

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Krajina a společnost



Bc. Jan GÖRCS

**MOŽNOSTI A POTENCIÁLNÍ DOPADY ROZVOJE ELEKTROMOBILITY
V ZEMÍCH VISEGRÁDSKÉ SKUPINY**

POSSIBILITIES AND POTENTIAL IMPACTS OF DEVELOPMENT IN
ELECTROMOBILITY IN THE VISEGRAD GROUP COUNTRIES

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Tomáš Matějček, PhD.

Praha 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10. prosince 2021

Bc. Jan Görcs

Možnosti a potenciální dopady rozvoje elektromobility v zemích Visegrádské skupiny

Abstrakt

Elektromobilita je v současné době velmi aktuální a hojně diskutované téma, a to v souvislosti s významnými negativními dopady silniční dopravy na životní prostředí. Často se však prezentují pouze její pozitivní stránky ve srovnání s konvenčními automobily se spalovacím motorem. Mezi opomíjená negativa se řadí nejen dopady na životní prostředí v souvislosti s extrakcí potřebných surovin, ale také v důsledku jejich nabíjení elektrickou energií. Záměrem této práce je proto snaha o vyhodnocení potenciálních dopadů elektromobility na energetiku a životní prostředí v zemích Visegrádu, a to až do roku 2030. K dosažení cíle této práce bude využit scénářový přístup, který se využívá právě ke zjištění budoucího stavu. Cílem této práce však není přesně predikovat budoucnost, nýbrž na základě předem definovaných vstupních parametrů a proměnných vyhodnotit a porovnat potenciální dopady elektromobility v jednotlivých zemích. Jak bude ukázáno, tyto dopady nejsou v některých zemích zcela nezanedbatelné, a proto je nutné s nimi, před dalším rozvojem elektromobility, počítat.

Klíčová slova: elektromobilita, bateriová elektrická vozidla, vozidla se spalovacím motorem, země Visegrádské skupiny, scénáře

Possibilities and potential impacts of development in electromobility in the Visegrad Group countries

Abstract

Electromobility is currently a very current and widely discussed topic, in connection with the significant negative impacts of road transport on the environment. However, often are presented only its positive aspects in comparison with conventional cars with internal combustion engine. Neglected negatives include not only the impact on the environment in connection with the extraction of the necessary raw materials, but also due to their charging with electricity. The aim of this work is therefore to evaluate the potential impacts of electromobility on energy and the environment in the Visegrad group countries, until 2030. To achieve the goal of this work will be used scenario approach, which is used to determine the future state. However, the aim of this work is not to accurately predict the future, but to evaluate and compare the potential impacts of electromobility in individual countries based on predefined input parameters and variables. As will be shown, these impacts are not entirely negligible in some countries and must therefore be considered before the further development of electromobility.

Key words: electromobility, electric mobility, battery electric vehicles, vehicles with internal combustion engine, Visegrad group countries, scenarios

OBSAH

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK	5
SEZNAM GRAFŮ.....	7
SEZNAM TABULEK	8
1. ÚVOD.....	9
2. METODIKA.....	12
3. TEORETICKÉ ZARÁMOVÁNÍ	14
3.1. Konvenční a alternativní pohony automobilů	14
3.1.1. Přehled a stručná historie pohonů.....	14
3.1.2. Důvody pro hledání alternativních pohonů.....	17
3.1.2.1. Hlavní důvody pro hledání alternativních pohonů.....	17
3.1.2.2. Shrnutí dopadů silniční dopravy v jednotlivých zemích	21
3.2. Elektromobilita.....	27
3.2.1. Analýza aktuálního stavu a příklady fungující praxe.....	27
3.2.2. Cíle a budoucí vývoj podle národních strategických dokumentů.....	31
3.3. Energetika.....	35
3.3.1. Analýza aktuálního stavu a potenciálu OZE	35
3.3.2. Cíle a budoucí vývoj podle národních strategických dokumentů.....	40
3.4. Dosavadní pokrok v oblasti dobíjení.....	46
3.4.1. Existující a uvažované technologie pro akumulaci energie	46
3.4.2. Způsoby dobíjení elektromobilů	48
3.5. Srovnání benzinového a elektrického pohonu automobilů	50
4. EMPIRICKÁ ČÁST	55
4.1. Definice parametrů scénářů.....	55
4.2. Analýza počátečního stavu	63
4.3. Scénáře a jejich vlivy na energetiku a životní prostředí.....	67
4.3.1. Scénář 1	69
4.3.2. Scénář 2	71
4.4. Vyhodnocení scénářů a diskuse dosažených výsledků	73
5. ZÁVĚR.....	83
6. SEZNAM LITERATURY	86
Literatura	86
Datové zdroje	91
PŘÍLOHY	92

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

BEV – bateriové elektrické vozidlo
Cenia – Česká informační agentura životního prostředí
CO₂ – oxid uhličitý
ČTK – Česká tisková kancelář
CZ – Česko, Česká republika
CNG – Compressed Natural Gas (stlačený zemní plyn)
DPH – daň z přidané hodnoty
EAFO – European Alternative Fuels Observatory (Evropská observatoř alternativních paliv)
EC – European Commission (Evropská komise)
EEA – European Energy Agency (Evropská agentura pro životní prostředí)
ERTRAC – European Road Transport Research Advisory Council (Evropská poradní rada pro výzkum silniční dopravy)
EU, EU27 – Evropská unie
EUREL – Convention of National Associations of Electrical Engineers of Europe (Konvence národních asociací elektrotechniků v Evropě)
HDP – Hrubý domácí produkt
HU – Maďarsko, Maďarská republika
IAD – individuální automobilová doprava
IEA – International Energy Agency (Mezinárodní agentura pro energii)
ITM – Innovációs és Technológiai Minisztérium (Ministerstvo pro inovace a technologie Maďarské republiky)
JE – jaderná elektrárna
LCA – Life cycle assessment (hodnocení celého životního cyklu)
LPG – Liquefied Petroleum Gas (zkapalněný ropný plyn)
MAP – Ministerstwo Aktywów Państwowych (Ministerstvo státních aktiv Polské republiky)
MCE – Ministry of Climate and Environment (Ministerstvo pro klima a životní prostředí Polské republiky)
MD – Ministerstvo dopravy České republiky
ME – Ministry of Energy (Ministerstvo energetiky Polské republiky)
MHD – městská hromadná doprava
MHRSR – Ministerstvo hospodárstva Slovenské republiky
MI – Ministerstwo Infrastruktury (Ministerstvo infrastruktury Polské republiky)
MIT – Ministry of Innovation and Technology (Ministerstvo pro inovace a technologie Maďarské republiky)
MND – Ministry of National Development (Ministerstvo pro národní rozvoj Maďarské republiky)
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
MŽP – Ministerstvo životního prostředí České republiky

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)

OZE – Obnovitelné zdroje energie

PHEV – plug-in hybridní elektrické vozidlo

PL – Polsko, Polská republika

SK – Slovensko, Slovenská republika

V4 – země Visegrádské čtyřky, země Visegrádské skupiny

WHO – World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Podíl alternativních paliv (LPG a CNG) na celkovém počtu všech osobních automobilů v období 2012–2020 v EU27 a zemích skupiny V4 v %	17
Graf 2: Predikce globálního vývoje spotřeby paliv v dopravě do roku 2050 dle tří scénářů v %	19
Graf 3: Vážený průměr celkových emisí z individuální automobilové dopravy v ekvivalentu tun CO ₂ na obyvatele za období 1995–2019	24
Graf 4: Podíl celkových emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO ₂ v jednotlivých sektorech, a v silniční dopravě, za období 1990–2019	25
Graf 5: Výkony osobní dopravy podle vybraných druhů přepravy v mld. osbkm za období 2013–2019 s výhledem IAD na rok 2030 v zemích skupiny V4	26
Graf 6: Podíl osobních automobilů podle typu paliva v letech 2012 a 2019 v zemích skupiny V4 v %	27
Graf 7: Podíl alternativních paliv (PHEV a BEV) na celkovém počtu osobních automobilů v období 2012–2020 v EU27 a zemích skupiny V4	28
Graf 8: Predikce vývoje alternativních pohonů (PHEV a BEV) v zemích skupiny V4 v období 2020–2030 v ks.	33
Graf 9: Výroba elektrické energie podle typu paliva za období 2000–2019 v zemích skupiny V4 v %	40
Graf 10: Plánovaná výroba elektrické energie podle typu paliva v období 2025–2040 v zemích skupiny V4 v %	45
Graf 11: Shrnutí dopadů BEV na energetiku jednotlivých zemí v % vůči aktuální, respektive predikované spotřebě elektrické energie pro všechny scénáře	75
Graf 12: Závislost spotřeby konvenčního automobilu a BEV na ujeté vzdálenosti	76
Graf 13: Shrnutí množství emisí skleníkových plynů z BEV a konvenčních automobilů v jednotlivých zemích ze všech scénářů v g _{ekv} CO ₂ /km	78
Graf 14: Struktura zdrojů emisí skleníkových plynů z BEV v jednotlivých zemích pro každý scénář v %	79

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hlavní proměnné pro jednotlivé scénáře pro aktuální stav, rok 2025 a 2030 pro země skupiny V4	61
Tabulka 2: Parametry vybraných energetických zdrojů využívaných k produkci elektrické energie	61
Tabulka 3: Podíly jednotlivých energetických zdrojů na výrobě elektrické energie v roce 2019 v Maďarsku a země ze kterých importovalo elektrickou energii.....	62
Tabulka 4: Podíly jednotlivých energetických zdrojů na výrobě elektrické energie v roce 2019 v Česku, na Slovensku a v Polsku a země ze kterých Slovensko a Polsko importovalo elektrickou energii.....	62
Tabulka 5: Predikce podílu jednotlivých energetických zdrojů na výrobě elektrické energie v roce 2025 a 2030 v zemích skupiny V4.....	63

1. ÚVOD

Doprava, společně s energetikou, představuje jedny z nejdůležitějších odvětví, bez nichž by ostatní nemohla vůbec existovat. Rozvoj dopravy se v posledním století odehrával zejména díky levným a dostupným fosilním palivům. Očekává se však, že jejich význam bude v budoucnosti klesat, a to nejen kvůli jejich negativním vlivům na životní prostředí, ale zejména omezeným zásobám ropy. Dostává se tak na jakousi „křižovatku“, která určí, jakým směrem se bude doprava dále ubírat, a především, která alternativní paliva „uspějí“ a získají prim v dlouhodobém měřítku. V současné době se hovoří o několika alternativách, mezi které patří zemní plyn, jehož zásoby jsou, stejně jako v případě ropy, omezené, vodíkové technologii na bázi palivových článků, u níž se předpokládá největší potenciál, avšak vybudování potřebné infrastruktury, vyřešení technických problémů a počátek komerční výroby funkčních modelů si vyžádá nejen minimálně jedno desetiletí, ale především obrovské finanční prostředky, a dále pak elektromobilita¹, jíž se věnuje tato práce. Právě elektromobilita se, minimálně pro několik budoucích desetiletí, aktuálně jeví jako nejlepší volba. V budoucnu by však neměla být společnost závislá na jediném palivu, jako v minulosti, nýbrž by se mělo jednat o jakýsi mix technologií s různými podíly na trhu.

Vzhledem k rozsahu tématu, které ve finále zahrnuje elektrizaci všech dostupných dopravních prostředků, se tato práce v dalších kapitolách bude zabývat pouze osobními automobily, které jsou z hlediska absolutního počtu, naprosto dominantní. Jako oblast zájmu byla zvolena skupina zemí Visegrádu, zahrnujících Česko, Slovensko, Maďarsko a Polsko. Důvodem této volby je možnost porovnání zemí s podobnou historií, ekonomickou vyspělostí, ale také politikou či směřováním a vztahu k Evropské unii, jakožto nadřazené instituci, ovlivňující budoucí směřování např. v oblasti životního prostředí. Jistě by bylo žádoucí zaměřit pozornost spíše na menší územní jednotky typu regionů soudržnosti či krajů, avšak vzhledem k marginálnímu rozšíření elektromobility v oblasti dopravy jako celku, a s tím související omezené dostupnosti dat či případových studií, se takový přístup jeví v současné době spíše jako nesmyslný. Naopak orientace na větší územní celky typu střední Evropy či Evropské unie, by v omezeném rozsahu diplomové práce vedly k daleko větší generalizaci, než k jaké bylo nutné přistoupit v této práci.

Téma elektromobility je v současné době velmi aktuální a hojně diskutované nejen v rámci různých zájmových skupin, ale je na něj zaměřena pozornost vědy a výzkumu primárně různých technických odvětví, sekundárně i jiných vědních disciplín, avšak v omezené míře. Geografie v tomto ohledu není výjimkou. Naopak se dá říci, že je pro ni spíše okrajovou záležitostí, přestože rozvoj elektromobility, či jiného alternativního pohonu, bude mít velký vliv nejen na proměnu společnosti, nýbrž i životního

¹ Jedná se o pohyb dopravních prostředků prostřednictvím elektrické energie.

prostředí či krajiny. Právě z toho důvodu si autor této práce zvolil takové téma, které je v rámci geografie dosud opomíjené, s cílem na něj nahlédnout z perspektivy této vědní disciplíny.

Cílem této práce je zjistit: „*Jaké jsou možnosti a potenciální dopady rozvoje elektromobility v regionu zemí skupiny V4, a jaké to bude mít dopady na energetiku a životní prostředí?*“

Za účelem dosažení stanoveného cíle, byly položeny následující výzkumné otázky:

- Z jakých důvodů se uvažuje o nahrazení automobilů se spalovacím motorem, elektromobily, jaký je vývoj v otázce jejich dobíjení, a v čem spočívají hlavní odlišnosti obou typů vozidel?
- Jaký je aktuální stav, stanovené cíle a predikce budoucího vývoje podle národních strategických dokumentů zemí Visegrádské čtyřky v oblasti elektromobility, a s tím velmi úzce související energetiky?
- Jaké jsou potenciální dopady rozvoje elektromobility na energetiku a životní prostředí?

Předkládaná diplomová práce je sestavena z pěti kapitol, které lze rozdělit na dvě hlavní části, tedy teoretické zarámování a empirická část. Úvodní kapitola v první části nastiňuje čtenáři téma elektromobility, přičemž nejprve blíže specifikuje zaměření práce, a v druhé části jej seznamuje s obsahem jednotlivých kapitol. Účelem druhé kapitoly je seznámení čtenáře s použitými zdroji, a také použitými metodami. Ve třetí a čtvrté kapitole spočívá jádro této práce, přičemž jejich struktura je koncipována tak, aby byly zodpovězeny položené výzkumné otázky, a splněn cíl této práce. Účelem závěrečné kapitoly bude stručné shrnutí obsahu práce, zodpovězení položených výzkumných otázek a diskuse možností pro další výzkum.

První kapitola třetí části je rozdělena do dvou podkapitol. Cílem první podkapitoly bude stručné nastínění historie automobilů s elektrickým pohonem, stručná charakteristika automobilů využívajících akumulátory a představení dalších alternativních pohonů, jež mají velkou budoucnost. Druhá podkapitola se bude nejprve věnovat důvodům pro hledání alternativních pohonů, a dále pak hodnocení vlivů silniční dopravy, jejíž dopady jsou v kontextu ostatních sektorů hospodářství, poměrně závažné. Druhá kapitola třetí části bude nejprve analyzovat aktuální stav v oblasti rozvoje elektromobility, přičemž budou představy dvě země (Norsko a Nepál), jakožto příklady fungující praxe. Dále bude zaměřena pozornost na cíle a predikce dalšího vývoje, vycházející z národních strategických dokumentů. Následující, třetí kapitola, bude mít obdobnou strukturu, avšak s tím, že se bude věnovat energetice, včetně obnovitelných zdrojů energie a jejich geografického potenciálu, jakožto jednoho z hlavních předpokladů budoucího rozvoje elektromobility. V pořadí čtvrtá kapitola bude nejprve diskutovat možnosti akumulace energie, a to nejen těch na trhu již dostupných, ale rovněž těch, do kterých se vkládají velká očekávání v budoucnu. Dále budou shrnuty výhody a nevýhody aktuálních možností pro dobíjení elektromobilů, přestože mnohé z nich nejsou z důvodu vysokých investic, běžně

dostupné. Poslední kapitola třetí části se detailněji zaměří na hlavní rozdíly mezi elektrickými a konvenčními vozidly, nejen z pohledu rozdílných komponent a získávání potřebných surovin, ale také se pokusí shrnout základní odlišnosti, jak je vnímají uživatelé obou typů vozidel.

