efekty různých kombinací, které by mohly, s určitým předpokladem, při různých scénářích nastat. V jednocestné analýze citlivosti se postupně mění všechny vstupující klinicky i ekonomicky významné proměnné. Tyto proměnné vstupují do hodnocení ve stanoveném intervalu, ideálně ve svých 95 % konfidenčních intervalech, zatímco další proměnné setrvávají v prvotním nastavení [51]. Za pomoci analýzy citlivosti můžeme predikovat možné scénáře a měnit tak vstupující parametry, například prodloužení doby léčby vlivem komplikací nebo případně i zkrácení léčby onemocnění vlivem očkování či účinné medikace.

5 Výsledky

V této kapitole jsou shrnuty výsledky ze všech provedených analýz. Všechna hodnocení byla prováděna na stejné cílové populaci dospívajících dětí ve věku od 12 do 17 let. Analýza dat hospitalizačních případů byla prováděna od počátku pandemie do konce roku 2021 z důvodu co nejdelšího časového úseku pro zahrnutí co největšího počtu hospitalizovaných pacientů. Kalkulace nákladů byla omezena pouze na rok 2021 z důvodu lišících se platných úhradových vyhlášek pro roky 2020 a 2021. Dalším důvodem bylo propojení analýz odvrácených případů hospitalizací vlivem přijetí dostupné vakcinace a nákladové efektivity vakcíny spolu s kalkulací nákladů na hospitalizaci. Analýzu nákladové efektivity a odhad odvrácenosti případů hospitalizací bylo třeba datovat až od zavedení možnosti očkování ve věkové skupině od 12 let, které bylo spuštěno až k 1. červenci 2021.

5.1 Analýza dat hospitalizačních případů

K analýze dat hospitalizačních případů nám byla poskytnuta data ze Všeobecné zdravotní pojišťovny (VZP). Data obsahovala informace o dětských pacientech ve věku od 12 do 17 let v časovém horizontu od počátku pandemie 2020 do konce roku 2021 ze tří krajů České republiky, a to konkrétně z kraje Plzeňského, Jihočeského a Karlovarského. U všech těchto pacientů se objevila mimo jiné diagnóza U071, tedy přítomnost onemocnění COVID-19 způsobeného virem SARS-CoV-2, kdy byla přítomnost viru laboratorně prokázána a pacient byl hospitalizován s náležitými symptomy onemocnění. Vzhledem k tomu, že u dětských pacientů bývá průběh onemocnění koronavirem spíše mírný, je pravděpodobné, že tito pacienti byli přijati do léčebné péče i s přidruženými komorbiditami. Za již zmíněné tři kraje registruje VZP s diagnózou U071 za roky 2020 a 2021 celkem 78 svých pojištěnců ve věku od 12 do 17 let, z toho 31 chlapců a 47 dívek. Nejčastěji byly hospitalizováni adolescenti ve věku 12 a 15 let (21 %), následovala věková skupina 17 let (18 %). Průměrný věk těchto hospitalizovaných pacientů byl 14,51 let. Doba hospitalizace závisela na závažnosti případu a přidružených diagnózách a činila v průměru 5,8 dne.

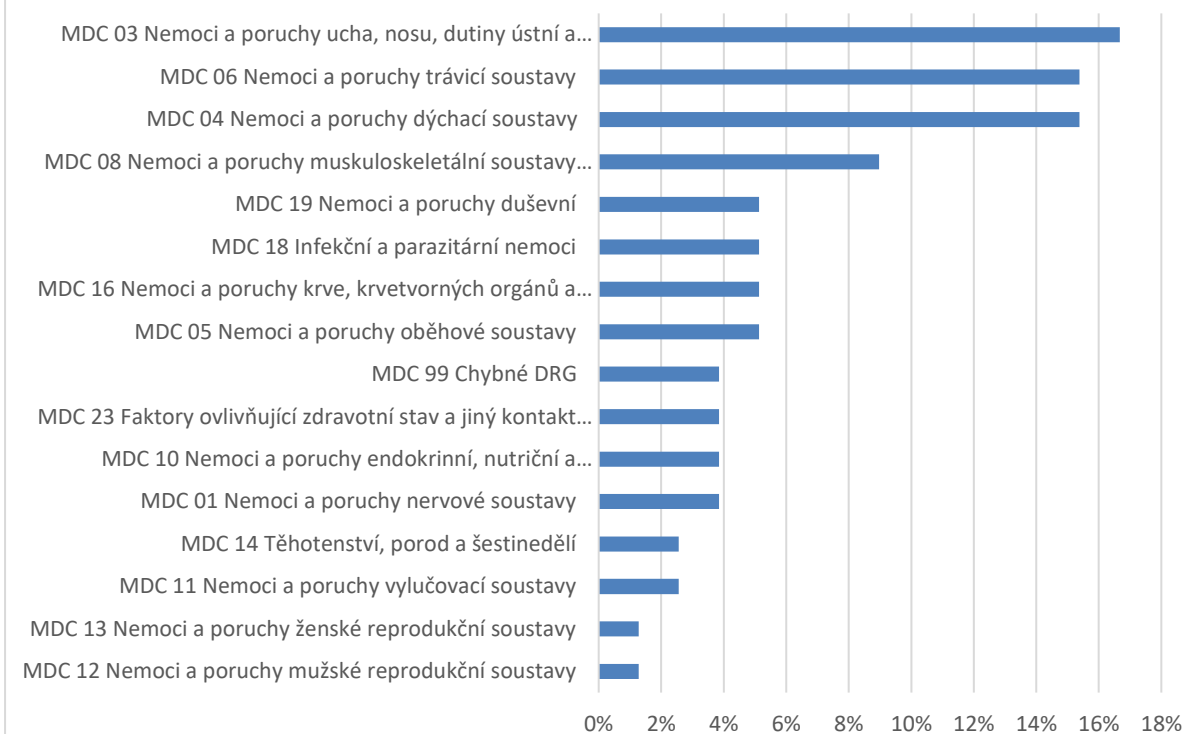


Obrázek 5.1: Věkové zastoupení hospitalizovaných dětí

Diagnózy byly v datové sadě definovány pomocí klasifikačního systému CZ-DRG. Prvním krokem klasifikačního systému CZ-DRG je přiřazení Major Diagnostic Category (MDC), které je vyjádřeno dle hlavní diagnózy případu hospitalizace. Nejčtenějšími hlavními diagnózami pro přijetí do lůžkové péče byly u těchto pacientů dle kategorií MDC kategorie 04, do které spadají nemoci a poruchy dýchací soustavy, kategorie 06 pro nemoci a poruchy trávicí soustavy a kategorie 03, kam řadíme nemoci a poruchy ucha, nosu, dutiny ústní a krku. Tyto skupiny hlavních diagnóz mohou být spojeny s výskytem onemocnění COVID-19 a činily ze všech případů zhruba 47 %. Nejčastěji se z těchto skupin vyskytovala hlavní diagnóza typu zánětů horních cest dýchacích, zánětů plic, průdušnic, průdušek a průdušinek. Jako hlavní diagnóza se několikrát chybně vyskytl i kód U071 pro přítomnost onemocnění COVID-19 způsobeného virem SARS-CoV-2, avšak kód U071 je pro charakter hlavní diagnózy z hlediska kódování DRG nepřijatelný a dle regulí CZ-DRG se správně vyskytuje pouze v diagnóze vedlejší.

Zaměříme-li se na diagnózy jako takové, ať už hlavní, či vedlejší, dle kódování MKN-10 (Mezinárodní klasifikace nemocí a souvisejících zdravotních problémů) se zde vyskytují nejčteněji onemocnění skupiny J00–J99, tedy onemocnění dýchací soustavy. Je zřejmé, že ve spojitosti s koronavirovou nákazou registrujeme u těchto případů vysokou četnost diagnózy Z290 značící nutnou izolaci pacienta. Byl pozorován také výskyt kódu U109, značící výskyt diagnózy multisystémového zánětlivého syndromu souvisejícího s onemocněním COVID-19, který se ze všech případů objevil jednou, a to u dvanáctiletého pacienta. Dalším ukazatelem závažnosti hospitalizace může být také napojení pacienta na umělou plicní ventilaci (UPV). Umělá plicní ventilace byla nutná též pro jednoho čtrnáctiletého pacienta, který trpěl zánětem plic.

Procentuální zastoupení hlavních diagnóz hospitalizovaných pacientů



Obrázek 5.2: Procentuální zastoupení hlavních diagnóz hospitalizovaných pacientů

Všeobecná zdravotní pojišťovna nám bohužel nebyla schopna dodat informaci, zdali tito pacienti byli očkovaní, či nikoliv. Z toho vyplývá, že z těchto dat nejsme schopni odhadnout a popsat vliv očkovaní na hospitalizaci dětského pacienta, respektive vliv na závažnost průběhu onemocnění. Pro hodnocení vlivu vakcíny na hospitalizaci dospívajících pacientů jsme využili modelování, které je popsáno v kapitole 5.4. Můžeme pouze poukázat na to, že ve věkové skupině 12 až 17 let registrujeme do doby, než bylo možné podstoupit první vakcinační dávku, tj. 1.7.2021, celkem 64 případů hospitalizace s onemocněním COVID-19, z toho 28 případů bylo hospitalizováno již v roce 2020 a 36 případů v roce 2021, kdežto po datu 1.7.2021, kdy již bylo možné aplikovat dětem od 12 let věku vakcinační dávku proti onemocnění COVID-19, bylo hospitalizováno do konce roku v již zmíněných třech krajích pouze 14 dětí ve věkové skupině 12 až 17 let. Zároveň se v datech od VZP ze tří krajů ČR po datu možné aplikace vakcíny neobjevil pacient starší 12 let, který by byl přijatý v rámci své hospitalizace na umělou plicní ventilaci, ani pacient, který by trpěl komplikací v podobě multisystémového zánětlivého syndromu.