Úvodní kapitola čtvrté části nejprve shrne parametry a proměnné, které budou použity k sestavení scénářů, přičemž zvolené hodnoty budou diskutovány s literaturou. Druhá kapitola se zaměří na analýzu počátečního stavu, přičemž její výsledky budou sloužit k následnému porovnání jednotlivých scénářů. Následující kapitola v úvodu jednotlivé scénáře představí, a posléze bude diskutovat hlavní hybné síly pro jejich naplnění. Dále pak dojde k výsledkům, na základě stanovených parametrů a proměnných, které budou v závěrečné kapitole diskutovány s výsledky, jež byly dosaženy v jiných studiích. Na závěr této kapitoly budou diskutovány některé další problémy elektromobility ve vztahu k životnímu prostředí.

2. METODIKA

V části teoretické zarámování bude využita metoda rešerše literatury, založená výhradně na odborných studiích a národních strategických dokumentech jednotlivých zemí, avšak pro celkový kontext a diskusi s touto literaturou, bude rovněž využita analýza dostupných map, doplněná o různé články, přinášející aktuální informace. Použité odborné studie pocházejí od negeograficky orientovaných autorů, což je dáno nižším zájmem geografie o toto téma, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole. Na základě shrnutí obsahu části teoretické zarámování, který byl podrobněji rozebrán v předchozí kapitole, byla zvolena právě tato metoda. Tato kapitola bude zároveň sloužit jako analytický základ pro empirickou část.

K dosažení hlavního cíle této práce, využijeme metodu s prvky prediktivních scénářů. Samotný scénářový přístup má původ v oblasti vojenství, přičemž častěji se využívá zhruba až od poloviny 20. století, jak uvádí Meinert (2014). Tato metoda se uplatňuje, nejen v národních strategických dokumentech (např. pro modelování pravděpodobného budoucího energetického mixu či vývoje množství emisí skleníkových plynů z jednotlivých sektorů hospodářství) nýbrž i v různých studiích. Využívá jej například Rečka, Ščasný (2015) pro zjištění budoucího množství emisí CO₂ v české energetice s vysokou či nízkou cenou emisních povolenek, Krause a kol. (2020) pro expertní odhad spotřeby vozidel a jejich emisí v roce 2050 pro země EU nebo Wörner a kol. (2021) pro modelaci budoucího dopadu rozvoje elektromobility v městských oblastech na příkladu Stuttgartu. Jak už částečně vyplývá z příkladů, cílem tohoto přístupu je zjednodušený popis možného stavu v budoucnosti, přičemž jednotlivé scénáře nemají být shodné, ale zásadně odlišné, jak uvádí Frič a kol. (2010). Přitom počítají s nejistotami, čímž se liší od prognóz, jejichž cílem je naopak předvídat budoucnost (Meinert, 2014). Při tvorbě scénářů je podle Friče a kol. (2010) nutné provést detailní analýzu aktuálního stavu a identifikaci nejvýznamnějších hybných sil, z nichž následně vycházejí různé varianty budoucího vývoje. Směřují tedy do stejného časového období, či využívají různé varianty – pesimistické a optimistické (příkladem může být právě Krause a kol. (2020) nebo Rečka, Ščasný (2015)).

Přístup k použití metody scénářů v této práci však bude mírně odlišný. Jelikož je cílem této práce zjištění potenciálních dopadů rozvoje elektromobility, jejichž vývoj je dle národních strategických dokumentů predikován na roky 2025 a 2030, nebudou jednotlivé scénáře směřovat do jednoho časového období, nýbrž do dvou. Ve scénářích budeme odpovídat na otázku „*co nastane, pokud počet elektrických vozidel dosáhne...*“, proto půjde o prediktivní scénáře (Frič a kol., 2010). Každý scénář bude mít dvě varianty – realistickou a optimistickou, kdy realistická bude vycházet z predikcí strategických dokumentů, ovšem optimistickou variantu bude možno považovat za nadsázku až utopii, jelikož ve scénáři 1 bude směřovat k 50% podílu BEV a ve scénáři 2 ke 100% podílu BEV. Záměrem optimistické varianty však bude pouze hodnocení dopadů na energetiku, což je dáno způsobem výpočtu i výslednou kalkulací na 1 km. Analytická část, která je pro scénáře nezbytná, bude do značné míry

provedena v části „Teoretické zarámování“, přičemž v empirické části proběhne pouze sumarizace a identifikace hlavních hybných sil. Řešení jednotlivých scénářů bude spočívat v sérii výpočtů, kdy pro každý z nich, budou uvažovány odlišné parametry a proměnné, jež budou diskutovány v úvodní kapitole empirické části. Tím bude do určité míry naplněn požadavek „zásadní odlišnosti“ scénářů, přestože uvažované změny parametrů budou zatíženy významnou mírou nejistoty. Záměrem tohoto přístupu nebude přesná predikce budoucnosti, nýbrž na základě předem definovaných vstupních parametrů a proměnných, vyhodnotit potenciální dopady elektromobility v jednotlivých zemích, v komparaci s konvenčními automobily se spalovacím motorem. Důvodem zvoleného postupu je určité zjednodušení při porovnávání dosažených výsledků, s velmi rozšířenou a obecně známou technologií.

Při hodnocení konvenčních automobilů se spalovacím motorem, se většina studií, za účelem zjednodušení, zaměřuje výhradně na jeden konkrétní model s určitými parametry, platnými v době vzniku studie, a to pro jakéhosi „univerzálního“ řidiče s podobným stylem jízdy apod. (např. Hawkins a kol., 2012; Lombardi a kol., 2017). V tom do značné míry spočívá limit takových studií, kdy je nezbytné brát jejich výsledky s určitou rezervou. Pro hodnocení vozidel s alternativním pohonem, vůči konvenčním, se využívají 3 standardizované metodiky. Jedná se o „*well-to-tank (WTT)*“, „*tank-to-wheel (TTW)*“ a „*life cycle assesement (LCA)*“. LCA, tedy hodnocení celého životního cyklu umožňuje dle Hubky (2019) sumarizaci všech faktorů, které přispívají ke znečišťování nebo množství spotřebované energie. Zbývající dvě metodiky se naopak vztahují výhradně k provozu vozidla (Lombardi a kol., 2017), a proto jejich výsledky nemohou dojít k jinému závěru, než k tvrzení: „elektrická vozidla jsou proti konvenčním, úspornější a produkují méně emisí“. Právě hodnocení celého životního cyklu se zabývá fází výroby, provozu a likvidace, přičemž výroba zahrnuje také dopady extrakce potřebných surovin, výroby komponent či logistiky. Jistá úskalí tohoto přístupu však spočívají v subjektivních přístupech jednotlivých autorů, a také v samotných postupech užívaných v analýze vč. zdrojů dat. Podle Hubky (2019) totiž existují velké rozdíly nejen mezi jednotlivými výrobci, ale také zeměmi, ve kterých se každá fáze odehrává. Proto je výsledná sumarizace či porovnávání dosažených výsledků, značně problematické. I přes limity této metody, a značné kompromisy spojené s využíváním výsledných údajů v jedné studii, pro účely empirické části využijeme údaje o celém životním cyklu lithiových baterií. V následné diskusi výsledků pak budou tyto údaje aplikovány také na porovnání obou typů automobilů.

Pro výpočty v empirické části využijeme metodiku „*well-to-tank*“, která zahrnuje fázi výroby a distribuce paliva, a následně jeho spotřebu, což už spadá pod metodiku „*tank-to-wheel*“. Současné využití obou těchto metodik, se shrnuje pod pojmem „*well-to-wheel*“ (Hubka, 2019; Lombardi a kol., 2017). Přestože je toto součástí již zmíněné metodiky LCA, právě provozní fáze obou typů automobilů je pro každou zemi velmi odlišná, a proto bude její hodnocení součástí empirické části této práce. Samotné výpočty ke zjištění množství emisí skleníkových plynů či celkové spotřeby konvenčního vozidla a BEV, jsou částečně inspirovány studií Muhy a Perošy (2018), avšak s odlišnými parametry.

3. TEORETICKÉ ZARÁMOVÁNÍ

3.1. Konvenční a alternativní pohony automobilů

3.1.1. Přehled a stručná historie pohonů

Cílem první podkapitoly bude stručné nastínění historie automobilů s elektrickým pohonem a snaha ukázat, že se nejedná o novou technologii. Dále budou jednotlivé typy pohonů, využívajících akumulátory, stručně charakterizovány a ukázány jejich hlavní odlišnosti. Na závěr této podkapitoly se zaměříme i na další typy alternativních pohonů, jež mají velkou budoucnost, přestože například v případě automobilů na vodíkový pohon, zatím existují pouze prototypy.

Elektrická vozidla, ač se mohou jevit jako nová technologie posledních let, nepředstavují v historii automobilismu žádnou novinku. Jak uvádí Denton (2016), první prototyp elektrického vozíku byl vyroben Robertem Andersonem ze Skotska již v letech 1832–39. Na trh pak elektrické automobily vstupují ve 2. polovině 19. století, zásluhou německého inženýra Andrease Flockena, který v roce 1888 vyrobil první čtyřkolové vozidlo. První komerční elektrické automobily se objevují od roku 1897 ve flotile taxíků v New Yorku, a již v roce 1900 dosahuje jejich podíl na celkovém prodeji ve Spojených státech 28 %, jak uvádí Denton (2016). O rok dříve byla ve Francii pokořena rychlost 100 km/h, právě automobilem poháněným elektřinou². Ještě na počátku 20. století dosahovaly prodeje elektromobilů svého vrcholu, díky jejich komfortu, nízké hlučnosti, absenci silného znečištění emisemi (jako u vozů poháněných párou nebo benzinem) a snadnému ovládní, avšak následně začaly být postupně nahrazovány automobily na benzinový pohon (Xiaoli a kol., 2020). Revoluci představoval sériově vyráběný Ford T od roku 1908, a především pak vynález elektrického startéru. Ještě v roce 1912 dosahoval celosvětový počet elektrických automobilů 30 tisíc kusů, jež během následujících dvou dekad spadl téměř na nulu, jak uvádí Denton (2016). Mezi hlavní příčiny řadí Xiaoli a kol. (2020) vysokou cenu elektrických automobilů, a také rychlý rozvoj konvenčních automobilů.

Určité pokusy o jejich vzkříšení se udály v průběhu 60. a 70. let 20. století, kdy začaly zesilovat snahy o redukcii znečištění ovzduší, a především ropné šoky na počátku 70. let. Pro příklad jmenujme rok 1976, ve kterém byl ve Francii spuštěn program, jenž měl umožnit výzkum a vývoj elektromobility. O několik let později, konkrétně v roce 1990, byl firmou General Motors uveden model elektromobilu EV1, který ač se setkal se zájmem ze strany zákazníků, nikdy nebyl uveden do prodeje (MHSR, 2013). Například první komerčně vyráběný hybridní automobil začala vyrábět Toyota v roce 1997 v Japonsku – jednalo se o značku Prius. Čistě elektrická vozidla se však začala prosazovat až ve druhé dekádě 21. století, kdy

² Jednalo se o automobil „La Jamais Contente“, jehož konstruktérem byl Belgičan Camille Jenantzy.

prvním modelem byl Nissan Leaf, uvedený v roce 2010 (Denton, 2016). Obecně to však tato technologie nemá na automobilovém trhu jednoduché, protože mezi její hlavní limity lze řadit cenu elektrických automobilů, kratší dojezd ve srovnání s konvenčními automobily se spalovacím motorem nebo delší dobu nabíjení. Podle IEA (2021b) však cena baterií, které jsou na elektrických automobilech nejdražší, bude postupně klesat, čímž se tyto automobily stanou dostupnější. Této problematice se bude podrobněji věnovat kapitola 3.5.

Existuje celá řada alternativních pohonů automobilů pomocí akumulátorových článků, mezi která se řadí: hybridní elektrická vozidla, plug-in hybridní elektrická vozidla, elektrická vozidla s prodlouženým dojezdem a bateriová elektrická vozidla. Tyto můžeme stručně definovat následovně:

- hybridní elektrická vozidla mají spalovací motor, doplněný o pomocný elektromotor. Jsou poháněna zejména konvenčními palivy, přičemž elektrický motor s omezenou kapacitou baterie, slouží pouze ke startování a akceleraci vozidla (Wenbo a kol., 2017), a díky tomu je jejich spotřeba jen nepatrně nižší (EEA, 2016). Jejich baterie má velmi nízkou kapacitu (podle EEA (2016) do 10 km), která je primárně dobíjena energií při zpomalování nebo brzdění vozidla, a není možno ji nabíjet z elektrické sítě (Denton, 2016). Jejich provoz je srovnatelný s konvenčními vozidly, pouze pořizovací cena je díky přítomnosti baterie vyšší, jak uvádí EEA (2016). Z uvedeného vyplývá, že se ve skutečnosti nejedná o elektrická vozidla.
- plug-in hybridní elektrická vozidla jsou do určité míry podobná hybridním elektrickým vozidlům, kdy jejich přidanou hodnotou je větší kapacita baterie, umožňující dojezd přibližně 50–100 km, jíž lze nabíjet z elektrické sítě (Wenbo a kol., 2017). Jejich spalovací a elektrický motor může pracovat separátně či současně (EEA, 2016), a podle toho se odvíjí spotřeba fosilních paliv, a množství produkovaných emisí. Jak ukazuje *graf 7* na str.28, jejich podíl, na celkovém počtu osobních automobilů, se v Evropě od roku 2012 zvýšil na 0,47 %, přičemž ze zemí střední Evropy je lídrem Německo, s podílem 0,59 %.
- elektrická vozidla s prodlouženým dojezdem nejsou, na rozdíl od výše uvedených technologií, přímo poháněna spalovacím motorem. Ten slouží výhradně jako generátor elektřiny, kterou dodává elektromotoru či baterii, pokud je překročena dojezdová vzdálenost. Proto může být jejich motor menší než u výše uvedených technologií, čímž příznivě ovlivňuje celkovou hmotnost vozidla, jak uvádí EEA (2016). Kapacita baterie i jejich dojezd je obvykle nižší než u bateriových elektrických vozidel (Denton, 2016).
- bateriová elektrická vozidla nemají, na rozdíl od výše uvedených, spalovací motor a vyznačují se největší kapacitou baterie. Jak uvádí Denton (2016), jejich běžná rychlost je již srovnatelná s automobily se spalovacími motory. Právě těmto vozidlům se budeme věnovat v této části práce (viz. kapitoly 3.4 a 3.5), a bude na ně zaměřena také empirická část.

Při uvažování alternativních pohonů se značným potenciálem v blízké budoucnosti, nelze opomenout zemní plyn (CNG/LPG, tj. stlačený zemní plyn/zkapalněný ropný plyn), jež je podle MPO (2015) v současné době, i díky existující infrastruktuře³, nejlépe připraveným alternativním pohonem. Ač jej nelze považovat za budoucnost dopravy, zejména kvůli omezeným zásobám zemního plynu, dá se očekávat jeho rozvoj, a to alespoň jako „přechodného“ paliva. V Česku se nejvíce uvažuje o rozvoji CNG, jelikož LPG je podle MPO (2015), výhradně ropným produktem (produkt rafinace), jehož výroba bude klesat s množstvím zpracovávané ropy. Tuto skutečnost ostatně dokládá *graf 1*, podle něhož ve všech zemích Visegrádské čtyřky, dochází k postupnému poklesu podílu tohoto alternativního paliva. Jako další příčinu tohoto poklesu, lze označit rostoucí zdanění LPG, které má vliv na snižování rozdílu vůči ceně benzínu a nafty (Madejski, 2019). Právě to je příčinou postupného poklesu oblíbenosti tohoto paliva mezi polskými řidiči, přestože se tato země, z hlediska podílu, i nadále řadí na čelní místa v EU. Výrazný podíl LPG v Polsku, v porovnání s ostatními zeměmi, je dán minulostí, kdy rozdíl jeho ceny, oproti ceně benzínu a nafty, byl ještě výraznější, a zároveň i reálné příjmy Poláků, byly mnohem nižší, jak uvádí Madejski (2019). Proto se jim vyplatilo investovat do přestavby jejich vozidel.

Dusil (2019) jmenuje mezi výhodami CNG i LPG např. až o 50 % nižší provozní cenu v porovnání s benzinem a naftou nebo vysokou bezpečnost celé soustavy, avšak k nevýhodám řadí vyšší náklady na přestavbu, kratší dojezd (především u CNG) či omezenou dostupnost plnicích stanic. Mezi výhody, pokud jde o využití nejnovějších motorů EURO VI spalujících CNG, lze dále uvést velmi výrazný pokles emisí pevných částic až o 90 %, a dalších znečišťujících látek, jako jsou oxidy dusíku, oxid uhelnatý či oxid uhličitý (zhruba o 25 %), uvádí MPO (2015). Náhradou za zemní plyn by mohl být například biomethan, který lze dle MPO (2015), považovat za náhradní zemní plyn, a to na rozdíl od bioplynu, který by se měl dle uvedené predikce, uplatnit jen lokálně.

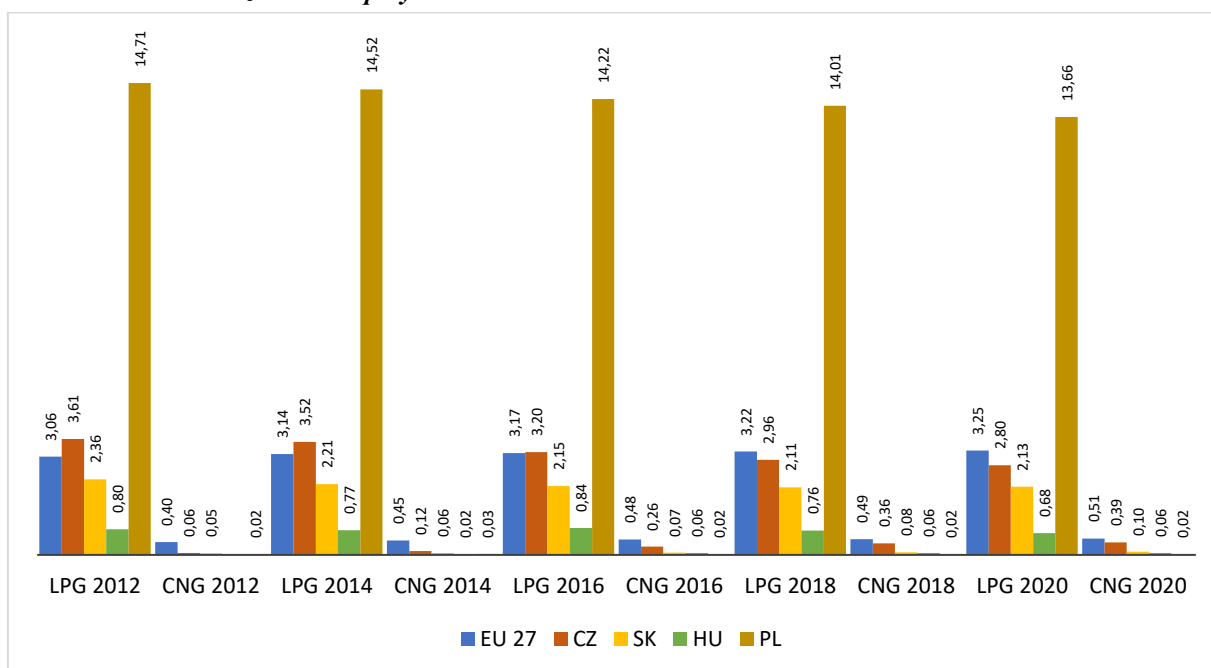
Obecně se největší potenciál přisuzuje automobilům na vodíkový pohon. Mezi jejich výhody patří minimální hlučnost, velká spolehlivost, krátká doba tankování a delší dojezd (okolo 600 km), a mezi nevýhody se naopak řadí vysoká cena konstrukce takových automobilů, ale i paliva, jehož výroba elektrolýzou⁴ je energeticky náročná (Denton, 2016; EEA, 2016). S tím souvisí také nedostatečná infrastruktura plnicích stanic, jakož i existující bariéry v oblasti legislativy, jak uvádí MPO (2015). Jako příklad lze v této oblasti zmínit Kalifornii, která je v počtu plnicích stanic nejdále, a dále pak země západní Evropy: Německo, Rakousko a Velká Británie. Podle MPO (2015) přispívají k vysoké ceně paliva, především omezené možnosti skladování a transportu vodíku, k čemuž je možné využít pouze tlakové či kryogenní tanky (kvůli vysokému tlaku a vyšší pracovní teplotě 200 °C). Aktuálně

³ V Česku bylo v roce 2019 v provozu téměř 1000 plnicích stanic na LPG, a 207 na CNG, jak vyplývá z dat EAFO (2021b). V Evropě pak 45 tisíc, respektive 3700 plnicích stanic CNG.

⁴ Jedná se o rozklad vody elektrickým proudem (MPO, 2015).

se dle IEA (2021b) pohybuje na celém světě asi 35 tisíc vozidel, z čehož asi ¾ tvoří osobní automobily, k jejichž provozu slouží 540 plnicích stanic. V oblasti osobních automobilů se stává lídrem Jižní Korea spolu s USA, a Čína naopak dominuje v provozu autobusů a nákladních automobilů. Evropská unie má v plánu do roku 2030 vybudovat tisíc plnicích stanic, přitom aktuálně je jich v provozu 135, a to pro 1841 vozidel, EC (2020); EAFO (2021b). Česko má do roku 2030 poměrně optimistické odhady vzhledem ke stanovenému cíli, jímž je dosažení 40–50 tisíc osobních automobilů na vodíkový pohon, jak uvádí MPO, MŽP, MD (2019).

Graf 1: Podíl alternativních paliv (LPG a CNG) na celkovém počtu všech osobních automobilů v období 2012–2020 v EU27 a zemích skupiny V4 v %



Zdroj: EAFO (2021b), vlastní zpracování

3.1.2. Důvody pro hledání alternativních pohonů

3.1.2.1. Hlavní důvody pro hledání alternativních pohonů

Důvody pro hledání alternativních paliv lze shrnout do dvou nejzásadnějších. Za prvé to jsou omezené zásoby ropy a za druhé dopady konvenčních paliv na životní prostředí. Oba tyto důvody budou v této subkapitole dále diskutovány.

Podstatou problémů, nejen s omezenými zásobami ropy, nýbrž i ostatních energetických surovin, není jejich nedostatek, ale nerovnoměrné geografické rozložení v porovnání se spotřebou, jak uvádí (MPO, 2015; Cílek, Kašík, 2008). Většina vyspělých zemí světa si své zásoby nerostných surovin vyčerpala již v minulosti, pro svůj ekonomický rozvoj, či je často z ekonomických a strategických důvodů netěží, a proto je musí dovážet ze zemí, které těmito surovinami disponují. Jen pro ilustraci, podle MPO (2019b) Česko v roce 2018 importovalo ropu převážně z Ruska (53,8 %), Ázerbájdžánu

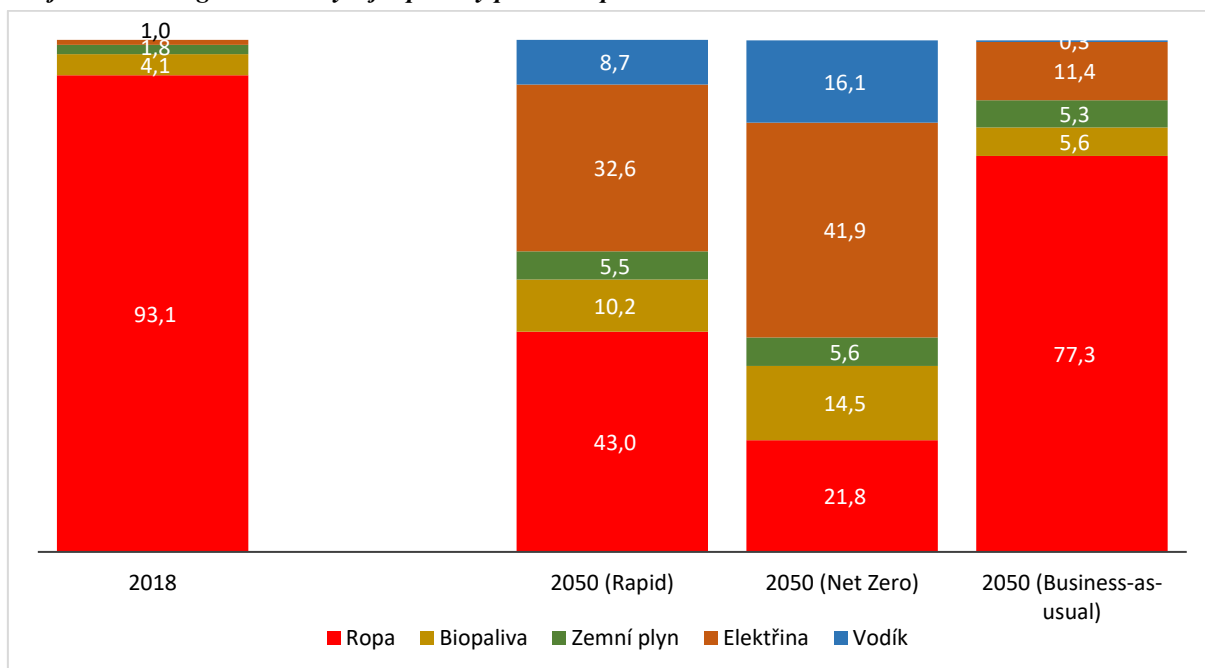
(29,3 %) a Kazachstánu (13,3 %)⁵, přičemž tuzemská produkce pokrývala 1–2 %. Potíž však spočívá v tom, že se velmi často jedná o země s nižší politickou a ekonomickou stabilitou. Výsledkem takových tendencí proto bývá snižování energetické bezpečnosti zemí, které tyto suroviny dovážejí, avšak vzestup, především politického významu, zemí, jež takové suroviny těží (Cílek, Kašík, 2008). Ty jež tak mnohdy využívají k prosazování svých zájmů, za pomoci nástrojů, mezi které se řadí například omezování těžby, krácení dodávek či ovlivňování cen na burze.

Nejasnosti panují také o přesných zásobách ropy, zemního plynu a dalších surovin, jelikož jsou velmi často předmětem státních či obchodních tajemství těžebních společností. Skutečné zásoby lze podle Cílka, Kašíka (2008) pouze odhadovat, což nahrává mnoha spekulacím o roce, kdy nastane vrchol těžby, tzv. „peak oil“. Tento termín lze stručně vysvětlit jako datum, kdy těžba ropy dosáhne svého vrcholu, po němž bude docházet už jen ke snižování těžby, až do vyčerpání jejích zásob. Jak ale uvádí Smil (2013), jeho dosažení nelze vnímat katastroficky, jelikož je velmi pravděpodobné, že se časem podaří vyřešit problémy s alternativními palivy, které se díky rostoucím cenám ropy, stanou konkurenceschopnějšími. Zároveň je třeba vzít v úvahu skutečnost, kdy se s očekávanou rostoucí cenou ropy, pravděpodobným technickým pokrokem v oblasti těžby a zlepšováním metod geologického průzkumu, ekonomicky vyplatí těžit i ložiska menší, nebo ta, která byla v minulosti označena za „vytěžená“ (Smil, 2013).

Na základě výše uvedeného, ale také díky zvyšování účinnosti spalovacích motorů či uzavřeným mezinárodními dohodám o ochraně klimatu, dosáhne globální spotřeba ropy v dopravě, dle predikce BP (2021), svého vrcholu mezi polovinou a koncem 20. let, a to ve všech scénářích (viz poznámka pod *grafem 2* na následující straně). Intenzita dalšího poklesu její spotřeby, až do roku 2050, závisí na typu scénáře, jak naznačuje níže uvedený graf. Spolu s tím očekává také pokles objemu skleníkových plynů, zejména CO₂, a to minimálně o 10 % (scénář „*Business-as-usual*“). Předpokládaný pokles množství ropy užívané k pohonu automobilů, se má odehrávat zejména ve prospěch elektromobility. Navzdory těmto poklesům, odhaduje BP (2021), růst spotřeby primární energie v dopravě, tažené výhradně rozvojovými zeměmi. To je však obecně známý trend, jelikož některé z těchto zemí zažívají rychlý hospodářský rozvoj, a to bez ohledu na energetickou náročnost (samozřejmě, pokud jsou schopny tuto energii nejprve vyprodukovat nebo získat) či množství emisí skleníkových plynů. Různé tendence směřující k prosazení elektromobility, energetickým úsporám či snižování množství škodlivin nebo objemů emisí skleníkových plynů, proto dominantně propagují právě vyspělé země, zejména na evropského kontinentu.

⁵ Pro porovnání je vhodné uvést, že podíly jednotlivých zemí na dovozu ropy byly v roce 2005 následující: Rusko (71,1 %), Ázerbájdžán (18,7 %) a Kazachstán (3,7 %). Pokles Ruska nastal právě ve prospěch zemí z oblasti Kaspického moře, přičemž hlavním důvodem je snižování kvality ruské ropy, do které se musí přimíchávat nízkosírná ropa, pocházející z těchto zemí, jak uvádí MPO (2019b).

Graf 2: Predikce globálního vývoje spotřeby paliv v dopravě do roku 2050 dle tří scénářů v %



Poznámka: Scénář „Rapid“ předpokládá rychlý růst cen za vypouštění emisí CO₂, a proto by jeho množství mělo být do roku 2050 redukováno o 70 % (ve srovnání s rokem 2018). Zároveň by se mělo podařit udržet růst průměrné teploty na Zemi pod 2°C (BP, 2021). Scénář „Net Zero“ předpokládá pokles emisí CO₂ o 95 %, kterého by se mělo podařit dosáhnout změnou chování a potřeb společnosti, což umožní zachovat růst průměrné teploty pod 1,5°C. Třetí scénář „Business-as-usual“ nepočítá se změnou vládních politik či omezením potřeb společnosti, čímž bude pravděpodobně docházet k podobnému růstu, jako dosud. Emise CO₂ by měly začít klesat až v polovině 20. let, přičemž v roce 2050 dosáhnou asi 10% poklesu.

Zdroj: BP (2021), vlastní zpracování

Existují různé nezávazné strategické a koncepční dokumenty EU i Česka, jež se zabývají významnými dopady dopravy na životní prostředí (např. z pohledu emisí viz *graf 3 a 4* na straně 24, respektive 25), mezi kterými lze jmenovat například Dopravní politiky, Národní akční plány čisté mobility, Státní politiky životního prostředí, Bílou knihu⁶ ale i právně závazné legislativní dokumenty, ke kterým se členové Evropské unie zavázaly, a jsou tedy součástí jejich právního řádu. Mezi ty se řadí například směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů⁷ nebo směrnice 98/70/ES o kvalitě paliv⁸, jak uvádí MPO (2019a). Často uváděným cílem těchto dokumentů je zvýšení podílu obnovitelných zdrojů, kdy se nejčastěji jedná o biopaliva, ale může jít také o podporu alternativních pohonů, například zemního plynu nebo elektrické energie. Produkce biopaliv, a s ní spojené vlivy na životní prostředí, jsou však často velmi diskutabilní, pokud nejsou vyráběna udržitelným způsobem, a nejsou využívány lokální suroviny (Smil, 2013). Podle MPO (2019b) jejich podíl, například v případě nafty, klesá, zejména kvůli provozním problémům, spojeným s užíváním vysokoprocentní nafty. I to je důvodem, proč podíl obnovitelných zdrojů v dopravě dosáhl např. v Česku v roce 2019, jen zhruba 8 %,

⁶ Cílem je snížení závislosti na ropě v EU, přesun poloviny objemu nákladní silniční dopravy na železniční a vodní dopravu nebo snížení emisí skleníkových plynů v dopravě o 60 %, a to do roku 2050 (EC, 2020).