Je třeba dodat, že ačkoliv byl pacient pozitivně testován na přítomnost koronaviru, nemuselo to být důvodem k přijetí do hospitalizace a ani to nijak nemuselo souviset s jeho hlavní diagnózou. Zdůrazněme však fakt, že přítomnost onemocnění COVID-19 může

přispět ke zhoršení zdravotního stavu dítěte, které bylo přijato do léčebného zařízení z důvodu jiného onemocnění.

5.2 Analýza nákladů na hospitalizaci

Pro naši analyzovanou problematiku bylo vybráno vyčíslování nákladů zdravotnických přímých, a to z perspektivy plátce zdravotní péče, kterým je zde zdravotní pojišťovna. Činíme tak z toho důvodu, že defacto srovnáváme dvě alternativy léčebných intervencí, kde na straně inputů neočekáváme rozdíly v ničem jiném, než jsou právě přímé zdravotnické náklady. Položky, které tedy nejsou hrazeny ze zdravotního pojištění nejsou tudíž pro naši analýzu relevantní [42]. Věková skupina kalkulace nákladů byla zvolena ve věku 12–17 let, stejně jako předcházející a následující analýzy. Vyčíslování nákladů bylo stanoveno pro rok 2021 vzhledem k tomu, že v roce 2020 platily jiné úhradové vyhlášky a z důvodu propojení následujících analýz.

K výpočtu jsme využili již zmíněnou relativní náročnost případu hospitalizace a číselná data navýšení úhrad poskytovatelům plynoucí z vyhlášky č. 242/2021 Sb. Pro naši kalkulaci nákladů byla stěžejní Příloha 1 již zmíněné vyhlášky, a to konkrétně bod 3.6 [45] stanovující výši paušální úhrady, která závisí na typu poskytovatele zdravotní péče. Vzhledem k tomu, že jsme neměli k dispozici v přijatých datech od VZP informaci, do jakého typu lůžkového zařízení byl konkrétní pacient přijat, použili jsme k výpočtu částku 37875 Kč, která byla dle vyhlášky přiřazena ostatním poskytovatelům zdravotní péče a uvažovali jsme tedy, že se v našich případech nejednalo o poskytovatele typu specializované péče. Následně jsme pro výpočet uvažovali bod 2.2.3 z již zmíněné vyhlášky, hovořící o indexu navýšení úhrady pro jednotlivé diagnostické skupiny. Hodnota indexu pro infekce, kam spadá mj. i nákaza koronavirem, byla pro rok 2021 stanovena na hodnotu 1,18 [46]. Dále jsme k hodnocení nákladovosti využili bod 2.4 [47], který hovoří o navýšení úhrady poskytovatelům zdravotní péče v případě, že byla pro pacienta, s pozitivním výsledkem na přítomnost koronaviru, nutná léčba na jednotce intenzivní péče či bylo nutno pacienta léčit na umělé plicní ventilaci. Tyto skutečnosti s sebou nesou další finanční zatížení pro poskytovatele zdravotní péče. Hodnota navýšení pro pobyt na jednotce intenzivní péče byl pro rok 2021 vyčíslena na 39967 Kč na jeden ošetrovací den, přijetí pacienta na umělou plicní ventilaci bylo ve stejném období stanoveno na 59064 Kč, též na jeden ošetrovací den. Poslední bod, který byl využit k výpočtu, byl bod č. 2.5 (v Příloze 1) [48] stanovující kompenzaci 1000 Kč na každý ošetrovací den léčby pacienta s onemocněním COVID-19 na běžném lůžku (nezapočítává se v případě, že byl pacient přijat na JIP nebo UPV).

Průměrná cena hospitalizace pacienta s onemocněním COVID-19 na běžném lůžku ve věku od 12 do 17 let byla vyčíslena na 52 tisíc Kč. Vydělíme-li tento náklad průměrnou dobou strávenou na hospitalizačním lůžku, vycházejíc ze stejných dat obdržených od VZP, kdy byla průměrná doba strávená na lůžku zhruba 6 dnů, byla vykalkulována

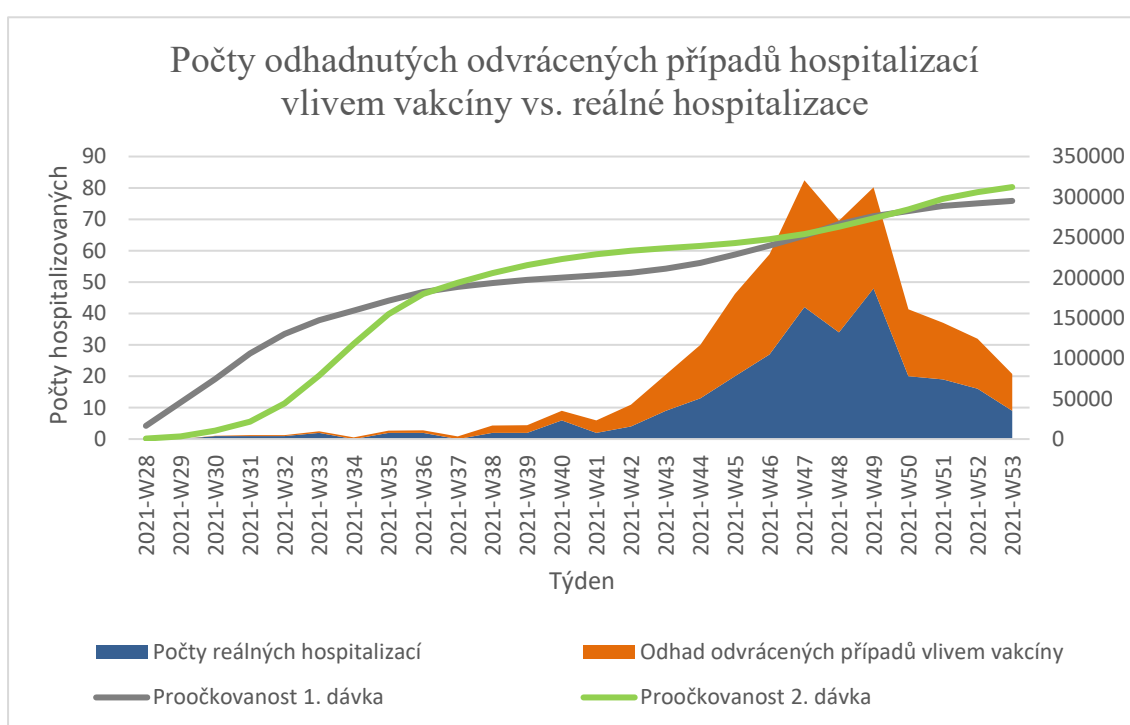
výsledná částka hospitalizace pacienta ve věku 12–17 let s koronavirovou infekcí na běžném lůžku 8675 Kč na jeden ošetrovací den. Vzhledem k tomu, že jsme od VZP neobdrželi ve vyžádaných datech informaci o nutnosti příjmu pacienta na JIP kvůli vzniklým komplikacím průběhu infekce, tedy bohužel nevíme, jak častý příjem na JIP byl a kolik času průměrná léčba na JIP trvala, můžeme pouze odhadnout náklady využitím naší průměrné kalkulace na denní péči hospitalizovaného pacienta a připočítat navýšení úhrady stanoveno vyhláškou 242/2021 Sb. Průměrný jednodenní pobyt na JIP by byl tímto způsobem vypočítán zhruba na necelých 50 tisíc Kč. Pokud bychom stejným způsobem uvažovali náklady léčby na UPV, na jeden ošetrovací den by náklady dosahovaly zhruba k 70 tisícům Kč.

Je třeba zdůraznit, že ač jsme se snažili dle doporučení odhadnout co nejpřesněji náklady na léčbu dospívajícího dítěte s onemocněním COVID-19, reálné náklady se mohou lišit vzhledem k závislosti navýšení úhrady na typu poskytovatele zdravotní péče a smluvními podmínkami mezi poskytovatelem a plátcem zdravotní péče.

5.3 Analýza odvrácených případů hospitalizací adolescentů vlivem vakcíny

Hodnotili jsme účinky očkování proti onemocnění COVID-19 pomocí odhadu počtu odvrácených případů hospitalizovaných dospívajících dětí ve věku od 12 do 17 let. Jak již bylo řečeno v kapitole 4.2, myšlenka odhadnutí odvrácených případů hospitalizací je postavena na základě toho, že vliv očkování na počty hospitalizací lze odhadnout díky efektivitě aplikované vakcíny, týdenním počtům proočkovaných osob dostupnou vakcínou a týdenním počtům oznámených infekcí. Časové rozpětí pro hodnocení odvrácených případů hospitalizací bylo omezeno na 28. týden roku 2021 do 53. týdne 2021, tedy spuštění očkování populace dospívajících od 12 let (první týden po spuštění očkování byl ponechán pro působení vakcíny) do konce roku 2021.

Po dosažení příslušných hodnot do vzorce uvedeného v kapitole 4.2, bylo odhadnuto na 285 odvrácených případů hospitalizací dospívajících dětí ve věku 12–17 let během pouhých 26 týdnů. Reálný počet hospitalizací u stejné věkové skupiny za identické časové období byl 282. Výsledek značí, že při efektivitě vakcíny 94 % by se dalo nejspíše zabránit jednou tak velkému počtu hospitalizací dospívajících dětí vlivem očkování. Na grafu níže jsou modrou plochou znázorněny reálné hospitalizace, oranžová plocha značí odhadnuté odvrácené případy hospitalizací vlivem vakcinace. Dohromady ukazují plochy možný scénář, kolik by bývalo bylo hospitalizováno dospívajících pacientů, když by nebylo možné se podrobit očkování, nebo by jednoduše rodiče odmítli své děti očkovat. Spolu s plochou značící hospitalizace jsou zde vyobrazeny křivky proočkovanosti adolescentů v čase.