⁷ Jejím cílem je dosažení 10% podílu energie z obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě energie v dopravě do roku 2020.

⁸ Její revize proběhla v roce 2009. Na jejím základě musí dodavatelé pohonných hmot, zajistit postupné snižování emisí skleníkových plynů (v celém jejich životním cyklu), o 6 % do roku 2020 (MPO, 2015).

přestože stanovený cíl pro rok 2020 činil 10 % (MPO, 2019b; Cenia, 2021). Navzdory tomu by se podíl obnovitelných zdrojů do roku 2030 měl dále zvyšovat, jak uvádějí strategické dokumenty jednotlivých zemí (ME, 2018; MHSR, 2019b; MIT, 2019; MPO, MŽP, MD, 2019), což je ostatně dáno závazkem stanoveným EU.

Vliv dopravy na životní prostředí se uskutečňuje nejen prostřednictvím primárních znečišťujících látek (oxidu uhličitého, oxidů dusíku, oxidů síry nebo frakcemi, zejména jemných prachových částic, o různých velikostech), nýbrž i sekundárních, mezi kterými lze uvést zejména troposférický ozon jež sice nemá významnější vliv na zdraví lidí, ale poškozují listové plochy a chlorofyl rostlin (MPO, 2019a; Cenia (2021)). Navzdory tomu, že existuje celá řada znečišťujících látek a s tím souvisejících dopadů na životní prostředí, koncepční a strategické dokumenty se často dominantně zabývají snižováním emisí skleníkových plynů, zejména CO₂. Mezi nejzásadnější opatření, jež povede k naplnění stanoveného cíle, je vymezování emisních požadavků dle současného nařízení Evropského parlamentu a rady 2019/631/EU. Podle něj do roku 2015 platil průměrný emisní požadavek pro nově registrovaná osobní vozidla 130 g CO₂/km, jež se od roku 2020 snížil na 95 g CO₂/km, s postupným poklesem na 59 g CO₂/km v roce 2030 (EU, 2019). Výsledkem toho je velká motivace výrobců automobilů, zařazovat do výroby nové modely s nízkými emisemi, za které jim jinak hrozí velmi vysoké pokuty⁹, jak uvádí MPO (2015). Toto opatření však nesdílí země, výrazně orientované na automobilový průmysl, což je případ Česka a Slovenska, jelikož má významný podíl na tvorbě jejich HDP. Důvodem mohou být také obavy z případného neúspěchu, zejména elektromobility, jelikož do ní výrobci automobilů investují značné objemy finančních prostředků.

Nyní si konkrétněji, avšak velmi stručně, představíme jednotlivé znečišťující látky, a jejich konkrétní dopady na příkladu Česka. Podle MPO (2019a) byla silniční doprava v Česku v roce 2018 zodpovědná za 35,2 % celkových emisí oxidů dusíku, 6,1 % emisí těkavých organických látek, 8,7 % primárních částic¹⁰ PM₁₀, 12,4 % primárních částic PM_{2,5} a 7 % emisí benzo(a)pyrenu¹¹, spadajícím do tzv. polycyklických aromatických uhlovodíků. Přitom právě u benzo(a)pyrenu dochází k překračování emisních norem nejčastěji, a vliv dopravy je zde mnohem výraznější – podle Cenie (2021) došlo za období 2000–2019 k nárůstu jeho objemu z dopravy o 120 %. Primární částice, resp. tuhé látky (PM) jsou svým vlivem na zdraví lidí velmi závažné, protože čím je jejich průměr menší, tím hlouběji

⁹ Podle EU (2019) se použije vzorec, který lze interpretovat následovně: průměrný počet gramů, o který bude překročen stanovený limit, násobený 95 €, a to celé vynásobené počtem nově registrovaných vozidel.

¹⁰ Jedná se o částice vznikající především nedokonalým spalováním ropy a ropných produktů, či obecněji fosilních paliv, s průměrem pod 10 μm nebo 2,5 μm. Částice větší než 10 μm naopak pocházejí převážně z přírodních zdrojů (MHSR, 2013).

¹¹ Jedná se o sloučeninu, vznikající nedokonalým spalováním fosilních paliv, která je však velmi karcinogenní, mutagenní a toxická. Jejím hlavním zdrojem jsou lokální topeniště, a proto má výrazný roční chod (i v závislosti na rozptylových podmínkách), kdy nejnižší koncentrace jsou od dubna do září (Brzezina, 2018). Pokud zahrneme také emise z automobilů, dojde k synergickému, a tedy výraznějšímu dopadu nejen na zdraví člověka, nýbrž i volně žijících živočichů. K účinkům navíc přispívá schopnost přemísťovat se na velké vzdálenosti.

se dostávají do dýchacího ústrojí. Zde se buď zachytí, a váží na sebe další látky (výsledkem může být i vznik různě velkých zhoubných novotvarů) či se dostávají do krevního oběhu. Jak vyplývá z dat Cenie (2021), v případě emisí NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} a těkavých organických látek došlo v období 2000–2019 k jejich výraznému poklesu¹², a to díky technologickým inovacím a přísným emisním normám EURO. Podobného poklesu se však nepodařilo dosáhnout u skleníkových plynů – oxidu uhličitého (za období 2000–2019 nárůst o 68 %) a oxidu dusného, kdy za hlavní příčinu lze považovat kontinuální růst počtu automobilů, jak vyplývá z dat Cenie (2021). Hlavním důvodem, proč je doprava významným zdrojem oxidu dusného je skutečnost, podle níž množství emisí koreluje nejen s typem paliva, nýbrž i s jeho teplotou spalování. Ta je v případě mobilních zdrojů poměrně nízká, tedy na rozdíl od velkých stacionárních zdrojů. Oxidy dusíku a síry jsou také podstatnou složkou pro vznik tzv. kyselých dešťů, podílejících se na acidifikaci půd a vod. Oxid dusičitý je pak významným faktorem spolupodílejícím se na vzniku kardiovaskulárních nebo respiračních onemocnění.

Nejvýraznější dopady nejen produkovaných emisí, ale též produkovaného hluku, jsou v oblastech s vysokou hustotou zalidnění, hustou a velmi frekventovanou dopravní sítí. Tyto podmínky jsou splněny především ve městech, ale může se jednat také o menší sídla, pokud jsou ovlivněna intenzivní dopravou (MPO, MŽP, MD, 2019). Nadlimitním hlukem ze silniční dopravy bylo, podle EEA (2016) v roce 2012, zasaženo 90 milionů lidí žijících ve městech, což má negativní vliv na jejich zdraví a kvalitu života. Studie WHO (2009) například uvádí dopady na kvalitu spánku již při překročení intenzity hluku (v noci, venku) 42 dB, ale již hodnoty nad 50 dB mohou mít vliv na vysoký krevní tlak či srdeční selhání. Přitom podle studie provedené WHO (2012) bylo nadměrnému hluku (nad 55 dB), vystaveno v Česku, v důsledku silniční dopravy, 2,3 milionu lidí v aglomeracích a podél hlavních silničních tahů. V roce 2017, kdy proběhlo tzv. strategické hlukové mapování, se počet těchto lidí zvýšil na 2,5 milionu (1,5 milionu obyvatel v noci, kde je hlukový limit stanoven na 50 dB), zato klesl počet lidí vystavených vysoké úrovni hluku (nad 70 dB), a to o 19 %, jak uvádí Cenia (2021). Na Slovensku se v roce 2012 jednalo zhruba o 40 % obyvatel, což byl téměř dvojnásobek proti Česku. Zdrojem produkovaného hluku je nejen motor, běžící zejména v nižších rychlostech při časté akceleraci a deceleraci, nýbrž také vznikající tření mezi pneumatikami a silnicí, jehož intenzita koreluje s rychlostí, jak uvádí OECD (2020).

3.1.2.2. Shrnutí dopadů silniční dopravy v jednotlivých zemích

V této subkapitole, jak napovídá její název, budou shrnuty dopady silniční dopravy na životní prostředí, ve všech zemích skupiny V4. Zároveň budou představeny hlavní důvody, které tyto negativní vlivy způsobují a očekávaná řešení, která by mohla pomoci splnit závazky dané Evropskou unií pro snížení

¹² Konkrétněji, emise oxidů dusíku klesly o více než 29 %, množství primárních částic zhruba o 11 %, těkavé organické látky o více než 72 % nebo objemy oxidu uhelnatého o 80 %, jak uvádí Cenia (2021).

množství skleníkových plynů v tomto odvětví. Také bude nastíněn budoucí vývoj tohoto odvětví, na základě predikcí obsažených v národních strategických dokumentech.

Dopady dopravy na životní prostředí v Česku, jsou dány významným podílem tohoto sektoru na konečné spotřebě energie, na kterém se podle MPO (2019a) podílí 27 %. Přitom stále dochází k růstu této konečné spotřeby, přičemž v prognóze do roku 2040, očekává MPO (2019a) dosažení úrovně 31,6 %, a celkový nárůst přepravy osob o 38 % (ve srovnání s rokem 2005). Hlavním důvodem nárůstu konečné spotřeby, je zvyšování přepravních výkonů individuální automobilové dopravy (asi 56% podíl na konečné spotřebě energie v dopravě v roce 2017) a letecké dopravy. Na základě toho lze očekávat, že spolu s tím dochází i ke zvyšování objemů emisí skleníkových plynů ze silniční dopravy (oproti roku 1990 nárůst zhruba o 188 % – viz *graf 4* na str.25) a dalších znečišťujících látek, a to nejvíce ze všech odvětví. Toto je dáno velice významným podílem IAD na silniční dopravě, což vyústilo ve zvýšení jejího příspěvku na celkových emisích silniční dopravy ze 42 % v roce 1990, na 63 % v roce 2019. Na druhou stranu, celkové emise z IAD, v přepočtu na obyvatele, jsou srovnatelné s hodnotami váženého průměru Evropské unie. Příčinou rostoucích emisí je kontinuální růst přepravních výkonů nákladní (především tranzitní a vnitrostátní, jak poukazuje Cenia (2021)), osobní, a především individuální automobilové dopravy (viz *graf 5*), a s tím související zvyšování spotřeby energie¹³. Významný vliv má také přetrvávající závislost na fosilních palivech, protože podíl alternativních pohonů je zatím velice nízký (viz *graf 1* na straně 17 nebo *graf 7* na straně 28), což platí o všech analyzovaných zemích (viz dále). Svou roli hraje také poloha Česka, jakožto tranzitní země, propojující východní a západní Evropu. I přesto však MPO (2019a) počítá s dosažením maximální spotřeby ropy v dopravě v roce 2020, díky postupnému nahrazování fosilních paliv, automobily s alternativními pohony, což by mělo vést k postupné obnově vozového parku. Právě tento předpoklad by již, mimo jiné, neměl vést k výraznějšímu růstu přepravních výkonů IAD do roku 2030 (jak ukazuje *graf 5*), takže by se nemělo opakovat tempo růstu, jakého bylo dosahováno v minulosti.

Vliv dopravy na životní prostředí na Slovensku je významnější než v Česku, jelikož se podílí zhruba 30 % na konečné spotřebě energie, jak uvádí MHSR (2019a). Dopady tohoto sektoru jsou ještě patrnější, pokud porovnáme nárůst konečné spotřeby energie za období 2007–2017, který dosáhl 33 %, což je nejvíce ze všech odvětví. Dokladem může být též kontinuální růst celkových emisí z IAD na obyvatele, jenž se zvýšil více než dvojnásobně (viz *graf 3* na str. 24). Jako hlavní důvod, lze i na Slovensku označit silniční dopravu, jejíž výkony neustále rostou (viz *graf 5* na straně 26), kdy významnou zásluhu na tom má právě individuální automobilová doprava. Právě její podíl na silniční dopravě, vzrostl ze zhruba 32 % v roce 1990 na 58 %, jak dokládá *graf 4*. MHSR (2019a) uvádí mezi příčinami především rostoucí

¹³ Podle Cenie (2021b) a MPO (2019a) vzrostla spotřeba energie v dopravě, za období 2000–2019 o 75,6 %, přičemž osobní automobily se podílely, v roce 2018, 59,7 %. Tato energie pocházela z více než 95 % z fosilních zdrojů (bez započtení spotřeby elektrické energie v trakcích železnic a MHD).

počet osobních automobilů nebo, s podstatně menším vlivem, zvyšování přepravních výkonů nákladní dopravy, která je oproti jiným typům dopravy, stále preferována, pro svou rychlost či cenu. Silniční doprava se na emisích skleníkových plynů podílela v roce 2019 asi 19 %, a zároveň dosáhla největšího nárůstu emisí ze všech odvětví od roku 1990, a to zhruba o 170 % (viz *graf 4*). Podle projekce by se výkony individuální automobilové dopravy měly za období 2016 až 2030 zvýšit o 52 %, a spolu s tím by měly celkové emise dále růst. Vrcholu by mohly dosáhnout až kolem roku 2030, jak uvádí MHSR (2019a). Jedním z opatření je podpora biopaliv druhé generace¹⁴, jejichž podíl má v období 2025–2030 dosáhnout minimálně 0,75 %.

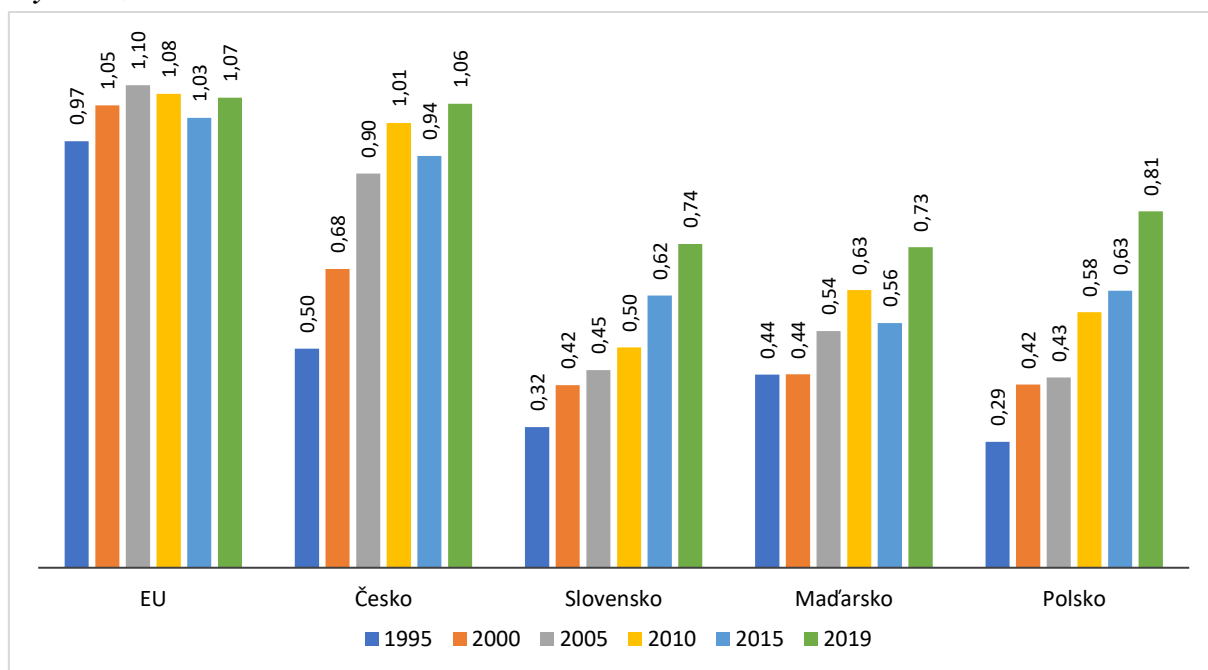
Sektor dopravy se v Polsku podílí na celkových emisích skleníkových plynů téměř 17 %, jak je patrné z *grafu 4*. Její rozmach od roku 1990, byl ze všech analyzovaných zemí nejvýraznější, což dokládá růst emisí o téměř 300 %. Dalším důkazem jsou celkové emise z IAD na obyvatele, které od roku 1990 narostly více než 2,8× (jak je patrné z *grafu 3*). Příčiny tohoto vzestupu lze nepochybně hledat v transformaci hospodářství z centrálně plánovaného, na tržní, a s tím související budování dopravní infrastruktury, růst HDP nebo nárůst přepravních výkonů silniční dopravy, a to nejen nákladní, nýbrž majoritně právě osobní automobilové dopravy (MAP, 2019). Právě vlivem IAD došlo k nárůstu celkových emisí ze silniční dopravy na celém sektoru dopravy (ze zhruba 90 % v roce 1990, na 98 %). Významný dopad odvětví dopravy na životní prostředí, je předmětem různých strategií a politik. Jedním z preferovaných opatření ke snížení množství emisí a obecně celkového počtu automobilů, má být podle ME (2018) podpora jejich sdílení či důraz na ekologicky šetrnější dopravu, tedy rozvoj veřejné dopravy, železniční dopravy nebo podpora cyklistiky. Pro větší města pak existují návrhy, které již mají oporu v zákoně, týkající se zavedení nízkoemisních zón s úplným zákazem vjezdu vozidel nesplňujících emisní normy. Popřípadě se na tato vozidla může vztahovat placení mýta při vjezdu do města nebo hustě zalidněných oblastí, uvádí MAP (2019). Realizace těchto opatření je dána do rukou samosprávných orgánů měst. Taktéž podpora rozvoje veřejné dopravy je jedním z nástrojů ke snížení celkových emisí skleníkových plynů z osobní dopravy, a železniční doprava pak má být preferována pro nákladní dopravu (MAP, 2019).

Ze všech zemí Visegrádské čtyřky má však, z hlediska celkových emisí, největší dopad sektor dopravy v Maďarsku, kde se podílí téměř 23 % (viz *graf 4*). Množství emisí se od roku 1990 zvýšilo o více než 140 %, přičemž za tímto nárůstem stojí zejména silniční doprava, jejíž podíl na emisích z dopravy se zvýšil ze zhruba 89 % na téměř 98 %. I díky tomu doprava v této zemi, v roce 2019, překonala sektor energetiky, a stala se největším znečišťovatelem. Přestože není nárůst IAD, z pohledu celkových emisí, natolik výrazný, jako v ostatních zemích, i tak je výrazně nad průměrem členských zemí EU, jak

¹⁴ Jedná se například o rostlinné zbytky při potravinářské výrobě, organický odpad, rostliny pěstované pro biomasu, jak uvádí MHSR (2019b). Nejde však o plodiny, které by mohly být využity jako potrava (např. kukuřice).

dokumentuje *graf 3*. Hlavní důvody lze spatřovat opět v nárůstu přepravních výkonů osobní i nákladní dopravy, zatímco v ostatních odvětvích se, v rámci konkurenceschopnosti, klade důraz na využívání moderních technologií (MIT, 2019). MIT (2019) očekává další nárůst emisí z dopravy minimálně do roku 2030, čímž bude upevňovat svoji pozici největšího znečišťovatele. Hlavní příčinou tohoto růstu má být zejména nákladní doprava (aktuálně se na emisích ze silniční dopravy podílí téměř 29 %), jejíž vzrůstající přepravní výkony, nedokáže dle predikce MIT (2019), pokrýt železniční ani lodní doprava. Naopak růst přepravních výkonů individuální automobilové dopravy, by měl do roku 2030 zpomalovat, jelikož je očekáván nárůst jen o 11 % (viz *graf 5*), přestože podobného tempa růstu bylo dosud dosahováno během tří let. MIT (2019) to vysvětluje postupným nasycením trhu osobních automobilů, respektive vyšším využíváním ostatních druhů dopravy.

Graf 3: Vážený průměr celkových emisí z individuální automobilové dopravy v ekvivalentu tun CO₂ na obyvatele za období 1995–2019

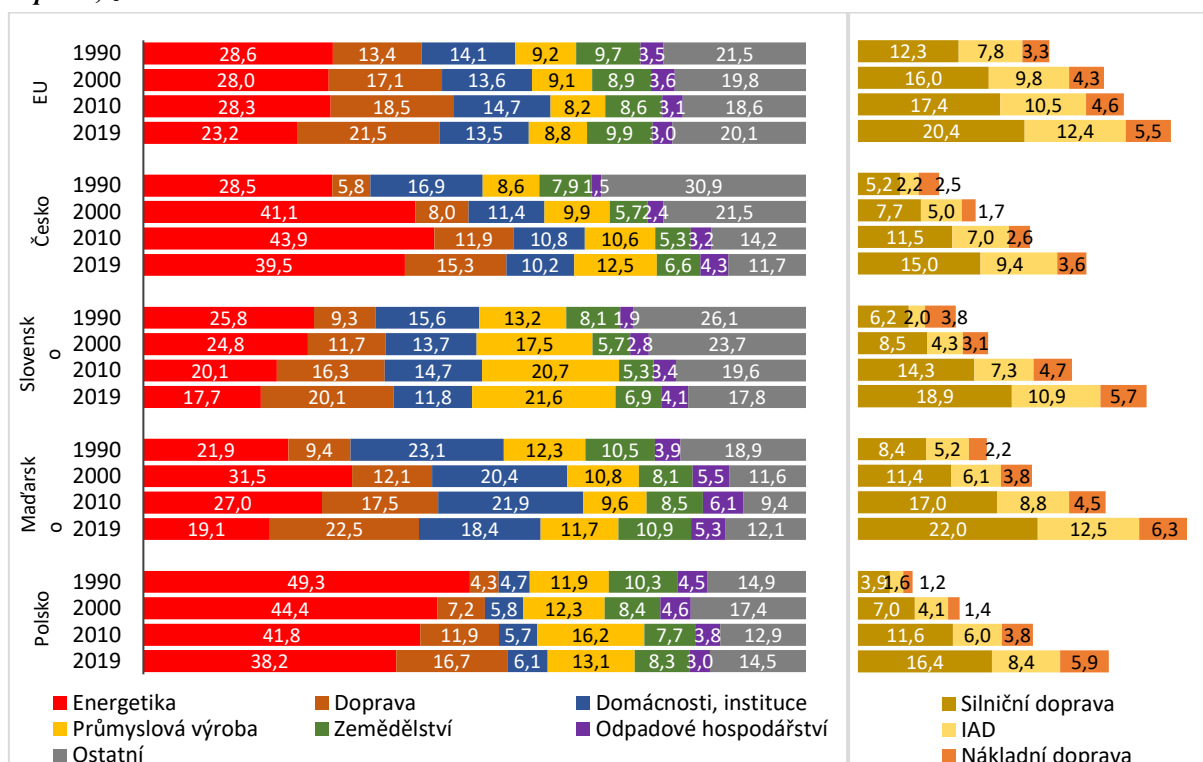


Poznámka: Jednotlivé údaje vyjadřují vážený průměr za předchozí roky, proto například rok 1995, je váženým průměrem období 1991–1995.

Zdroj: EEA (2021), vlastní zpracování

Mezi dalšími důvody, které vedou k dalšímu nárůstu IAD, přestože již ne tak výraznému jako v předchozích letech, lze uvést například zlepšující se dopravní dostupnost, budování silniční infrastruktury nebo zvyšování ekonomické úrovně, kdy pořízení osobního automobilu již nepředstavuje tak velkou finanční zátěž, jako tomu bylo v minulosti. Tou nejzásadnější příčinou, která v této souvislosti vedla ke zvyšování množství škodlivin i objemů emisí skleníkových plynů, je samozřejmě, již zmíněná, přetrvávající závislost na fosilních palivech, jelikož ropa je ve všech zemích, naprosto dominantním pohonem (viz *graf 6* na straně 27). Určitou výjimku představuje Polsko, jehož významná orientace na zemní plyn, je nejen v tomto regionu, nýbrž i v celé Evropské unii, poměrně unikátní, a to navzdory absenci přítomnosti významnějších nalezišť na jeho území.

Graf 4: Podíl celkových emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ v jednotlivých sektorech, a v silniční dopravě, za období 1990–2019



Poznámka: Kategorie ostatní zahrnuje například spalování v průmyslu nebo změny Land use a lesnictví. Nákladní doprava zahrnuje těžká nákladní vozidla (nad 3,5 tuny) a autobusy.

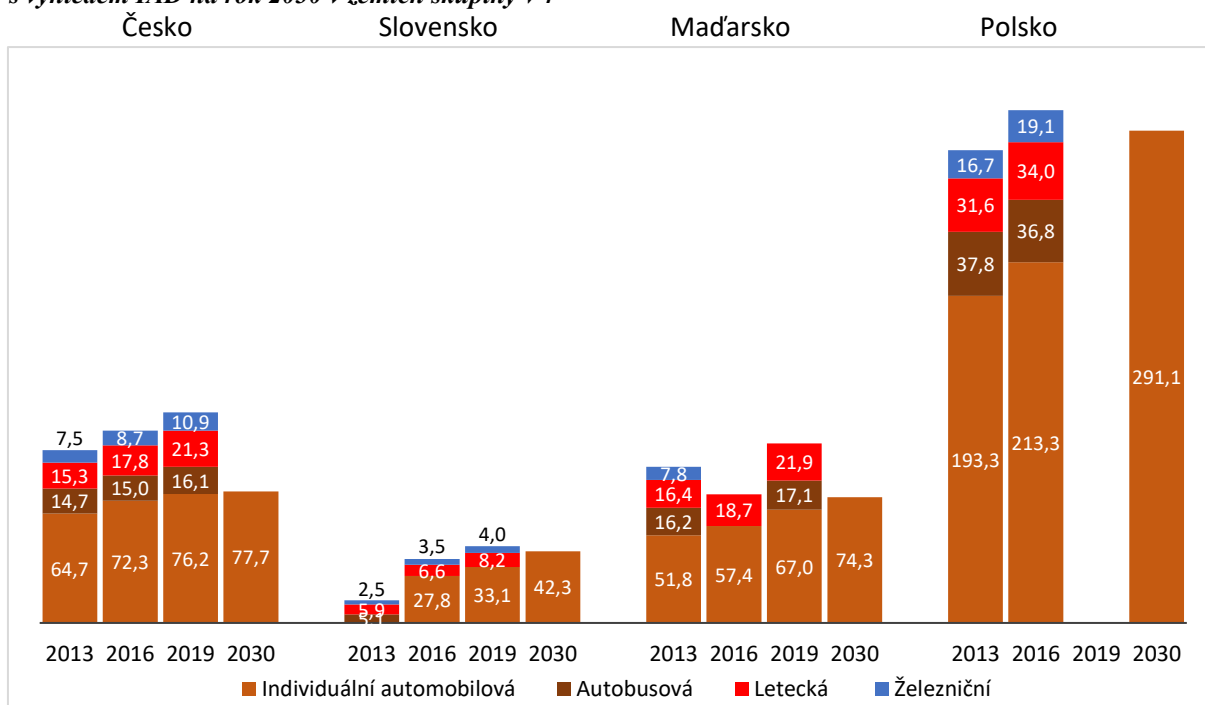
Zdroj: EEA (2021), vlastní zpracování

Jednou z metod, která umožňuje kvantifikovat dopady silniční dopravy na zdraví člověka, jsou externality¹⁵, jež byly v Česku za rok 2011 odhadnuty na 5,5 miliardy Kč, jak uvádí MPO (2015). Dle MHSR (2013) tyto náklady v EU (včetně Norska a Švýcarska) před rokem 2004, dosahovaly hodnoty 650 miliard € (cca 7,3 % HDP) ročně, avšak se zahrnutím všech sektorů hospodářství. Novější údaj EC (2020) odhaduje výši nepřímých nákladů z dopravy na 388 miliard € ročně. Na Slovensku se celkové externality odhadují na 3 až 5,5 % HDP, kdy silniční doprava má na tomto podílu, významný příspěvek (MHSR, 2013). Pro výši těchto nepřímých nákladů, splňuje Slovensko většinu předpokladů, jelikož se vyznačuje členitým reliéfem, jde o vnitrozemský stát, má poměrně vysokou hustotu zalidnění, hraje zde významnou roli průmysl a také silniční doprava. Cílem EU proto je, zahrnout tyto externality do provozních nákladů jednotlivých druhů dopravy formou platby za emise nebo zavedením speciálních daní (EC, 2020). Právě jejich zahrnutí se považuje za jednu z metod, která by v blízké budoucnosti, měla pomoci zvýšit konkurenceschopnost alternativních pohonů. Podle Gies (2017) by zvýšení cen za vypouštění CO₂, bylo dostatečnou motivací pro urychlení transformace na nízkouhlíkovou

¹⁵ Lze je jednoduše definovat jako nepřímé či skryté náklady, které v tomto případě vznikají, v souvislosti se silniční dopravou, ale nejsou do jejich nákladů započítány. Podle Gies (2017) se jedná o příklad selhání trhu, kdy cena neodráží reálné náklady, odrážející dopady na společnost nebo životní prostředí. Proto tyto náklady hradí někdo jiný, nejčastěji stát, a to například prostřednictvím výdajů v oblasti zdravotnictví. Potíž podle Gies (2017) spočívá v tom, že o dopadech emisí skleníkových plynů, například na změnu klimatu, se neuvažuje komplexně.

ekonomiku, avšak zavádění speciálních daní považuje za politicky velmi nepopulární, a tudíž neprůchozí opatření.

Graf 5: Výkony osobní dopravy podle vybraných druhů přepravy v mld. osbkkm za období 2013–2019 s výhledem IAD na rok 2030 v zemích skupiny V4

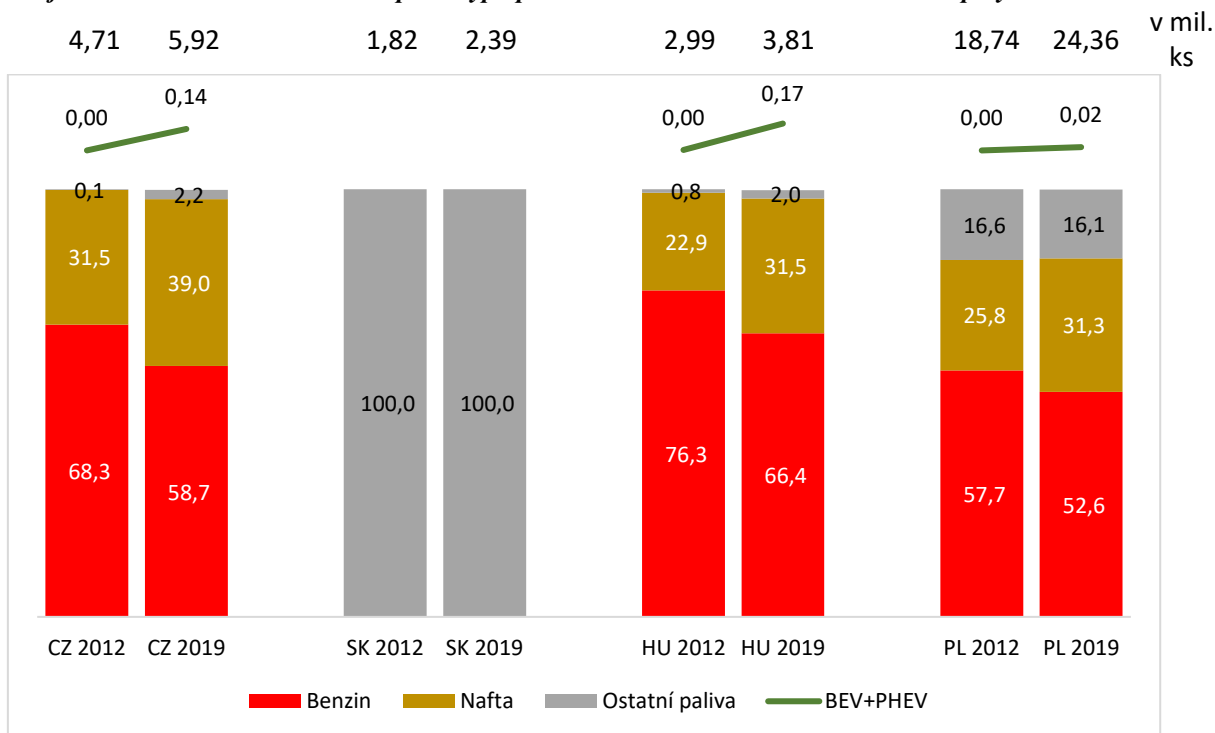


Poznámka: Statistika jednotlivých zemí je značně nekompletní. Údaje pro Slovensko nezahrnují IAD (2013) a autobusovou dopravu (2016 a 2019). Databáze Eurostatu navíc data pro IAD na Slovensku ani neobsahuje, tudíž jsou data převzata z MHSR (2019a). Hodnoty pro Polsko nejsou po roce 2016 k dispozici. Údaje pro Maďarsko neobsahují údaje za autobusovou (2016) a železniční dopravu (2016 a 2019). Z důvodu značných rozdílů v metodice sledování osobokilometrů, jsou z národních dokumentů, pro predikci v roce 2030, převzata data pouze o IAD.