Obrázek 5.3: Graf počtu odhadnutých odvrácených případů hospitalizací, reálných hospitalizací a proočkovanosti. Vlastní zpracování

V předešlé kapitole jsme vyčíslili průměrné náklady na hospitalizační péči dospívajícího pacienta na běžném lůžku. Vynásobíme-li odhad počtu odvrácených případů hospitalizací na běžném lůžku spolu s náklady, můžeme konstatovat, že vlivem očkování dospívajících dětí ve věku 12–17 let bylo za 26 týdnů v druhé polovině roku 2021 odhadem ušetřeno zhruba 15 milionů Kč.

Doplňkový materiál obsahující odvrácené případy hospitalizací v týdenních intervalech je k nahlédnutí v Příloha A.

5.4 Modelování

5.4.1 Přehled modelu

Definování rozhodovacího problému

Rozhodovacím problémem je v našem případě otázka nákladové efektivity očkovacího programu u dospívající populace dětí ve věku 12 až 17 let.

Hodnocená intervence a komparátor

V našem modelu uvažujeme dvě rozhodovací alternativy. V jedné alternativě uvažujeme na samém počátku modelu zásah v podobě očkování dospívajícího před možným vzplanutím infekce. Ve srovnávací alternativě předpokládáme, že k očkování pacienta před možnou nákazou, respektive léčbou, nedošlo. Zjednodušeně řečeno, budeme tedy pozorovat vývoj a chování systému za situace, že byl adolescent očkovan a za situace, že se před vstupem do modelu očkování nepodrobil.

Perspektiva hodnocení

Jako vhodná perspektiva hodnocení byla shledána perspektiva z pohledu plátce zdravotní péče.

Cílová populace

Vstupující cílovou skupinou do modelu byly zvoleny dospívající děti ve věku 12 až 17 let.

Časový horizont hodnocení

Pro naše hodnocení byla zvolena doba od 28. týdne roku 2021 do 53. týdne roku 2021, respektive od 12. července 2021 do 31. prosince 2021 z důvodu počátku očkování této věkové skupiny od 1. července 2021.

5.4.2 Vstupy do modelu

Náklady

Vstupujícími parametry pro modelování budou průměrné náklady na jedno očkování, které hradí zdravotní pojišťovna, dále průměrné náklady na léčbu onemocnění COVID-19 při běžné hospitalizaci a při komplikaci zdravotního stavu pacienta, kdy jeho stav vyžadoval přijetí na jednotku intenzivní péče či byla nutná léčba na umělé plicní ventilaci, které jsme získali z předchozí analýzy nákladů (kapitola 4.1). Průměrné náklady budou vztaženy na jednoho pacienta ve věku od 12 do 17 let na jeden ošetrovací den. Náklady na očkování, které nese příslušná zdravotní pojišťovna se pojí jak se samotným výkonem očkování, tak i s úhradou vakcíny jako takovou, kterou hradí zdravotní pojišťovna po jejím spotřebování státní. Předpoklad je, že se dospívající podrobí očkování dvakrát

a dostane tedy dvě dávky vakcinační látky. Náklady hospitalizační péče na jeden ošetrovací den byly vypočteny v analýze nákladů (kapitola 5.2). Nákladové zatížení klinicky komplikovanějších stavů, tedy stavů vyžadující přijetí na JIP nebo UPV bylo spočteno jako průměrné náklady hospitalizační péče na jeden ošetrovací den doplněných o částky stanovených ve vyhlášce 242/2021 Sb. Informace o nákladech vynaložených na aplikaci jedné dávky vakcíny byly stanoveny v Organizačním opatření VZP ČR č. 57/2020 Všeobecnou zdravotní pojišťovnou. V modelu uvažujeme, že na stav nakažený a na stav bez hospitalizace nebyly plátcem zdravotní péče vynaloženy žádné náklady, jelikož náklady v případě návštěvy pediatrické ambulance, či v případě vypsání poukazu léčiv na předpis jsou nám neznámé.

Pravděpodobnosti

Dále bylo třeba určit míry pravděpodobností přechodů vždy z výchozího stavu do stavu následujícího. Pravděpodobnosti byly statisticky určeny dle dostupných datových sad, které nesly informace o počtech nakažených, hospitalizovaných, očkovaných či neočkovaných adolescentech v určitém časovém horizontu. Vzhledem k tomu, že nebyla v dostupných datových sadách na webových stránkách Ministerstva zdravotnictví informace o počtu nakažených očkovaných či neočkovaných adolescentech, kteří byli pro svůj stav hospitalizováni na JIP nebo UPV, byly pravděpodobnosti komplikací klinických průběhů v podobě příjmu na JIP a UPV převzaty z literatury.

Efekty v podobě disutilit

Informace potřebné k vyjádření efektů nákladové efektivity očkování byly citovány z literatury, jelikož vakcína pro vybranou věkovou skupinu, na kterou se naše práce zaměřuje, byla schválena k aplikaci Evropskou agenturou pro léčivé přípravky až k 1. červenci 2021 a tudíž nebyl dostatek potřebných dat pro vlastní hodnocení. Bohužel i v literatuře bylo málo dostupných informací o efektech týkající se onemocnění COVID-19 vztahující se ke studované populaci. Hodnoty snížení kvality života v důsledku nakažení koronavirem a dalších komplikací byly převzaty z iránské průřezové studie, která zkoumala pomocí dotazníkových šetření metodou Time trade off utility pro různé zdravotní stavy ve spojitosti s onemocněním COVID-19. Při metodě Time trade off jsou respondenti tázáni, jak dlouhou dobu by byli ochotni obětovat pro vyvarování se určité komplikaci zdravotního stavu či symptomům doprovázející specifické onemocnění. Pro stav vyžadující hospitalizaci je disutilita stanovena až v dalším kroku pro běžné lůžko, JIP a UPV. Pro větev nesoucí název stav vyžadoval hospitalizaci byly nastaveny nulové náklady a nulová ztráta QALY z důvodu uvažování nákladů a užitku ve stavech následujících (běžné lůžko, JIP a UPV).

Pro výpočet efektu v podobě QALY bylo potřeba znát průměrnou dobu pro jednotlivé stavy. Pro stav očkovaný a bez hospitalizace byl průměrný čas ve stavu stanoven odhadem na základě předpokladu trvání vedlejších účinků očkování, pro stav

bez hospitalizace byla určena doba 14 dnů z důvodu nařízené čtrnáctidenní izolace od pozitivního testu na koronavirus. Průměrná doba ve stavu dle klinických průběhů byla převzata pro jednotlivé komplikace stavů JIP a UPV z datových sad ÚZIS. Datové sady, které by rozlišovaly průměrnou dobu na JIP a UPV pro očkovaného a neočkovaného pacienta nebyly nalezeny, proto byly pro obě alternativy stanoveny stejné hodnoty. Průměrná doba hospitalizace na běžném lůžku se dle literatury liší u očkovaného a očkovaného pacienta zhruba o jeden den. Vynásobením disutility a průměrné doby ve stavu jsme obdrželi jednotku QALY.

V tabulce níže je přehled číselných hodnot vstupujících do modelu spolu s citovaným zdrojem převzetí.

Tabulka 5.1: Číselné hodnoty vstupující do modelu - očkovaný

Stav	p	C/OD [Kč]	dis	t	ztráta QALY
Očkovaný	N/A	1200 [60; 61]	-0,030 [62]	2,0	-0,00027
Nakazil se	0,04361 [10]	N/A	0,000	N/A	N/A
Nenakazil se	0,95639 [10]	N/A	0,000	N/A	N/A
Bez hospitalizace	0,99972 [10]	N/A	-0,100 [63]	14,0	-0,00384
Stav vyžadoval hospitalizaci	0,01552 [10]	N/A	0,000	N/A	
Běžné lůžko	0,84000 [32]	8675,33 [5.2]	-0,125 [63]	4,0 [32]	-0,00137
S JIP	0,11000 [32]	48642,33 [5.2]	-0,230 [63]	6,2 [64]	-0,00397
UPV	0,05000 [32]	67739,33 [5.2]	-0,370 [63]	13,6 [64]	-0,01382