Zdroj: Eurostat (2021), ITM (2019), MI (2019), MHSR (2019a), MPO (2019a), vlastní zpracování

Existují i další problémy, které však nejsou způsobené přímo vlivem konvenčních automobilů. Mezi těmi lze uvést rostoucí přetížení existující silniční infrastruktury, a to zejména ve městech, či budování nové infrastruktury, způsobující např. zábor zemědělských půd. Výstavba liniových staveb typu silnic, v krajině však působí také jako bariéra, což má negativní dopad především na migraci šelem a velkých savců (kvůli větší rozloze jejich teritorií), avšak jejím pozitivem je např. snižování dopravní zátěže v sídlech, a tedy i snižování hlukové a emisní zátěže (Cenia, 2021). Dalším problémem jsou například zvyšující se nároky na množství parkovacích míst, jež elektromobilita nemůže nijak vyřešit. V této oblasti může pomoci např. změna chování obyvatelstva, které zváží nezbytnost každé své jízdy, ale také sdílení automobilů, a jejich využití větším množstvím uživatelů. Jistým řešením je také již zmíněná možnost využívat ostatní druhy dopravy, jako je veřejná či železniční doprava, anebo podpora cyklistiky.

Graf 6: Podíl osobních automobilů podle typu paliva v letech 2012 a 2019 v zemích skupiny V4 v %



Poznámka: Pro Slovensko nejsou k dispozici jednotlivé údaje, proto má položka ostatní paliva 100 %. Ostatní paliva zahrnují také alternativní pohony, jako LPG či CNG.

Zdroj: Eurostat (2021), vlastní zpracování

3.2. Elektromobilita

3.2.1. Analýza aktuálního stavu a příklady fungující praxe

Celosvětově byl rok 2020 pro elektromobilitu poměrně úspěšný, protože se prodaly zhruba 3 miliony automobilů s elektrickým pohonem¹⁶ (s podílem 4,6 % na celkovém počtu prodaných), a to navzdory tomu, že prodej všech automobilů klesl asi o 16 %, ve srovnání s rokem předchozím. Podle IEA (2021b) je v provozu okolo 10 milionu BEV a PHEV¹⁷, které mají k dispozici asi 1,3 milionu veřejných dobíjecích bodů, kdy asi třetina disponuje „rychlým nabíjením“. Zajímavý je také odhadovaný objem subvencí na podporu jejich prodeje, který dosáhl okolo 14 miliard \$. Také rok 2021 směřuje podle dat IEA (2021b) k dalšímu růstu jejich počtu, jelikož jen za 1. čtvrtletí se prodalo o 140 % elektrických automobilů více než v 1. čtvrtletí loňského roku. Pro úplnost, elektrický pohon v roce 2018, na základě dat BP (2021), zaostával za všemi alternativními palivy, přičemž jeho podíl na všech palivech v odvětví dopravy činil přibližně 1 %, jak bylo uvedeno v *grafu 2* na straně 19.

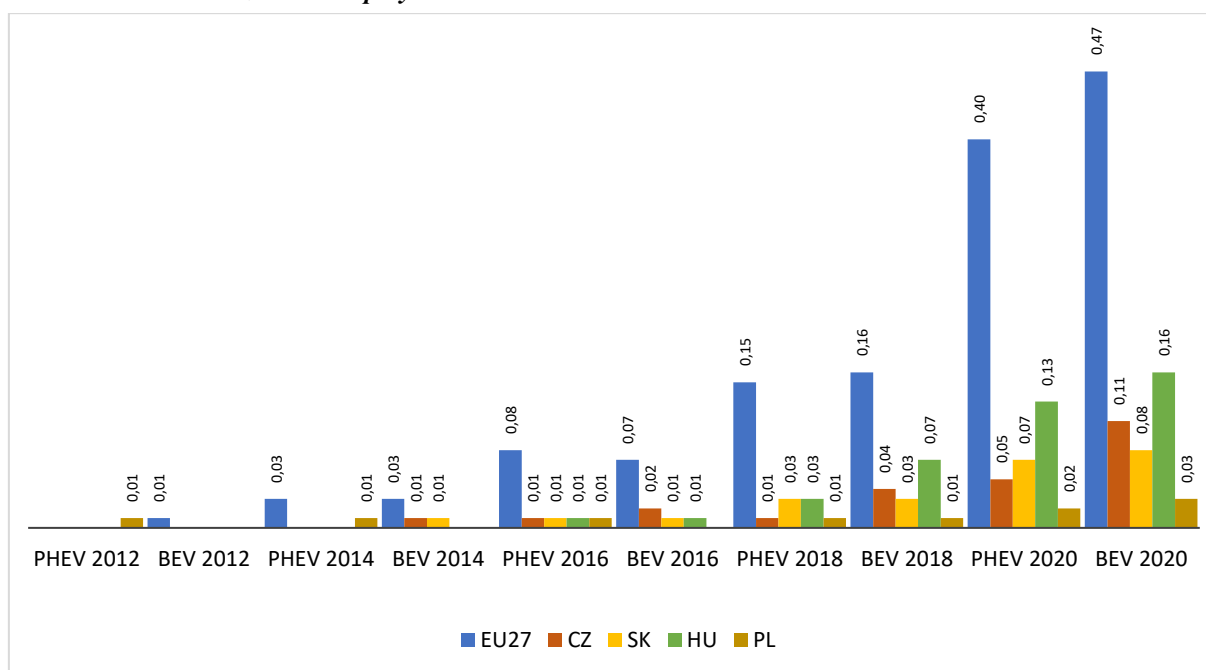
¹⁶ Poprvé se téměř z poloviny podílela Evropa, Čína 1,2 miliony a USA zhruba 0,3 miliony (IEA, 2021b).

¹⁷ Z tohoto počtu je téměř polovina provozována v Číně, zhruba 1/3 v Evropě, a asi 1/6 v USA, jak uvádí IEA (2021b).

Celkové množství je ze 2/3 ve prospěch BEV, a to nejvíce v Číně, což naznačuje, že uvedený poměr je v Evropě a USA nižší.

Analyzovat přesné počty jednotlivých alternativních pohonů je poměrně obtížné, jelikož v Evropské unii neexistuje jednotná metodika, a tedy ani statistika jejich sledování. Ta se proto v jednotlivých členských zemích liší, zejména u hybridních a plug-in hybridních elektrických vozidel. Nejpřesnějšími a nejucelenějšími daty disponuje EAFO (2021b), podle jejichž dat bylo v roce 2020¹⁸ nově registrováno 514 tisíc PHEV a 527 tisíc BEV, s přibližným podílem 5,2 %, respektive 5,3 % na celkovém počtu nově registrovaných osobních automobilů. Celkový počet automobilů v EU přitom podle EAFO (2021b) činí přes 249 milionů. Největšího podílu nově registrovaných BEV, na celkovém počtu osobních automobilů, z nečlenských zemí EU, dosahuje: Norsko (52 %), a dále Island (26 %) nebo Švýcarsko (8 %). Z členských zemí pak Nizozemí (20 %) nebo Švédsko (okolo 9 %). Celkové absolutní počty BEV jsou podle EAFO (2021b) nejvyšší v Norsku (320 tisíc), Německu (308 tisíc), Francii (277 tisíc), Velké Británii (207 tisíc). V Evropské unii je celkově registrováno 1,125 milionu BEV a 968 tisíc PHEV. Situaci v zemích skupiny V4 přibližuje následující *graf 7*, přičemž nejvyššího podílu elektrických automobilů se podařilo dosáhnout v Maďarsku a Česku. Přesto je však situace v těchto dvou zemích, z hlediska porovnání s EU, silně podprůměrná.

Graf 7: Podíl alternativních paliv (PHEV a BEV) na celkovém počtu osobních automobilů v období 2012–2020 v EU27 a zemích skupiny V4



Zdroj: EAFO (2021b), vlastní zpracování

Mezi hlavními důvody nízkého podílu BEV a PHEV v Česku, lze podle MPO, MŽP, MD (2019) řadit dosud neexistující přímou podporu pro nákup těchto vozidel, či dosud nerealizované formy nepřímé podpory. Podle EAFO (2021a) je pro tato vozidla v Česku dosud realizována pouze úleva na silniční dani, a v Polsku je, počínaje rokem 2021, v platnosti úleva na DPH při koupi BEV. Na Slovensku

¹⁸ Pro srovnání, v roce 2019 bylo registrováno 140 tisíc PHEV a 247 tisíc BEV, což představuje přibližný podíl 1,1 %, respektive 1,9 % na celkovém počtu osobních automobilů.

se od roku 2018 vyplácí přímá subvence ve výši 5 000 € pro BEV respektive 3 000 € pro PHEV, jak uvádí MHSR (2019b), a také jsou v platnosti slevy na parkovném v určitých městech. V Maďarsku lze v současné době využít úlevy na registrační dani, dani z vlastnictví vozidla či dani ze služebních vozidel, jak uvádí EAFO (2021a). Mezi dalšími pobídkami lze uvést např. výhody spojené s parkováním.

Jako typický příklad fungující praxe v oblasti elektromobility v Evropě, lze zcela jednoznačně uvést Norsko. Právě tato země je v současné době lídrem v tomto odvětví, když v roce 2020 dosáhl počet nových registrací automobilů, čistě na elektrický pohon, 73 tisíc, což představuje v celkovém počtu 51,6% podíl (EAFO, 2021b). Celkový podíl elektrických automobilů tím dosáhl 11,14 %¹⁹. Jak uvádí Figenbaum a kol. (2015), tento úspěch má kořeny již v 70. letech 20. století, kdy se začaly objevovat první prototypy, vyráběné soukromými společnostmi. Navzdory snahám vlády, nabízející různé subvence²⁰, se vyšších prodejů elektrických automobilů podařilo dosáhnout až v roce 2010. Důvodem je, že spolu s tím musí být na trhu i dostatečně atraktivní nabídka vozidel, která zaujme potenciální zákazníky. Dalšími překážkami, majícími významný vliv na rozhodování o pořízení takového automobilu je zejména dojezdová vzdálenost, čas potřebný k dobití a počet dobíjecích stanic (Wenbo a kol., 2017). Ostatní technické faktory, jako maximální rychlost, kapacita baterie, údržba, zavazadlový prostor, celkové jízdní vlastnosti a hluk, spatřují autoři rovněž jako důležité, avšak v menší míře. Jako další faktory lze uvést již uvedené vládní pobídky, kdy nejčastěji se jedná o přímé finanční pobídky, úlevy na daních nebo bezplatné parkování, psychologické faktory (např. praktické zkušenosti s řízením elektromobilu, vliv blízkého okolí, postoje k elektromobilitě a s tím související emoce (pokud jsou pozitivní, tito lidé snáze přijímají tyto typy vozidel) či postoje okolí), demografické faktory zahrnující individuální proměnné (např. věk, pohlaví, vzdělání, příjmy, bydliště) a rodinné proměnné (např. vlastnictví automobilu v rodině, počet řidičských průkazů nebo počet členů domácnosti), jak uvádí Wenbo a kol. (2017). Z počátku si pořizují tato vozidla, mladší lidé pracující v technických profesích nebo lidé s vyššími příjmy, kteří možná trochu překvapivě, jezdí pravidelně delší vzdálenosti. Tyto závěry potvrzuje rovněž výzkum společnosti Deloitte (2020), provedený ve Velké Británii.

Na druhou stranu je nutné uvést, že za úspěchem elektromobility v Norsku stojí především politická rozhodnutí z minulosti, a proto jej musíme brát se značnou rezervou. Učiněná rozhodnutí totiž výrazně zdražila pořízení a provoz automobilu se spalovacím motorem. Jako příklad uvádí Savage (2020) automobil Volkswagen Golf, jehož základní cena činí 26 000 \$. Prodejní cena však činí 37 200 \$, a to po připočtení daně z přidané hodnoty, emisní daně, silniční daně a různých dalších poplatků. Elektrická verze modelu automobilu, proto dle Savage (2020) vychází přibližně o 1 000 \$ levněji. K tomu je nutné

¹⁹ K dokreslení velmi silné pozice Norska je vhodné dodat, že další v pořadí je Nizozemí a Island s podílem okolo 2 %.

²⁰ Konkrétně se jednalo o osvobození od silničního mýta, úlevy na daních souvisejících s pořízením a vlastnictvím vozidla nebo možnost využívat jízdní pruhy pro autobusovou dopravu. Napříč regiony mají právě tyto pobídky největší vliv na zvýšenou poptávku, a uživatelé je hodnotí velmi pozitivně, jak uvádí Figenbaum a kol. (2015).

připočíst i další náklady na provoz, jako je např. silniční mýto nebo poplatky spojené s parkováním, které majitelé těchto vozidel, až do roku 2017, nehradily vůbec, přičemž od roku 2017 je jejich výše stanovena maximálně na 50 % ze standardní ceny. Podle názoru Savage (2020) se pořízení nového automobilu se spalovacím motorem v Norsku příliš nevyplatí, a proto jsou mnozí spotřebitelé nuceni se rozhodnout mezi nákupem elektromobilu nebo ojetého automobilu se spalovacím motorem.

Mezi dalšími příklady fungující praxe lze zmínit Káthmándú v Nepálu. Hlavním impulsem k elektrifikaci dopravy byla geografická poloha tohoto města a jeho okolí, které se nachází v údolí pod vysokými vrcholy, což má, mimo jiné, vliv na omezené větrné proudění (Budhathoki, 2019). Tato situace se zhoršuje v zimním období, během něhož zde dochází k častým, a velmi dlouhým teplotním inverzním, a bezsrážkovým periodám. Výsledkem této situace je koncentrace škodlivin, ve formě jemných prachových částic $PM_{2,5}$ v ovzduší²¹, protože chladný vzduch stékající z okolních vrcholů je „uzavřen“ pod vrstvou teplejšího vzduchu (Budhathoki, 2019). Právě kombinace automobilové, a především motocyklové dopravy²², spolu s geografickou polohou města, je příčinou úmrtí až 35 tisíc lidí ročně, a více než 10 % obyvatel se potýká s chronickým onemocněním plic, jak uvádí Awale (2019). Cílem národních dokumentů v oblasti elektromobility proto je, podporovat výhradně nákup elektrických vozidel, kterých bylo v roce 2018 registrováno asi 45 tisíc (asi 10% podíl na celkovém počtu), včetně elektrifikace 20 % prostředků veřejné dopravy, do roku 2020. Tato podpora se odehrává pomocí vysokého zdanění benzínu a nafty, která je o 261 % vyšší než maloobchodní cena, nebo osvobozením od placení silniční daně, jak uvádí Awale (2019). Samosprávy v údolí Káthmándú si kladou za cíl, dosáhnout do roku 2030, 100% podílu elektrických vozidel (automobilů i motocyklů) na celkových prodejkách.

Mnoho studií i strategických dokumentů jednotlivých zemí, považuje za klíčové, vybudovat dostatečně rozsáhlou nabíjecí infrastrukturu – cílový stav by podle EEA (2016) měl být dosažen, pokud jedno veřejné nabíjecí místo bude k dispozici průměrně pro 10 elektrických vozidel. V roce 2020 bylo podle EAFO (2021b) provozováno více než 66 tisíc veřejných nabíjecích bodů v Nizozemí, 46 tisíc ve Francii, 44,5 tisíce v Německu, 33 tisíc ve Velké Británii a okolo 18 tisíc v Norsku. Rozšiřování nabíjecí infrastruktury se, jak z uvedených údajů vyplývá, poměrně daří. Nejvíce například ve Švédsku, kde došlo k meziročnímu nárůstu o 105 %, v Rakousku (86 %) ve Francii (55 %) nebo v Norsku a Nizozemí se shodným nárůstem zhruba o 32 %. Podle dat EAFO (2021b) je situace z hlediska, počtu BEV na počet veřejných nabíjecích bodů, nejméně uspokojivá v Norsku, kde na 1 dobíjecí bod připadá

²¹ Průměrné roční koncentrace se pohybují okolo $40 \mu m^3$, přitom limity WHO jsou stanoveny na $10 \mu m^3$. 24hodinové koncentrace jsou stanoveny na $25 \mu m^3$, přitom některé dny, jsou tyto koncentrace překročeny téměř 6násobně, jak uvádí Budhathoki (2019).

²² V údolí Káthmándú je podle Awale (2019) registrováno přibližně 750 tisíc motocyklů, přitom zde žije okolo 1 milionu obyvatel.

průměrně 17,5 BEV. Kritičtěji se pak situace jeví i při započtení PHEV, kdy na 1 dobíjecí bod připadá již 25 BEV a PHEV. Podobně neuspokojivá je situace také ve Švédsku (18,4), Německu a Velké Británii (shodně 13,4). Zdaleka nejpříznivěji se počet dobíjecích bodů, jeví v Nizozemí (4,4), a rovněž i ve všech analyzovaných zemích skupiny V4, kde na 1 BEV a PHEV připadá v průměru max. 8,3 veřejných dobíjecích bodů. Samozřejmě je nutné vzít v úvahu i další geografické, ekonomické či technické aspekty, jako je například jejich poloha (koncentrace v rezidenčních či komerčních zónách apod.), celkový počet v jednotlivých obcích (na počet PHEV a BEV), rychlost nabíjení (vyšší rychlost, znamená více potenciálních uživatelů), cena za kWh atd. Budování nabíjecí infrastruktury bude nepochybně velkou výzvou i v budoucnu, protože vyžaduje znalost aktuálního rozložení dobíjecích bodů a s tím úzce souvisejícího geografického rozložení i pohybu elektrických automobilů, dále dopad na energetickou infrastrukturu či realizaci jednotného systému plateb tak, aby byla spravedlivá i pro majitele starších modelů elektromobilů, jejichž baterie jsou různého stáří a stupně opotřebení, jak uvádí Xiaoli a kol. (2020).

3.2.2. Cíle a budoucí vývoj podle národních strategických dokumentů

Celosvětově se do roku 2030 může počet BEV a PHEV zvýšit na 140 milionů (asi 8% podíl na celkovém počtu) a 16,3 milionu veřejných nabíjecích bodů (z toho 2,3 mil. podporujících „rychlé dobíjení“), a to za předpokladu, že se vezmou v úvahu pouze cíle existujících státních politik (scénář 1), tedy pokud vezmeme v úvahu predikci podle IEA (2021b). Podobně predikuje rozvoj elektromobility také společnost Deloitte (2020), podle níž by se v roce 2025 mělo prodávat 11,2 milionů elektrických vozidel ročně, a do roku 2030 dokonce 31,1 milionů (BEV 25,3 milionu a PHEV 5,8 milionu). V daleko optimističtější scénáři 2, uvažujícím udržitelný vývoj²³, může jejich absolutní počet dosáhnout dokonce až na 220 milionů (15% podíl na celkovém počtu) a 40 milionů veřejných nabíjecích bodů (z toho 4 mil. s „rychlým dobíjením“), jak uvádí IEA (2021b). Cílem politik 20 zemí, v oblasti rozvoje alternativních paliv, je stanovení cílů jejich podílu či úplný zákaz konvenčních vozidel se spalovacím motorem. IEA (2021b) na základě analýzy strategických dokumentů jednotlivých zemí, uvádí mezi státy, jejichž cílem je dosažení 100% podílu nízkoemisních vozidel na celkových prodejkách: Norsko (do roku 2025), Island, Irsko, Nizozemí, Švédsko, Singapur, Slovinsko (do roku 2030), Velká Británie (do roku 2035, avšak 100% podílu elektrických vozidel chce dosáhnout již v roce 2030 – stejně jako Čína a Japonsko v roce 2035), Španělsko, Portugalsko, Kanada, Francie (do roku 2040) a např. Německo až v roce 2050. Důvodem těchto cílů, je závazek nulových emisí do roku 2045 (Švédsko), respektive do roku 2050 (Evropská unie, Norsko, Kanada, Jižní Korea, Velká Británie nebo Nový Zéland. Mimo

²³ Scénář počítá se zásadní redukcí emisí a znečišťujících látek ze silniční dopravy, a se splněním cílů daných Pařížskou dohodou o změně klimatu, uvádí IEA (2021b).

jiné, i na základě těchto opatření, má podle predikce Deloitte (2020) dosáhnout celosvětový prodej vozidel se spalovacím motorem svého maxima v roce 2025, a to na úrovni 81,7 milionů²⁴.

Evropská unie počítá do roku 2050, podle EC (2020), se splněním závazku pro dosažení redukce 90 % emisí z provozu silniční dopravy, a do roku 2030 pak s provozem alespoň 30 milionů bezemisních vozidel, a třemi miliony veřejných dobíjecích bodů. Jednak si EU uvědomuje vlivy dopravy na životní prostředí a zdraví lidí, a další hnací silou je zvýšení energetické bezpečnosti, a to díky snížení závislosti na dodavateli ropy. Hlavními nástroji, které k dosažení vytyčeného cíle povedou, jsou: podpora alternativních pohonů s nulovými emisemi, podpora udržitelných způsobů dopravy (železniční či veřejná doprava, cyklistika atd. – všechny však musí být snadno dostupné množstvím i cenou, a také rychlostí), změnou chování obyvatelstva a osvojením pravidla v oblasti externalit, kdy „znečišťovatel platí“, jak uvádí EC (2020). Pro dosažení udržitelnosti dopravy, a celkové snížení spotřeby energií, je také cílem podpora intermodální a multimodální dopravy²⁵. Celkové investice (veřejné i soukromé) do vozidel vč. lodí či letadel, obnovitelných zdrojů a nízkoemisních paliv, jsou odhadovány na 130 miliard € ročně. Další investice, zhruba v objemu 100 miliard € ročně, jsou pak nutné k dosažení této transformace (např. digitální infrastruktura), jak uvádí EC (2020).

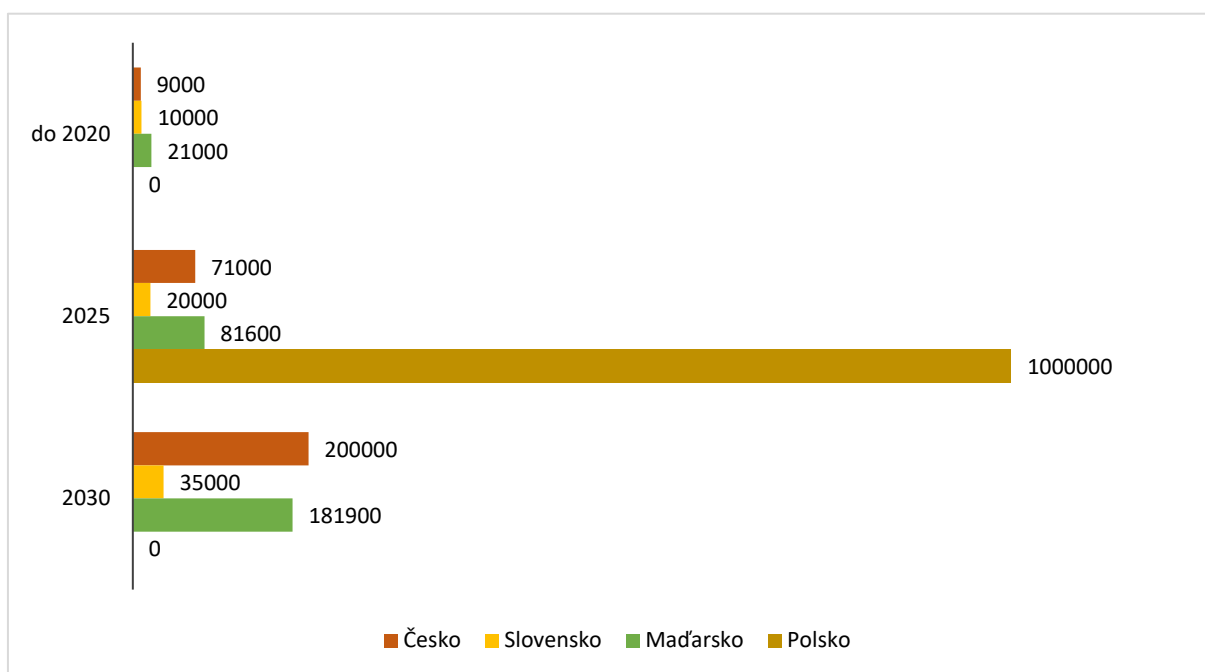
Na základě stanoveného cíle v oblasti emisí z dopravy, směřuje Česko do roku 2030, podle MPO, MŽP, MD (2019), k dosažení 14% podílu OZE na konečné spotřebě v dopravě. Tohoto podílu má být dosaženo např. podporou potravinářských biopaliv (7 %), biopaliv druhé generace (4,5 %), s nízkým podílem elektřiny (0,8 %). Do konce roku 2020 pak dokument předpokládal, že se na silnicích bude pohybovat 9 tisíc BEV a PHEV (viz *graf 8*), přičemž tento počet byl dle EAFO (2021b) o 835 ks překonán. V oblasti dobíjecí infrastruktury, bylo cílem dosáhnout 1 300 veřejných dobíjecích bodů (MPO, 2015), přičemž realizováno jich bylo méně, podle EAFO (2021b), 1 200. Pokrytí dobíjecích infrastrukturou by se dle návrhu MPO (2015), mělo primárně realizovat podél hlavních dopravních tahů, významných měst a regionálních center, a dále podporovat jejich budování na parkovištích (např. obchodních a zábavních center, veřejných stání v turisticky atraktivních lokalitách či na záchytných parkovištích apod.). Na těchto veřejných místech však MPO (2015) předpokládá dobíjení pouze v 15 % případů, jelikož se dobíjení předpokládá především v domácnostech (až 80 % případů) či ve firmách. V období do roku 2025 je pak předpoklad rozvoje veřejné nabíjecí sítě také v menších městech, a dosažení 6,2 tisíce, respektive 19 tisíc bodů pro dobíjení v roce 2030. Mezi opatření, která by měla podpořit rozvoj elektromobility, řadí akční plán (MPO, MŽP, MD, 2019) přímé pobídky

²⁴ Nejrychlejší pokles jejich tržního podílu ve prospěch BEV a PHEV, se očekává v Číně (téměř 48% podíl) a Evropské unii (42% podíl), zato v USA „jen“ 27% podíl. V roce 2030 očekává Deloitte (2020) rozdělení světového trhu elektrických vozidel následovně: Čína 49 %, Evropa 27 % a Spojené státy Americké 14 %.

²⁵ Intermodální přeprava znamená využívání několika druhů dopravy pro přepravu nákladů. Pokud je však větší část přepravy uskutečněna jedním druhem dopravy, jedná se o kombinovanou dopravu. Multimodální doprava je obecnějším pojmem, a znamená přepravu alespoň dvěma druhy dopravy.

k nákupu těchto vozidel do flotil komunálních nebo dopravních podniků, státní správy či samosprávy, daňové úlevy při pořízení podnikateli (ti se podílí až z 75 % na celkovém počtu nově pořízených osobních vozidel) či pobídky pro rozvoj dobíjecí infrastruktury. Mezi nefinanční pobídky pak zvýhodněné poplatky za parkování, osvobození od mýta (již realizováno), potenciální označení těchto vozidel speciálními poznávacími značkami, které by do budoucna umožnily např. bezplatný vjezd do nízkoemisních zón měst nebo vzdělávání odborné i laické veřejnosti. Elektromobilita by se podle MPO (2015) měla stát v dlouhodobém horizontu, kterým je míněno období po roce 2030, standardní technologií. Zároveň by měl pokrok v oblasti vodíkové technologie dosáhnout takového stavu, kdy se na trhu objeví první komerčně dostupné modely, a začne se budovat potřebná infrastruktura. Proto MPO, MŽP, MD (2019) považuje elektromobilitu pouze jako jeden z alternativních pohonů, který však na trhu nemusí dosáhnout majority, pokud se v budoucnu objeví konkurenceschopnější paliva. Jako jednu z priorit považuje MPO, MŽP, MD (2019), nastavení předvídatelného a stabilního regulatorního prostředí, a to zejména pro rozvoj potřebné infrastruktury soukromým sektorem.

Graf 8: Predikce vývoje alternativních pohonů (PHEV a BEV) v zemích skupiny V4 v období 2020–2030 v ks.



Poznámka: Plán rozvoje elektromobility v Polsku stanovuje pouze cíl na rok 2025. Maďarská a česká strategie rozvoje elektromobility uvádí 3 scénáře, přičemž v grafu je uveden „realistický“, respektive „střední“ scénář. Slovenská strategie rozvoje elektromobility obsahuje 2 scénáře, kdy do grafu byl zvolen „standardní“ scénář.

Zdroj: ITM (2019), ME (2018), MHSR (2019b), MPO, MŽP, MD (2019), vlastní zpracování

MHSR (2013); IEA (2021b) uvádí mezi nejčastějšími formami podpory:

- úlevy na daních či poplatcích spojených s pořízením nebo provozem automobilu, a to buď přímo nebo nepřímo (snížení daní a poplatků), což má vyústit v celkové snížení nákladů na pořízení (např. Norsko, Rakousko, Německo, Estonsko),
- možnost využívání jízdnic pruhů např. pro MHD či bezplatné parkování na veřejných parkovištích (příkladem Norsko, Kalifornie),

- možnost vjezdu do center měst, kde platí emisní zóny (příkladem Londýn, Stuttgart),
- vypisování veřejných zakázek státní správou nebo samosprávou na pořízení automobilů, které splňují určitá přísná kritéria (např. spotřebu, emisní limity), čímž dochází k podpoře BEV a slouží i k jejich propagaci veřejnosti.

Cílem rozvoje dopravy na Slovensku je dosažení 14% podílu OZE v dopravě do roku 2030. Strategie rozvoje elektromobility pak předpokládá, že náklady na vybudování dobíjecí infrastruktury nebudou závratně vysoké, jelikož neplánuje výstavbu ploch pro jejich umístění (MHSR, 2019b). Důvodem je, již existující rozsáhlá síť čerpacích stanic, odpočívadel či veřejných parkovišť v blízkosti nákupních středisek, které umožňují vybudování dobíjecích bodů, jak uvádí MHSR (2013). Další výhodou Slovenska je, koncentrace průmyslu, a tedy i automobilové dopravy, podél dvou významných dopravních tahů – dálnic D1 a rychlostní silnice R1. Díky tomu by vybudování dobíjecí infrastruktury s dostatečnou kapacitou, podél těchto dopravních tepen, či na parkovištích nákupních center, mohlo uspokojit poptávku většiny BEV. Do roku 2020 predikovala strategie (dle standardního scénáře) dosažení počtu 5 900 BEV a 4 100 plug-in hybridních vozidel, avšak počet dobíjecích stanic, stanoven nebyl. Tohoto cíle se však dosáhnout nepodařilo, jelikož podle EAFO (2021b) bylo v provozu jen 1 863 BEV a 1 643 PHEV. Do roku 2030 pak odborný odhad MHSR (2019b) předpokládá, že bude v provozu 35 tisíc BEV+PHEV (viz předchozí *graf 8*), a existenci 3 tisíc dobíjecích bodů, z nichž má 660 podporovat tzv. „rychlé“ dobíjení.