Tabulka 5.2: Číselné hodnoty vstupující do modelu - neočkovaný

Stav	p	C/OD [Kč]	dis	t	ztráta QALY
Neočkovaný	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Nakazil se	0,25864 [10]	N/A	N/A	N/A	N/A
Nenakazil se	0,74136 [10]	N/A	N/A	N/A	N/A
Bez hospitalizace	0,99539 [10]	N/A	-0,100 [63]	14,0	-0,00384
Stav vyžadoval hospitalizaci	0,00461 [10]	N/A	N/A	N/A	N/A
Běžné lůžko	0,47400 [32]	8675,33 [5.2]	-0,160 [63]	5,0 [32]	-0,00210
S JIP	0,41600 [32]	48642,33 [5.2]	-0,230 [63]	6,2 [64]	-0,00397
UPV	0,11000 [32]	67739,33 [5.2]	-0,370 [63]	13,6 [64]	-0,01382

kde:

p je pravděpodobnost přechodu z výchozího stavu do stavu následujícího

C/OD je náklad na jeden ošetrovací den stanovený v korunách

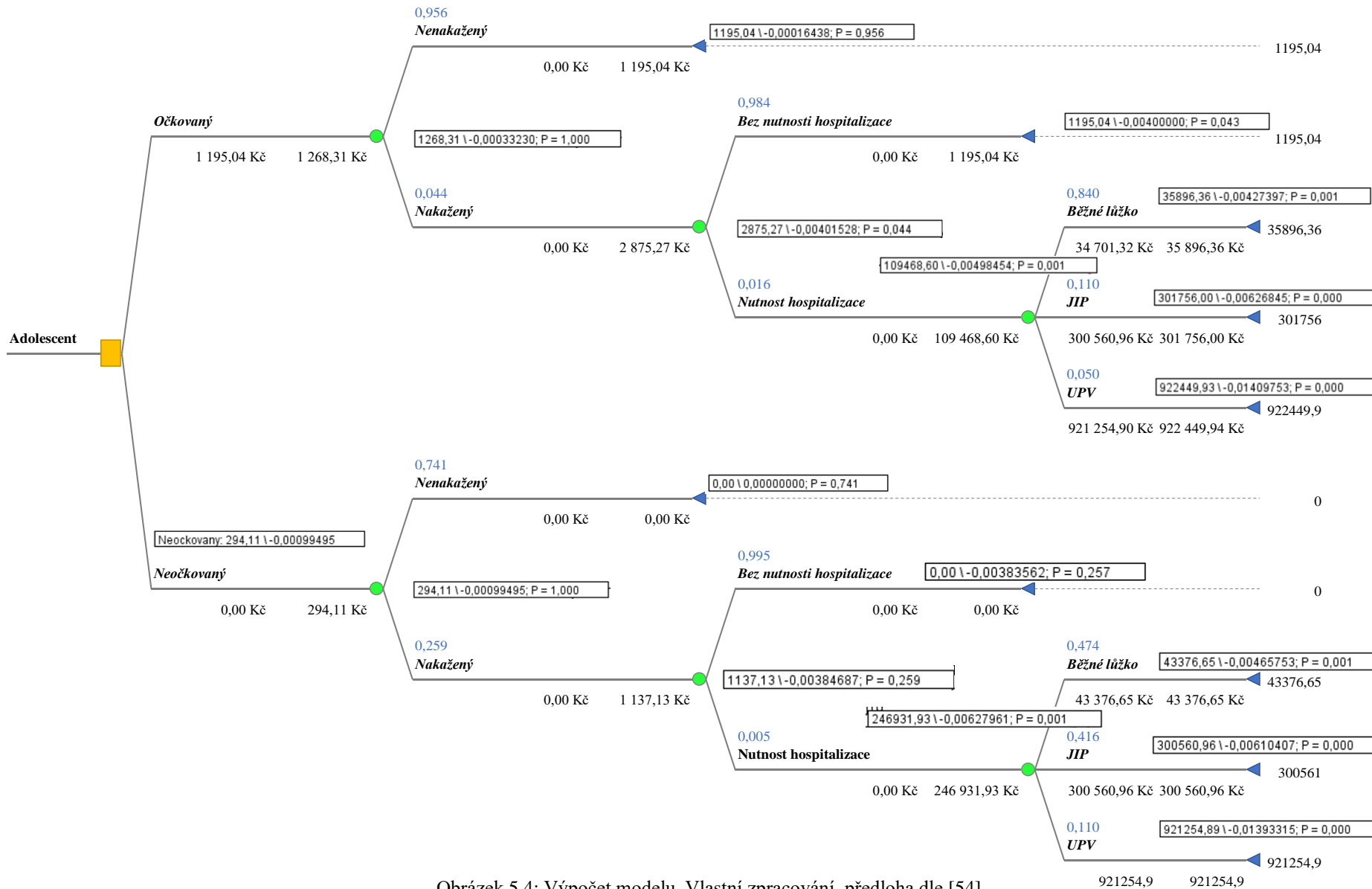
dis značí disutilitu, tedy ztrátu kvality života v důsledku symptomů či komplikací onemocnění

t značí dobu, po kterou daný stav trval

ztráta QALY je vynásobená hodnota disutility s dobou setrvání ve stavu

5.4.3 Struktura modelu

Model s výstupními hodnotami je vyobrazen na následující straně.



Obrázek 5.4: Výpočet modelu. Vlastní zpracování, předloha dle [54]

5.5 Analýza nákladové efektivity

Výstupy z modelu byly využity pro hodnocení nákladové efektivity očkování u dospívajících dětí.

Cíl hodnocení

Cílem hodnocení je vyjádření nákladové efektivity očkování proti onemocnění COVID-19, kdy vzplanutí nemoci a léčebným intervencím předcházelo očkování proti novému typu koronaviru SARS-CoV-2 v porovnání s aplikovanou léčbou, které očkování nepředcházelo.

Komparátor

V této práci je komparátorem léčba onemocnění COVID-19 za předpokladu, že této léčbě nepředcházelo očkování.

Perspektiva hodnocení

Pro naše hodnocení byla vybrána perspektiva plátce zdravotní péče, abychom vyjádřili spotřebu zdrojů ve spojitosti s poskytnutou zdravotní péčí při nutné hospitalizaci pacienta.

Cílová populace

Cílovou populací byly dospívající děti ve věku od 12 do 17 let. Cílová populace byla vybrána z důvodu schválení očkování dětí od 12. roku věku. Dalším důvodem pro výběr této věkové skupiny byl fakt, že dospívající v tomto věku jsou stále závislí na rozhodnutí rodiče, popřípadě zákonného zástupce, který musí očkování dítěte schválit a být u něho přítomný. V roli odmítače očkování je zde tedy stále rodič.

Časový horizont

Pro naše hodnocení byla zvolena doba od 28. týdne 2021, respektive od 12. července 2021 do 31. prosince 2021 z důvodu počátku očkování této věkové skupiny od 1. července 2021. Bylo třeba brát též v potaz dobu působení vakcinační dávky na imunitní systém.

Diskontování

Naše hodnocení bylo provedeno v časovém horizontu jednoho půl roku v roce 2021, tudíž diskontování neuvažujeme.

Účinky

Účinky byly vyjádřeny modelem v závislosti na délce léčby, délce hospitalizace a popřípadě v závislosti na zhoršení zdravotního stavu. Pro naši práci bylo zvoleno měřítko účinku v podobě ztráty QALY.

Tabulka 5.3: Vstupující parametry nákladové efektivity

Analýza nákladové efektivity	CEA
Intervence	Vzplanutí infekce a léčebným intervencím předcházelo očkování proti novému typu koronaviru SARS-CoV-2
Komparátor	Vzplanutí infekce a následné léčbě nepředcházelo očkování proti novému typu koronaviru SARS-CoV-2
Cílová skupina	Dospívající děti ve věku 12–17 let
Časový horizont	28. týden 2021 – 53. týden 2021
Perspektiva	Plátce zdravotní péče
Potřebná data	Náklady [Kč], pravděpodobnosti a efekty [QALY] pro jednotlivé přechody
Výsledný parametr	ICER

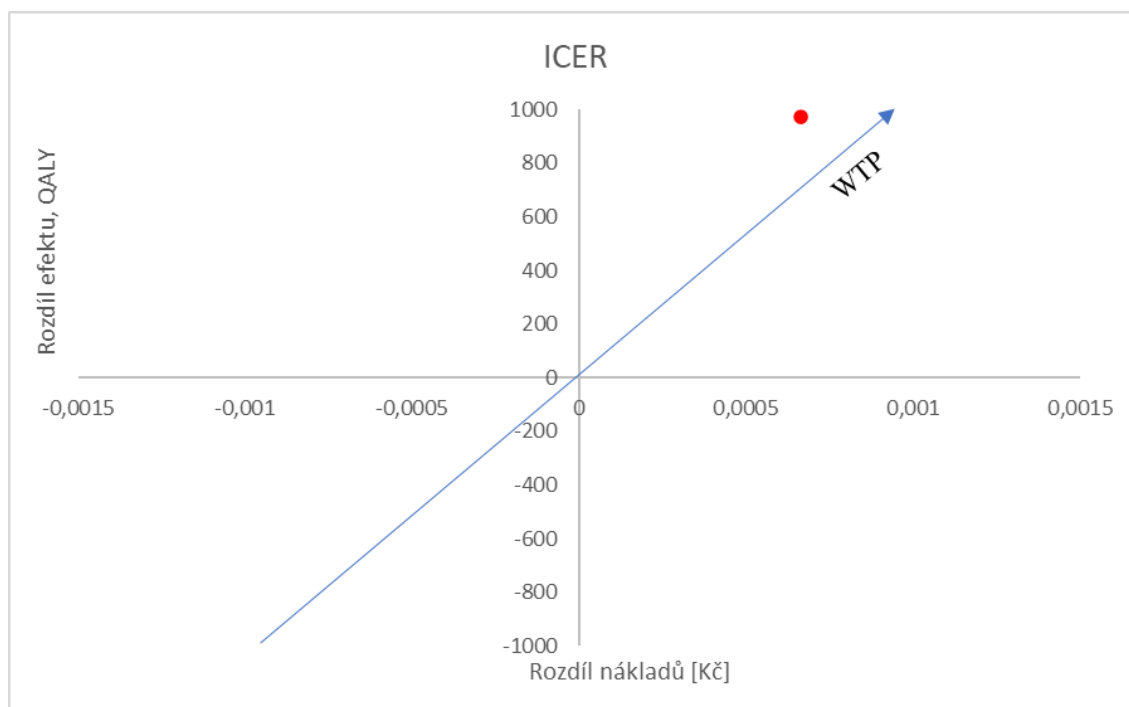
5.5.1 Interpretace výsledků CEA pomocí ICER

Po zadání vstupních parametrů do modelu, byla nákladová efektivita vyjádřena za pomoci přírůstkového poměru nákladové efektivity.

$$\text{ICER} = \frac{\Delta C}{\Delta E} = \frac{974,20139280049}{0,00066264971} = 1\,470\,160 \text{ Kč/QALY} \quad (5.1)$$

Hodnoty ICER byly vyčísleny na 1,47 milionu Kč/QALY. Na grafu níže můžeme sledovat zanesenou hodnotu přírůstkového nákladu a přírůstkového efektu. Z grafu je patrné, že intervence očkování je intervencí nákladnější, avšak efektivnější. Stanovíme-li hranici ochoty platit (křivka WTP) jako trojnásobek hrubého domácího produktu na obyvatele, ochota vynaložit náklady za efektivnější intervenci by se pohybovala někde okolo 1,6–1,7 milionu Kč/QALY. Z tohoto výsledku ICER ale nelze udělat jednoznačný závěr vzhledem k tomu, že v České republice není stanovena přesná hraniční hodnota ochoty platit (WTP). Můžeme pouze poukázat na fakt, že hodnota nákladové efektivity

vakcinačního programu se pohybuje nad hranicí dvojnásobku hrubého domácího produktu na obyvatele a pod hranicí jeho trojnásobku.



Obrázek 5.5: Interpretace výsledků CEA. Vlastní zpracování

5.6 Analýza citlivosti

Za pomoci analýzy citlivosti jsme predikovali možné scénáře, měnili vstupující parametry a sledovali vliv změny parametrů na chování modelu. V níže uvedené tabulce jsou znázorněny měněné parametry.

Tabulka 5.4: Měněné parametry v analýze citlivosti

Parametr	Nižší hodnota	Základní hodnota	Vyšší hodnota	Poznámka
Změna nákladů na hospitalizaci	6940,264	8675,33	10410,396	±20 %
Snížení efektu pacienta vlivem přidružené komorbidity	-0,18	-0,16	0	-0,02 [63]
Změna nákladů hospitalizace na JIP na ošetrovací den	38913,864	48642,33	58370,796	±20 %
Změna účinnosti vakcíny proti hospitalizaci	0,89	0,94	0,99	±5 %
Snížení efektu očkovaného po aplikaci vakcíny	-0,05	-0,03	0	-0,02
Změna nákladů na očkování	956,032	1195,04	1434,048	±20 %
Snížení efektu u pacienta nevyžadujícího hospitalizaci vlivem nákazy/karantény	-0,12	-0,1	-0,05	-0,02; +0,05

Na tornádovém zobrazení grafu na následující straně můžeme již pozorovat vliv, potažmo citlivost proměnných na chování modelu, respektive na výstupní hodnoty nákladové efektivity.

Citlivostní analýza



Obrázek 5.6: Vliv proměnných na hodnotu ICER v analýze citlivosti. Vlastní zpracování

Z grafu je zřetelné, že nejvýraznější vliv na nákladovou efektivitu očkování mělo snížení efektu u pacienta nevyžadujícího hospitalizaci vlivem nákazy a také změna nákladů na očkování. Je evidentní, že snížení nákladů na očkování by mělo také vliv na snížení inkrementálního poměru nákladů a efektů a očkování dospívajících by se pak stávalo více nákladově efektivnějším. Překvapivý scénář nastal u snížení efektu pacienta vlivem přidružené komorbidity. Na hodnotu ICER neměl tento parametr skoro žádný vliv. Může to být vlivem velikosti vstupující kohorty pacientů a jejího pravděpodobnostního rozdělení. Též změna nákladů na hospitalizaci neměla na výslednou hodnotu ICER skoro žádný vliv z důvodu toho, že pravděpodobností rozdělení mezi běžným lůžkem a přijetím na JIP se u každé alternativy liší. Očkovaný pacient má vyšší pravděpodobnost toho, že bude přijat na běžné lůžko a neočkovaný pacient má vyšší riziko přijetí na JIP. Rostoucí náklady na běžné lůžko mají tedy vyšší vliv na pacienty očkované. Ve chvíli, kdy by se snížila kvalita života očkovaného dospívajícího, tedy by mohl adolescent po očkování pociťovat například vedlejší účinky očkování, vedlo by to ke zvýšení hodnoty ICER a očkování by se stávalo méně nákladově efektivnějším.

6 Diskuse

Autor si je vědom rozdílnosti věkových skupin ve zpracování současného stavu problematiky, cílem bylo poskytnout komplexní pohled na problematiku očkování dětí a dospívajících. Datové sady ÚZIS uveřejněné na stránkách Ministerstva zdravotnictví ČR se v jednotlivých statistikách dosti lišily a v žádoucích věkových skupinách potřebná data mnohdy chyběla, popřípadě byla k dispozici jen data s určitým věkovým průměrem. V datových sadách nebylo například dohledatelné, zda přijetí do hospitalizační péče předcházelo očkování či nikoliv. Dále nebylo možné najít v datových sadách počty dětí přijatých na UPV či ECMO. V českých statistikách chybí data o procentuální proočkovanosti dětí. Ve vlastních výsledcích práce byla věková skupina již sjednocena. Další obtíží bylo nesjednocení věkových kategorií ve veřejně dostupných datech. Datové analýzy obsahovaly jiné věkové kategorie a bylo tedy složité najít cestu uceleného souboru. Také data, která nám byla ochotna VZP poskytnout, byla velmi omezena. Údaje pro hospitalizované dospívající byly poskytnuty za tři kraje ČR. Chyběla informace o příjmu dospívajícího pacienta na JIP. Limitující bylo pro naši analýzu i neposkytnutí informace o jaký typ zdravotnického zařízení se v případě hospitalizace dospívajícího jednalo. Pro každé léčebné zařízení je totiž stanovena odlišná základní minimální sazba. To se odrazilo i na vyčíslování nákladů, které bylo metodicky těžce uchopitelné. Vyčíslení nákladů sloužilo spíše jako podklad pro další hodnocení a ač byly výpočty prováděny na doporučení pracovníka VZP, jedná se pouze o odhad a reálné náklady se mohou značně lišit.

Odvracenost hospitalizací vlivem vakcinace byla hodnocena po dobu 26 týdnů, od počátku očkování věkové skupiny dětí starších 12 let do konce roku 2021. V této době byla dominantní varianta delta. Pro hodnocení byli vybráni pouze adolescenti, kteří byli očkováni vakcínou BNT162b2 (vakcína BioNtech, Pfizer), pro kterou byla zvolena z literatury příslušná efektivita. Bylo tak učiněno proto, abychom předešli rozdílům v efektivitě mezi různými vakcinačními látkami. Analýza odvrácených případů hospitalizací vlivem vakcinace má několik omezení. Použitá metoda je konzervativní a předpokládá hodnocení vlivu očkování pouze pro jeho přímé účinky (hospitalizace) a nebere v úvahu jeho potenciální nepřímé účinky, jako je vliv na přenos infekce mezi populacemi, anebo například rozvolnění omezujících opatření nařízené vládou. Odhadnutý počet odvrácených událostí hospitalizací vlivem očkování proto mohl být podhodnocen. Dalším omezením je fakt, že metoda, kterou jsme využili pro hodnocení odvrácenosti případů hospitalizací není metodou dynamickou a není tedy možné na tomto základě předpovědět budoucí chování populace, a tedy i velmi pravděpodobný pokles efektivit vakcinačních dávek v čase. Je také třeba dodat, že současně s očkováním mohla mít vliv na šíření onemocnění COVID-19 a s tím spojenými hospitalizacemi i jiná opatření, například v opatření podobě uzavírání škol v rizikových oblastech během podzimu 2021.

Výběr relevantních vstupních parametrů pro modelování za pomoci rozhodovacího stromu bylo vcelku obtížné. Do nákladů na dvě dávky očkování bylo třeba započítat jak výkon očkování, tak vakcinační látku samotnou. Je pravděpodobné, že se cena vakcíny může o něco málo lišit v závislosti na nákladech za distribuci, které nám byly neznámé. Model byl v zásadě postaven na pravděpodobnostních rozloženích pocházejících z reálných českých statistik. Původní koncept modelu zahrnoval stav pro symptomatický průběh onemocnění a asymptomatický průběh onemocnění ale nakonec bylo třeba model zjednodušit z důvodu chybějících rozdělení pravděpodobností, utilit a nákladů na tyto scénáře jak v českých databázích, tak v zahraniční literatuře. Navíc doba ve stavu asymptomatického průběhu a symptomatického průběhu je těžce definovatelná. V zahraničních publikacích bylo velmi složité dohledat hodnoty utilit z dříve uskutečněných dotazníkových šetření, které byly aplikovány na dětské či dospívající populaci. Hodnoty utilit jsme tedy použili z průřezové studie, která hodnotila výsledky utilit napříč populacemi a je tedy pravděpodobné, že hodnoty snížení kvality života by se u dětí a dospívajících mohly značně lišit od dospělé populace. Pokud bychom například aplikovali stejný model na dospělé populaci, výsledky ICER by byly nejspíše mnohem nižší než v případě dospívající populace dětí. Bylo by to pravděpodobně z důvodu těžšího klinického průběhu, vyšší úmrtnosti a vyšší pravděpodobnosti hospitalizační péče u dospělé populace. Výslednou hodnotu ICER bylo složité interpretovat, a to z toho důvodu, že v České republice není přesně stanovena hraniční hodnota ochoty platit a metoda dříve navrhovaná WHO, tedy trojnásobek hrubého domácího produktu na jednoho obyvatele, se již k používání spíše nedoporučuje, ačkoliv je v publikacích stále hojně využívána, nejspíše z toho důvodu, že ji doposud nenahradila jiná metoda. Výsledky nákladové efektivity očkovacího programu jsou tedy hraniční. I přes to je ale třeba poukázat na to, že ačkoliv je u většiny dětí klinický průběh mírný, je zde nižší riziko přijetí do hospitalizace, ještě nižší pravděpodobnost přijetí na JIP a UPV a riziko úmrtí zanedbatelné, stále je výsledek nákladové efektivity očkovacího programu na prahu hraniční hodnoty ochoty platit.

Námětem pro další zajímavou problematiku hodnocení by mohla být efektivita vakcíny u dětí s přidruženými komorbiditami. V zásadě je předpoklad, že děti s přidruženým onemocněním budou mít těžší klinický průběh onemocnění koronavirem. Nákladová efektivita očkování by pak u této hodnocené populace mohla přinést zajímavé výsledky.

7 Závěr

Tato práce se zabývala ekonomickou analýzou efektivity vakcinace COVID-19 u dospívajících dětí v České republice. Hlavním cílem práce bylo ekonomické hodnocení efektivity vakcíny za pomoci odhadu odvrácených případů hospitalizací a stanovení nákladové efektivity vakcinačního programu proti onemocnění COVID-19 u populace dospívajících dětí v České republice. Pro dosažení více uvedených záměrů si bylo třeba stanovit cíle dílčí. Z obdržených dat od Všeobecné zdravotní pojišťovny jsme analyzovali typovost a náročnost případů přijatých adolescentů do nemocniční péče. Dalším dílčím cílem bylo vyčíslit náklady na nemocniční péči u již zmíněné cílové skupiny pacientů.

V práci jsme analyzovali typy komplikací zdravotních stavů spojeny s nákazou koronavirem vyžadujících hospitalizaci u dospívajících pacientů. Nejčastějšími diagnózami pro přijetí do nemocniční péče byly poruchy dýchací soustavy, nemoci a poruchy trávicí soustavy a poruchy ucha, nosu, dutiny ústní a krku. Vyčíslovali jsme náklady na hospitalizační případ dospívajícího pacienta ve věku 12–17 let vlivem onemocnění COVID-19. Vykalkulované průměrné náklady na jednoho pacienta dosahovaly zhruba k 52 tisícům korun. Hodnotili jsme vliv očkování proti onemocnění COVID-19 u dospívající populace za pomoci odhadu počtu odvrácených případů hospitalizací. Za 26 týdnů bylo, dle našich odhadů, zabráněno asi 285 případům hospitalizací dospívajících dětí ve věku 12–17 let, tedy zhruba jednou tolik, kolik bylo reálně přijatých pacientů do hospitalizační péče v téže věkové skupině za stejné časové období. Propojením analýzy nákladů a odhadu odvrácenosti hospitalizací vlivem vakcíny jsme dospěli k závěru, že vlivem očkování bylo za 26 týdnů ve druhé polovině roku 2021 ušetřeno zhruba 15 milionů Kč, které by bývaly byly vynaloženy na hospitalizační péči dospívajících českých pacientů s těžším klinickým průběhem onemocnění COVID-19. Váhání s očkováním či až úplné razantní odmítání očkování může být finančně zatěžující pro veřejné zdravotnické instituce. Výsledky nákladové efektivity očkování ukazují, že program očkování je zcela jistě nákladnější, ovšem se zvýšenými účinky na kvalitu života. Hodnota ICER byla vyčíslena na 1,47 milionu Kč/QALY. Tato hodnota je nižší než trojnásobek hrubého domácího produktu na obyvatele a vyšší než hranice 1,2 milionu Kč, kterou uplatňuje ve správních řízeních SÚKL. Z analýzy nákladové efektivity očkovacího programu dětí od 12 let ale nelze vyvodit jednoznačný závěr, vzhledem k tomu, že v České republice není stanovená přesná hraniční hodnota ochoty platit (WTP).

Seznam použité literatury

- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Immunization. In: *WHO* [online].
- [1] WHO, 2019 [cit. 2021-06-23]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/facts-in-pictures/detail/immunization>
- BUTLER, Robb. *Vaccine Hesitancy: what it means and what we need to know in order to tackle it*. [online]. [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: https://www.who.int/immunization/research/forums_and_initiatives/1_RButler_VH_Threat_Child_Health_gvirf16.pdf?ua=1
- SOUZA, Tiago, José NADAL, Roberto NOGUEIRA, Ricardo PEREIRA a Marcelo BRANDÃO. Clinical manifestations of children with COVID-19: A systematic review. *Pediatric Pulmonology* [online]. 2020, **55**(8), 1892-1899 [cit. 2022-03-30]. ISSN 8755-6863. Dostupné z: doi:10.1002/ppul.24885
- BENEŠ, Jiří a Dana NOVÁKOVÁ. Pathogenesis of covid-19: principles of viral infection and immune response. *Intervenční a akutní kardiologie* [online]. 2021, **20**(2), 73-77 [cit. 2022-03-31]. ISSN 1213807X. Dostupné z: doi:10.36290/kar.2021.023
- MOLTENI, Erika, Carole SUDRE, Liane CANAS et al. Illness characteristics of COVID-19 in children infected with the SARS-CoV-2 Delta variant. *MedRxiv* [online]. 2021, 9-10 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: doi:10.1101/2021.10.06.21264467
- TSANKOV, Boyan, Joannie ALLAIRE, Michael IRVINE, Alison LOPEZ, Laura SAUVÉ, Bruce VALLANCE a Kevan JACOBSON. Severe COVID-19 Infection and Pediatric Comorbidities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Infectious Diseases* [online]. 2021, **103**, 246-256 [cit. 2022-03-31]. ISSN 12019712. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijid.2020.11.163
- Doporučení k očkování dětí a adolescentů ve věku od 5 let proti nemoci COVID-19. *Česká pediatrická společnost České lékařské společnosti J.E. Purkyně* [online]. 2021 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: https://www.pediatrics.cz/content/uploads/2021/12/doporuceni_ockovani_deti_od-5-let_covid-19final.pdf
- FOREJT, Jan, Eva SLÁDKOVÁ, Michal HUML a Josef SÝKORA. Pediatric inflammatory multisystem syndrome temporally associated with SARS-CoV-19. *Pediatric pro praxi* [online]. 2021, **22**(3), 227-231 [cit. 2022-04-01]. ISSN 12130494. Dostupné z: doi:10.36290/ped.2021.045

- ZIMMERMANN, Petra, Laure PITTET a Nigel CURTIS. How Common is
- [9] Long COVID in Children and Adolescents?. *Pediatric Infectious Disease Journal* [online]. 2021, **40**(12), 482-487 [cit. 2022-04-05]. ISSN 0891-3668. Dostupné z: <https://journals.lww.com/10.1097/INF.0000000000003328>
- KOMENDA, M., P. PANOŠKA, V. BULHART et al. *COVID-19: Přehled*
- [10] *aktuální situace v ČR. Onemocnění aktuálně* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2020 [cit. 2021-11-27]. Vývoj: společné pracoviště ÚZIS ČR a IBA LF MU. ISSN 2694-9423. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/covid-19>
- Doporučení k očkování dětí ve věku 12-15 let a adolescentů proti nemoci
- [11] COVID-19. In: *ČLS JEP* [online]. [cit. 2021-08-02]. Dostupné z: https://www.vakcinace.eu/data/files/downloads/cvs_et_al_doporuceni_k_ockovani_ddti_proti_nemoci_covid_19_16072021.pdf
- Data on COVID-19 vaccination in the EU/EEA. In: *European Centre for*
- [12] *Disease Prevention and Control* [online]. Stockholm: ECDC, 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/data-covid-19-vaccination-eu-eea>
- ČESKÁ VAKCINOLOGICKÁ SPOLEČNOST ČLS JEP, STÁTNÍ
- [13] ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Co je očkování proti infekčním onemocněním?* [online]. [cit. 2021-06-10]. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/26-co-je-ockovani-proti-infekcnim-onemocnenim>
- VŠEOBECNÁ ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA (VZP). *Povinná očkování*
- [14] [online]. VZP. [cit. 2021-06-12]. Dostupné z: <https://www.vzp.cz/pojistenci/prevence/ockovani/povinna-ockovani>
- Vyhláška č. 537/2006 Sb., o očkování proti infekčním nemocem. In: *Sbírka*
- [15] *zákonů České republiky*. 2006, 174/2006. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-537>
- ČESKÁ VAKCINOLOGICKÁ SPOLEČNOST ČLS JEP, STÁTNÍ
- [16] ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Úhrada očkování* [online]. [cit. 2021-06-12]. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/439-uhrada-ockovani>
- VŠEOBECNÁ ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA (VZP). *Která z nepovinných*
- [17] *očkování proti infekčním nemocem hradí pojišťovna?* [online]. [cit. 2021-06-12]. Dostupné z: <https://www.vzp.cz/o-nas/tiskove-centrum/otazky-tydne/nepovinna-ockovani>

ZIMMERMANN, Petra, Laure PITTET, Adam FINN, Andrew POLLARD a
[18] Nigel CURTIS. Should children be vaccinated against COVID-19?. *Archives of Disease in Childhood* [online]. 2022, **107**(3), 1-1 [cit. 2022-04-05]. ISSN 0003-9888. Dostupné z: <https://adc.bmj.com/lookup/doi/10.1136/archdischild-2021-323040>

OSTER, Matthew, David SHAY, John SU et al. Myocarditis Cases Reported
[19] After mRNA-Based COVID-19 Vaccination in the US From December 2020 to August 2021. *JAMA* [online]. 2022, **327**(4), 331-340 [cit. 2022-04-28]. ISSN 0098-7484. Dostupné z: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2788346>

DIONNE, Audrey, Francesca SPEROTTO, Stephanie CHAMBERLAIN et
[20] al. Association of Myocarditis With BNT162b2 Messenger RNA COVID-19 Vaccine in a Case Series of Children. *JAMA Cardiology* [online]. 2021, **6**(12), 1446-1450 [cit. 2022-04-28]. ISSN 2380-6583. Dostupné z: [doi:https://jamanetwork.com/journals/jamacardiology/article-abstract/2783052](https://jamanetwork.com/journals/jamacardiology/article-abstract/2783052)

OLUSANYA, Olufunto, Robert BEDNARCZYK, Robert DAVIS a Arash
[21] SHABAN-NEJAD. Addressing Parental Vaccine Hesitancy and Other Barriers to Childhood/Adolescent Vaccination Uptake During the Coronavirus (COVID-19) Pandemic. *Frontiers in Immunology* [online]. 2021, **12** [cit. 2021-11-27]. ISSN 1664-3224. Dostupné z: [doi:10.3389/fimmu.2021.663074](https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.663074)

MCINTOSH, E., Jan JANDA, Jochen EHRICH, Massimo PETTOELLO-
[22] MANTOVANI a Eli SOMEKH. Vaccine Hesitancy and Refusal. *The Journal of Pediatrics* [online]. 2016, **175**, 248-2491 [cit. 2021-06-24]. ISSN 00223476. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jpeds.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.06.006)

Fighting misinformation in the time of COVID-19, one click at a time. In:
[23] *WHO* [online]. WHO [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/fighting-misinformation-in-the-time-of-covid-19-one-click-at-a-time>

CARRIERI, Vincenzo, Leonardo MADIO a Francesco PRINCIPE. Vaccine
[24] hesitancy and (fake) news: Quasi-experimental evidence from Italy. *Health Economics* [online]. 2019, **28**(11), 1377-1382 [cit. 2021-09-01]. ISSN 1057-9230. Dostupné z: [doi:10.1002/hec.3937](https://doi.org/10.1002/hec.3937)

LARSON, Heidi, William SCHULZ, Joseph TUCKER a David SMITH.
[25] *Measuring Vaccine Confidence: Introducing a Global Vaccine Confidence Index* [online]. 2015 [cit. 2021-06-19]. Dostupné z: [doi:10.1371/currents.outbreaks.ce0f6177bc97332602a8e3fe7d7f7cc4](https://doi.org/10.1371/currents.outbreaks.ce0f6177bc97332602a8e3fe7d7f7cc4)

ANDERSON, Evan, James CAMPBELL, C CREECH, Robert FRENCK,
[26] Satoshi KAMIDANI, Flor MUNOZ, Sharon NACHMAN a Paul SPEARMAN. Warp Speed for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Vaccines: Why Are Children Stuck in Neutral?. *Clinical Infectious Diseases* [online]. 2021, **73**(2), 336-340 [cit. 2021-11-27]. ISSN 1058-4838. Dostupné z: doi:10.1093/cid/ciaa1425

MESZAROS, Jacqueline, David ASCH, Jonathan BARON, John HERSHEY,
[27] Howard KUNREUTHER a Joanne SCHWARTZ-BUZAGLO. Cognitive processes and the decisions of some parents to forego pertussis vaccination for their children. *Journal of Clinical Epidemiology* [online]. 1996, **49**(6), 697-703 [cit. 2021-11-27]. ISSN 08954356. Dostupné z: doi:10.1016/0895-4356(96)00007-8

FERNANDES, Nuno, Daniela COSTA, Diogo COSTA, José KEATING a
[28] Joana ARANTES. Predicting COVID-19 Vaccination Intention: The Determinants of Vaccine Hesitancy. *Vaccines* [online]. 2021, **9**(10) [cit. 2021-11-27]. ISSN 2076-393X. Dostupné z: doi:10.3390/vaccines9101161

KESTENBAUM, Lori a Kristen FEEMSTER. Identifying and Addressing
[29] Vaccine Hesitancy. *Pediatric Annals* [online]. 2015, **44**(4), 71-75 [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: doi:10.3928/00904481-20150410-07

FAZEL, Mina, Stephen PUNTIS, Simon WHITE et al. Willingness of
[30] children and adolescents to have a COVID-19 vaccination: Results of a large whole schools survey in England. *EClinicalMedicine* [online]. 2021, **40** [cit. 2021-11-27]. ISSN 25895370. Dostupné z: doi:10.1016/j.eclinm.2021.101144

DELAHOY, Miranda, Dawud UJAMAA, Michael WHITAKER et al.
[31] Hospitalizations Associated with COVID-19 Among Children and Adolescents — COVID-NET, 14 States, March 1, 2020–August 14, 2021. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report* [online]. 2021, **70**(36), 1255-1260 [cit. 2021-11-27]. ISSN 0149-2195. Dostupné z: doi:10.15585/mmwr.mm7036e2

OLSON, Samantha, Margaret NEWHAMS, Natasha HALASA et al.
[32] Effectiveness of BNT162b2 Vaccine against Critical Covid-19 in Adolescents. *New England Journal of Medicine* [online]. 2022, **386**(8), 713-723 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa2117995>

OLIVEIRA, Carlos, Linda NICCOLAI, Hassan SHEIKHA et al. Assessment
[33] of Clinical Effectiveness of BNT162b2 COVID-19 Vaccine in US Adolescents. *JAMA Network Open* [online]. 2022, **5**(3) [cit. 2022-04-29]. ISSN 2574-3805.

Dostupné z: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2789579>

[34] BARTSCH, Sarah, Marie FERGUSON, James MCKINNELL, Kelly O'SHEA, Patrick WEDLOCK, Sheryl SIEGMUND a Bruce LEE. The Potential Health Care Costs And Resource Use Associated With COVID-19 In The United States. *Health Affairs* [online]. 2020, **39**(6), 927-935 [cit. 2021-11-27]. ISSN 0278-2715. Dostupné z: doi:10.1377/hlthaff.2020.00426

[35] ČESKÁ SPRÁVA SOCIÁLNÍHO ZABEZPEČENÍ. *Počet vyplacených dávek nemocenského pojištění v ČR* [online]. Praha: ČSSZ. Otevřená data, 2022 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://data.cssz.cz/web/otevrena-data/graf-pocet-vyplacenyh-davek-nemocenskeho-pojisteni-v-cr>

[36] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD [ČSÚ]. *Výdaje na ošetrovné loni skokově vzrostly*. Český statistický úřad [online]. 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vydaje-na-osectrovne-loni-skokove-vzrostly>

[37] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD [ČSÚ]. *Ekonomické výsledky zdravotních pojišťoven* [online]. ČSÚ. Veřejná databáze [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&pvo=ZDPQ01&sp=A&skupId=2321&filtr=G~F_M~F_Z~F_R~F_P~_S~_null_O~2021_&pvoc=&katalog=30830&z=T

[38] ŽUROVEC, Michal. Systém zdravotního pojištění i přes pandemii dosáhl přebytku šest miliard korun. In: *MFČR* [online]. 2021 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/aktualne/tiskove-zpravy/2021/system-zdravotniho-pojisteni-i-pres-pand-42599>

[39] GREENWOOD, Brian. The contribution of vaccination to global health: past, present and future: *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* [online]. 2014, (369) [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: doi:10.1098/rstb.2013.0433

[40] VŠEOBECNÁ ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA (VZP). Jak to bude s očkováním proti covidu? Kde najdu bližší informace?. In: *Všeobecná zdravotní pojišťovna (VZP)* [online]. Praha [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.vzp.cz/o-nas/tiskove-centrum/otazky-tydne/jak-to-bude-s-ockovanim-proti-covidu>

[41] ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA MINISTERSTVA VNITRA ČR (ZPMV ČR). Očkování proti covidu-19: nejdůležitější otázky a odpovědi. In: *Zdravotní pojišťovna ministerstva vnitra ČR (ZPMV ČR)* [online]. Praha [cit. 2022-05-06].

Dostupné z: <https://www.zpmvcr.cz/o-nas/covid-19/ockovani-proti-covidu-19-nejdulezitejsi-otazky-a-odpovedi>

ŘÍHOVÁ, Barbora, Jana KUČEROVÁ a Regina DEMLOVÁ. *Základy farmakoekonomiky pro studenty Lékařské fakulty* [online]. LF MU, 2013 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/med/podzim2013/ZLFA0722p/um/44062063/Farmakoekonomika_do_ISu.pdf

Legislativní rámec DRG: DRG RESTART. In: *ÚZIS: Metodická optimalizace a zefektivnění systému úhrad nemocniční péče v ČR* [online]. ÚZIS, 2018 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://drg.uzis.cz/index.php?pg=o-projektu-legislativa>

DRG RESTART TÝM. *Metodika přiřazení relativní váhy k případu hospitalizace* [online]. In: . 2018 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://drg.uzis.cz/res/file/metodiky/metodika-prirazeni-rv-k-pripadu-hospitalizace-v016.pdf>

ČESKO fragment #f7156785 vyhlášky č. 242/2021 Sb., o stanovení způsobu zahrnutí kompenzace do výše úhrad za hrazené služby poskytnuté v roce 2021 - znění od 30. 4. 2022 [online]. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-242#f7156785>

ČESKO fragment #f7156752 vyhlášky č. 242/2021 Sb., o stanovení způsobu zahrnutí kompenzace do výše úhrad za hrazené služby poskytnuté v roce 2021 - znění od 30. 4. 2022 [online]. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-242#f7156752>

ČESKO fragment #f7156758 vyhlášky č. 242/2021 Sb., o stanovení způsobu zahrnutí kompenzace do výše úhrad za hrazené služby poskytnuté v roce 2021 - znění od 30. 4. 2022 [online]. In: . *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022, 2022 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-242#f7156758>

ČESKO fragment #f7156759 vyhlášky č. 242/2021 Sb., o stanovení způsobu zahrnutí kompenzace do výše úhrad za hrazené služby poskytnuté v roce 2021 - znění od 30. 4. 2022 [online]. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-242#f7156759>

- SACCO, Chiara, Alberto MATEO-URDIALES, Daniele PETRONE et al.
- [49] Estimating averted COVID-19 cases, hospitalisations, intensive care unit admissions and deaths by COVID-19 vaccination, Italy, January–September 2021. *Eurosurveillance* [online]. 2021, **26**(47) [cit. 2022-05-05]. ISSN 1560-7917. Dostupné z: doi:10.2807/1560-7917.ES.2021.26.47.2101001
- KŘIVÝ, Ivan a Evžen KINDLER. *SIMULACE A MODELOVÁNÍ* [online].
- [50] OSTRAVSKÁ UNIVERZITA, 2021 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://vendulka.zcu.cz/Download/Free/SkriptaKindlerMS.pdf>
- KLIMEŠ, Jiří, Tomáš MLČOCH, Bálint PÁSZTOR et al. *Doporučené postupy pro zdravotněekonomická hodnocení v ČR: Česká společnost pro farmakoekonomiku a hodnocení zdravotnických technologií (ČFES)* [online]. Pracovní skupina pro tvorbu doporučených postupů ČFES, 2020 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://farmakoekonomika.cz/wp-content/uploads/2020/06/GUIDELINES_CFES_kv%C4%9Bten-2020.pdf
- STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV. *Postup pro posuzování analýzy nákladové efektivity*. Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/leciva/sp-cau-028>
- PETROU, S. a A. GRAY. Economic evaluation using decision analytical modelling: design, conduct, analysis, and reporting. *BMJ* [online]. 2011, **342**(111), 1766-1766 [cit. 2022-05-04]. ISSN 0959-8138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.d1766
- PROSSER, Lisa A. *Projected cost-effectiveness of vaccination against COVID-19 in pediatric and adult populations*. University of Michigan, 2021. 43rd Annual “North American” Meeting.
- BAKKER, C.H., M. RUTTEN-VAN MÖLKEN, E. VAN DOORSLAER, K. BENNETT a Sj. VAN DER LINDEN. Health related utility measurement in rheumatology: an introduction. *Patient Education and Counseling* [online]. 1993, **20**(2-3), 145-152 [cit. 2022-05-07]. ISSN 07383991. Dostupné z: doi:10.1016/0738-3991(93)90128-J
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *What is cost-effectiveness analysis?* [online]. 2021 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/policy/polaris/economics/cost-effectiveness/index.html#>
- KLOK, Rogier a Maarten POSTMA. Four quadrants of the cost-effectiveness plane: some considerations on the south-west quadrant. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research* [online]. 2014, **4**(6), 599-601 [cit.

2022-05-05]. ISSN 1473-7167. Dostupné z:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/14737167.4.6.599>

TAN-TORRES EDEJER, Tessa, Rob BALTUSSEN, Taghreed ADAM,
[58] Raymond HUTUBESSY, Arnab ACHARYA a David EVANS, ed., Christopher MURRAY. *Making choices in health: WHO guide to cost-effectiveness analysis* [online]. Geneva: World Health Organization, 2003 [cit. 2022-05-11]. ISBN 92-4-154601-8. Dostupné z:
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42699/9241546018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO guide for standardization of economic evaluations of immunization programmes* [online]. WHO. 2nd ed. 2019, s. 77 [cit. 2022-05-10]. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Dostupné z:
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/329389>

BODNÁR, Jan. *Organizační opatření VZP ČR č. 57/2020 v souvislosti s onemocněním COVID-19 způsobeným virem SARS-CoV-2* [online]. VŠEOBECNÁ ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA ČR, 2022 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://media.vzpstatic.cz/media/Default/dokumenty/covid-19/organizacni-opatreni_57_2020-pracoviste-pro-ockovani-aktualizace-xi.pdf

DYER, Owen. Covid-19: Countries are learning what others paid for vaccines. *BMJ* [online]. [cit. 2022-05-08]. ISSN 1756-1833. Dostupné z: [doi:10.1136/bmj.n281](https://doi.org/10.1136/bmj.n281)

WONG, Carlos, Minghuan JIANG, Joyce YOU a Paulo HO. Potential Cost-Effectiveness of an Influenza Vaccination Program Offering Microneedle Patch for Vaccine Delivery in Children. *PLOS ONE* [online]. 2016, **11**(12) [cit. 2022-05-08]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0169030>

ALINIA, Cyrus, Safura YAGHMAEI, Farman Zahir ABDULLAH et al. The health-related quality of life in Iranian patients with COVID-19. *BMC Infectious Diseases* [online]. 2021, **21**(1) [cit. 2022-05-07]. ISSN 1471-2334. Dostupné z: <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-021-06170-z>

NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL. Datové sady pro prediktivní modelování – hospitalizovaní pacienti. In: *Národní zdravotnický informační portál* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2022 [cit. 2022-05-10]. ISSN 2695-0340.

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Průběhy onemocnění COVID-19 a procentuální zastoupení u dětí	13
Tabulka 2.2: Přehledová tabulka epidemiologie, proočkovanosti a hospitalizací za roky 2020 a 2021	15
Tabulka 2.3 Přínosy a rizika očkování dětí a dospívajících [17]	18
Tabulka 5.1: Číselné hodnoty vstupující do modelu - očkovaný	45
Tabulka 5.2: Číselné hodnoty vstupující do modelu - neočkovaný	45
Tabulka 5.3: Vstupující parametry nákladové efektivity	49
Tabulka 5.4: Měněné parametry v analýze citlivosti	50

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Graf incidence případů onemocnění COVID-19 v ČR u dětí za období 2020 – 2021 dle věku. Vlastní zpracování, data převzata z [10]	15
Obrázek 2.2: Graf porovnání proočkovanosti v evropských státech. Vlastní zpracování, data převzata z [12]	16
Obrázek 2.3: Průměr počtu vyplacených dávek na ošetřovné [34]	23
Obrázek 2.4: Srovnání nákladů na zdravotní služby pojišťoven za 4. čtvrtletí v letech [36]	23
Obrázek 4.1: Klasifikace nákladů [42]	27
Obrázek 4.2: Schéma postupu modelování. Vlastní zpracování, předloha dle [54]	33
Obrázek 4.3: Interpretace výsledků ICER. Vlastní zpracování, předloha dle [57]	36
Obrázek 5.1: Věkové zastoupení hospitalizovaných dětí	38
Obrázek 5.2: Procentuální zastoupení hlavních diagnóz hospitalizovaných pacientů	39
Obrázek 5.3: Graf počtu odhadnutých odvrácených případů hospitalizací, reálných hospitalizací a proočkovanosti. Vlastní zpracování	42
Obrázek 5.4: Výpočet modelu. Vlastní zpracování, předloha dle [54]	47
Obrázek 5.5: Interpretace výsledků CEA. Vlastní zpracování	50
Obrázek 5.6: Vliv proměnných na hodnotu ICER v analýze citlivosti. Vlastní zpracování	52

Příloha A

Příloha A: Vstupní data pro odhad odvrácených případů hospitalizací vlivem očkování

<i>12–17 let, dominance varianty delta</i>							
<i>Týden</i>	<i>N</i>	<i>VC_k = 1</i>	<i>VC_k = 2</i>	<i>VC_k = 1 [%]</i>	<i>VC_k = 2 [%]</i>	<i>NAV_k = 1</i>	<i>NAV_k = 2</i>
W28	0,3333	16380	631	2,5%	0,1%	0,01	0,00
W29	0,6667	45162	3267	7,0%	0,5%	0,03	0,00
W30	1,0000	74262	10510	11,5%	1,6%	0,09	0,02
W31	1,3333	105820	21481	16,4%	3,3%	0,17	0,05
W32	1,0000	130339	43964	20,2%	6,8%	0,16	0,08
W33	1,3333	147260	78635	22,8%	12,2%	0,25	0,18
W34	1,3333	159326	117939	24,7%	18,3%	0,29	0,28
W35	1,3333	171623	154824	26,6%	24,0%	0,34	0,37
W36	1,3333	181968	179754	28,2%	27,9%	0,38	0,44
W37	1,3333	188400	193510	29,2%	30,0%	0,40	0,48
W38	3,3333	193297	205356	30,0%	31,8%	1,05	1,28
W39	3,3333	197085	215346	30,5%	33,4%	1,10	1,35
W40	4,0000	200017	223007	31,0%	34,6%	1,36	1,69
W41	5,0000	202796	228933	31,4%	35,5%	1,74	2,17
W42	8,6667	206128	233379	31,9%	36,2%	3,10	3,86
W43	14,0000	211080	236615	32,7%	36,7%	5,17	6,37
W44	20,0000	218149	239180	33,8%	37,1%	7,68	9,29
W45	29,6667	228412	243006	35,4%	37,7%	12,03	14,23
W46	34,3333	239565	247558	37,1%	38,4%	14,75	17,07
W47	41,3333	251905	253750	39,0%	39,3%	18,94	21,49
W48	34,0000	266097	262989	41,2%	40,8%	16,82	18,75
W49	29,0000	275980	273289	42,8%	42,4%	15,25	16,89
W50	18,3333	282404	284363	43,8%	44,1%	10,14	11,23
W51	14,6667	288715	297499	44,7%	46,1%	8,57	9,50
W52	12,5000	292099	306045	45,3%	47,4%	7,56	8,38
W53	9,0000	295039	312160	45,7%	48,4%	5,58	6,19
						132,97	151,64
						284,62	

<i>Populace 12–17 let</i>	645260
<i>VE_{k=1}</i>	74%
<i>VE_{k=2}</i>	94%