Plán rozvoje elektromobility Polska počítá do roku 2030 s podílem OZE v dopravě na úrovni 14 % (ME, 2018). Jeden z hlavních bodů, který je klíčový pro dosažení tohoto cíle, je stanoven přesně na 1 milion BEV a PHEV, a zároveň cíl 50 % nově registrovaných automobilů s elektrickým pohonem, a to do roku 2025 (viz výše uvedený *graf 8*). Jako podstatnou podmínku rozvoje, uvádí dokument vybudování sítě nabíjecích stanovišť s rychlým nabíjením ve vybraných aglomeracích, a kolem důležitých evropských dopravních tahů. Nástroje pro podporu rozvoje elektromobility, by se měly týkat snížení daní při pořízení takových automobilů, redukce dovozních cel nebo úlevy na různých poplatcích (např. za parkování) nebo velmi důležité role zvýšení povědomí o přínosech, a to popularizací elektromobilů pro širší veřejnost, například jejich pořizováním státními institucemi či sdílením zkušeností, jak uvádí ME (2018). Při budování nabíjecí infrastruktury, koordinační a regulatorní roli při nastavování tržního a právního prostředí nebo propagaci elektromobility, bude mít podle ME (2018) nezastupitelnou roli státní správa a státní instituce. Zároveň by mělo být jejím úkolem, pravidelně provádět pilotní studie v reálných podmínkách, aby se předešlo například nesmyslným regulacím. Dokument vnímá rozvoj elektromobility jako příležitost pro využití a ukládání energie z OZE, především v době, kdy je množství energie v síti nadbytek, ale také k posílení energetické bezpečnosti, kdy dojde ke snížení závislosti na ropě, a naopak její nahrazení elektrickou energií, v jejíž výrobě je Polsko relativně soběstačné. Pro zajištění stability energetické sítě plán silně preferuje rozvoj

tzv. „chytrých sítí“, kdy do roku 2025 by mělo být 80 % přípojek konečných spotřebitelů, vybaveno měřiči, umožňujícími vzdálený odečet, a s tím související zavedení tzv. dynamických tarifů, jež by spotřebitele motivovaly k využívání elektrické energie pouze v době, kdy ji bude v energetické síti nadbytek, uvádí MI (2019).

Maďarský energetický a klimatický plán počítá do roku 2030 s dosažením alespoň 14% podílu OZE v dopravě (reálný je dle predikce až 17%), přičemž zhruba 7 % mají tvořit biopaliva první generace, a asi 3,5 % pak biopaliva druhé generace, jak uvádí MIT (2019). Zbývající část mají tvořit elektrická vozidla, která by se měla stát dominantním alternativním palivem až v období 2030–2035, přičemž v roce 2040 mají na OZE zaujímat podíl téměř 2/3. Ruku v ruce s tím, se má postupně rozšiřovat také síť veřejných dobíjecích bodů, která má podle „realistického“ scénáře dosáhnout počtu 8,1 tis. v roce 2025, respektive 18,1 tis. v roce 2030, jak uvádí ITM (2019). Tato výstavba se má uskutečňovat, podobně jako v případě slovenského plánu, zejména na již existujících čerpacích stanicích, odpočívadlech či veřejných parkovištích. Strategie rozvoje elektromobility stanovuje jako klíčovou podmínku, rozvoj a implementaci tzv. „chytrých sítí“, umožňujících koordinaci toků elektrické energie v distribuční síti, a to především z důvodu, že maďarská energetika je asi ze 27 % závislá na jejím importu (ITM, 2019; MIT, 2019). Podpora elektrických vozidel pro soukromé účely, se má dle zákona o elektromobilitě uskutečňovat prostřednictvím dotace v maximální výši 21 %, a dále nepřímými nástroji, především již existujícími úlevami na daních (MIT, 2019). Tyto subvence mají být aktivní do doby, než se elektrická vozidla stanou plně konkurenceschopnými, jak uvádí ITM (2019). Naproti tomu navrhuje strategie zavedení speciálních daní za pořízení automobilů nesplňujících určité emisní limity, či různé poplatky za jejich registraci podobně, jako je tomu v zemích západní a severní Evropy.

3.3. Energetika

3.3.1. Analýza aktuálního stavu a potenciálu OZE

Obecně lze energetický mix Vísehradské čtyřky charakterizovat, jako energetiku významně závislou na fosilních palivech, tedy pokud budeme jadernou energii rovněž řadit do této kategorie. Avšak díky závazkům Evropské unie v oblasti snižování emisí nebo snahu o zvyšování energetické bezpečnosti, se postupně daří tuto závislost snižovat. Patrné to je, zejména v případě uhelných elektráren, jejichž podíl na výrobě elektrické energie se snížil, bez výjimky, ve všech zemích, a to mnohde i o více jak polovinu (viz *graf 9* na straně 40). Příčiny lze hledat nejen ve snaze o snižování emisí, ale také v ubývajících domácích uhelných zásobách či jejich nákladné modernizaci (např. nahrazení kotlů s nízkou účinností za vysokoúčinné). Podobný trend se projevuje i u elektráren spalujících ropu, což lze vysvětlit posilováním energetické bezpečnosti (jak známo, žádná země střední Evropy nedisponuje většími nalezišti ropy) či fluktuacemi cen této komodity.

Zcela opačná situace je u jaderné energie, která hraje velmi významnou roli v Maďarsku, na Slovensku (zde je hlavním zdrojem), ale také v Česku (viz *graf 9*). Podobně je tomu i v případě plynových elektráren, jejichž význam jakožto energetického zdroje umožňujícího rychlé spuštění, pro vyrovnání výkyvů v distribuční síti, bude mít podle Jursově a kol. (2018) a MPO (2014) nezastupitelnou roli i v budoucnu, a to v souvislosti s širší implementací OZE do energetického mixu (viz následující podkapitola této práce). Již dnes význam tohoto zdroje neustále roste, jak dokládá *graf 9* na straně 40, a například v Maďarsku jsou podle MIT (2019), díky výraznému podílu na energetickém mixu, plynové elektrárny zodpovědné asi za 44 % emisí CO₂ z energetiky. Je tedy velice pravděpodobné, že právě tento zdroj převezme roli největšího emitenta skleníkových plynů z energetiky, po odstavení většiny uhelných elektráren, což je pravděpodobně důvod, proč jej Evropská unie, podle Jursově a kol. (2018), preferuje v kontextu dosažení emisních cílů, protože se tím zároveň podaří snížit emise ostatních znečišťujících látek. Podle analýzy výzkumníků Rečka, Ščasný (2015) je však výroba elektrické energie s využitím zemního plynu, několikanásobně dražší než z ostatních energetických zdrojů. I to je důvodem, proč nejsou některé starší plynové elektrárny standardně uvedeny do provozu, dokud nenastane významnější výkyv v distribuční síti, který nebudou ostatní energetické zdroje schopné vykrýt.

Důvody posilování jaderné energetiky lze spatřovat v nízkém množství produkováných emisí, významném příspěvku k posílení energetické bezpečnosti²⁶, vysokém faktoru využití s předvídatelným provozem, dlouhou životností, a do značné míry, také v její bezpečnosti, která je, mimo jiné i z důvodu dvou velkých havárií v Černobylu a Fukušimě, stále posilována (Drábová, Pačes, 2014). Zvyšování bezpečnosti má však i svou stinnou stránku, a to v hledání vhodných lokalit pro uložení vyhořelého jaderného paliva nebo v neúměrném prodlužování doby potřebné pro výstavbu nové elektrárny, popřípadě rozšiřováním stávajících elektráren, odehrávajících se výstavbou nových jaderných bloků. Právě doba výstavby, a s tím související narůstání nákladů na výstavbu, jsou jedněmi z významných nejistot budoucího plánování jaderných elektráren. V této souvislosti můžeme uvést několik, dá se říct až extrémních, příkladů. Flamanville (blok 3) ve Francii, kde k zahájení výstavby došlo v roce 2008, avšak po několika odkladech je aktuální spuštění plánováno na rok 2023, přičemž náklady na výstavbu jsou přibližně 4násobně vyšší proti původním projektům, jak uvádí Sklenář (2020). Podobně je tomu i v JE Olkiluoto (blok 3) ve Finsku, kde byla výstavba zahájena jen o rok dříve, proto je plánováno i dřívější spuštění, avšak náklady se zatím zvýšily asi 3násobně. Důvody pro zpoždění výše uvedených JE, i nárůstu nákladů, jsou různé. Lze mezi nimi, např. podle Sklenáře (2020), uvést různé problémy při organizaci výstavby, zvyšující se ceny materiálů pro výstavbu, či již zmíněné zpřísnující se bezpečnostní normy. Podle analýzy Sklenáře (2020) se průměrná doba výstavby JE pohybuje okolo 12 let, a náklady jsou minimálně 2,2–2,4násobně vyšší, než bylo původně plánováno. Sousední

²⁶ Důvodem je podle MPO (2015) vysoká koncentrace energie v palivu, a jeho dlouhá skladovatelnost. To umožňuje vytvoření strategických zásob i na několik let.

Německo se naopak rozhodlo všechny jaderné elektrárny do roku 2030 uzavřít, a to z důvodu obav o jejich bezpečnost. Polsko se naopak hodlá na jadernou energetiku zaměřit v budoucnu (MCE, 2019).

Spolu s jadernou energetikou (mimo Polska) a plynovými elektrárnami, se země Visegrádské skupiny zaměřují také na obnovitelné zdroje energie. Geografické podmínky jednotlivých zemí, především těch s menší rozlohou, však nedovolují provozovat všechny typy OZE, takže se každá země vyznačuje jiným složením energetického mixu. Proto by se podle MPO (2014) měla budoucí spolupráce jednotlivých zemí, zaměřovat na úzkou spolupráci v oblasti energetiky tak, aby každý stát nemusel za každou cenu zvyšovat podíl OZE na svém energetickém mixu, přestože nedisponuje příznivými podmínkami. Řešením by mohlo být rozdělení rolí, kdy některé země, respektive regiony s příhodnými podmínkami, se budou orientovat na výstavbu a podporu OZE, a jiné, například ty s výhodnou polohou, naopak na posilování infrastruktury. Za typickou zemi s výhodnou geografickou polohou pro plnění role tranzitní země, lze podle MPO (2014) označit Česko.

U všech zemí skupiny V4 se přisuzuje nejvyšší potenciál spalování biomasy a bioplynu, ať už půjde o cílené pěstování biomasy, nebo o spalování různých zbytků vznikajících z živočišné či rostlinné výroby v zemědělství. Podle MPO (2014) však musí být u těchto energetických zdrojů zajištěno zachytávání různých částic (např. polévatého prachu) při spalování, či zabráněno úniku metanu při skladování a spalování bioplynu, jinak by tyto zdroje mohly být svými dopady srovnatelné s energetickými zdroji spalujícími fosilní paliva.

V případě využívání větrné a solární energie, lze v geografických a klimatických podmínkách tohoto regionu dosáhnout pouze průměrných výsledků. Při využití současných technologií, je výroba elektrické energie z těchto zdrojů možná pouze za cenu různých subvencí, aby byla takto vyrobená energie na trhu konkurenceschopná (Jursová a kol., 2018). Příčinou této problematiky je skutečnost, kdy solární elektrárny produkují nejvíce elektrické energie za jasného počasí, přičemž intenzita slunečního záření může být během dne značně proměnlivá, a to v závislosti na poloze Slunce (nejvyšší je okolo poledne). Mezi další faktory, majícími vliv na množství produkované elektřiny nejen v průběhu dne, nýbrž i roku, lze uvést teplotu nebo prašnost prostředí aj. (Görce, 2017). Své limity mají rovněž větrné elektrárny, jejichž provoz vyžaduje dostatečně rychlé a stálé větrné proudění, přičemž oba faktory významně korelují s nadmořskou výškou nebo členitostí reliéfu. Z toho důvodu lze oba tyto energetické zdroje označit jako intermitentní, které nelze regulovat jinak než odstavením (Drábová, Pačes, 2014). Významnou překážkou pro naplňování potenciálu využívání větrné energie, bude také přístup společnosti, jak uvádí MPO (2014). Turbíny větrných elektráren, se obvykle nacházejí ve výšce 100 a více metrů, takže mají významný vliv na narušení krajinného rázu. Dopady větrných, solárních a vodních elektráren na krajinu a životní prostředí nejsou předmětem této práce, ale jsou shrnuty např. v práci Görce (2017) v podkapitole 4.2.2. V dalších odstavcích této podkapitoly si velice stručně

shrňeme geografické podmínky, a z toho plynoucí potenciál pro využívání solární, větrné a vodní energie. Bude též stručně zhodnoceno jeho naplnění, pokud to přírodní podmínky dané země dovolují.

Potenciál pro využívání energie vody, ovlivňuje celá řada faktorů, mezi kterými lze zmínit velikost vodního toku, průměrný roční průtok, morfologie toku včetně jeho spádu, vodní režim řeky, který je mj. závislý na množství a ročním chodu srážek, což platí zejména pro Česko. Tyto podmínky převážně splňují pouze velké a středně velké vodní toky, jejichž hydroenergetický potenciál je do značné míry již vyčerpán, což platí o všech státech regionu. Hlavní důvod lze nalézt v historii, kdy využívání energie vody hrálo v těchto zemích prim, a to obvykle až do počátku průmyslové revoluce. V souvislosti s elektrifikací a zvyšováním poptávky po elektrické energii, byly během 19. a 20. století vybudovány vodní elektrárny, včetně těch velkých. Potenciál této energie byl ve druhé polovině 20. století, z velké části, vyčerpán. To ostatně dokládá *graf 9* na straně 40, podle něhož výroba elektrické energie z tohoto zdroje spíše stagnuje, popřípadě mírně vzrůstá, což lze vysvětlit modernizací a instalací nových typů turbín v již existujících lokalitách. Využívání vodních elektráren lze do určité míry predikovat, a na základě toho regulovat výkon, jak uvádí MPO (2014). Popřípadě pomocí vody, vyrobenou energii akumulovat, k čemuž se využívají přečerpávací elektrárny.

Slovensko má díky členitému reliéfu, zejména ve střední části země, a v okolí Bratislavy (např. pohoří Malé Karpaty), relativně vhodné podmínky pro využití větrné energie (viz Energydata.info, 2020). Tento potenciál je však velmi limitován rozlohou chráněných území, a proto je větrná energie využívána pouze marginálně. Podle Repowermap (2021) je to jen v několika izolovaných lokalitách v severní a západní části země, přičemž zásadní průlom, z hlediska podílu na energetickém mixu, se podle MHSR (2019a) ani neočekává. Podobně je na tom i Česko, v jehož případě orografické překážky na hranicích, neumožňují významnější využití energie větru ve vnitrozemí. Proto je dle mapy větrných elektráren (viz Görcs, 2017), nejvíce větrných turbín instalováno v Krušných horách, dále pak v Ašském výběžku, a v západní části Jizerských hor či na území Českomoravské vrchoviny, tedy často mimo chráněná území. Avšak v Česku má větrná energie, přeci jen, vyšší instalovaný výkon (viz *graf 9*). Polsko již disponuje nepoměrně širší rozmanitostí přírodních podmínek, a především jeho břehy omývá Baltské a Severní moře, což dovoluje využít vyšších rychlostí větru, vanoucích nad mořem. Aktuálně je však jejich počet zcela marginální. Významnější je v současné době využívání větrné energie na pevnině, a to především v pásu střední až jihozápadní části Polska, okolo měst Lodž a Vratislav, jak vyplývá z Repowermap (2021). A to navzdory tomu, že se podle Energydata.info (2020) dá nejvyšších výnosů dosáhnout jen v jihozápadní (hranice s Českem) a jihovýchodní části země (karpatská pohoří). Potenciál pro získávání větrné energie v Maďarsku je podle Energydata.info (2020) velmi omezen, a to výhradně na oblast západní části země. Nejvyšších výnosů lze dosáhnout jižně od Nezderského jezera, při hranicích s Rakouskem, a to navzdory tomu, že se na velké části těchto území rozléhají chráněná území, a dále pak severně od jezera Balaton (např. Bakoňský les v Zadunajském středohoří).

Maďarsko díky své zeměpisné šířce, na rozdíl od ostatních zemí, disponuje vyšším množstvím slunečního záření, a to především ve střední a jižní části země, které využívá pro získávání solární energie (Energydata.info (2020)). Totéž platí i pro oblast jižního a západního Slovenska, kde je podle Repowermap (2021) soustředěna většina solárních elektráren. Podobná situace je rovněž v Česku, kde jsou nejvhodnější podmínky v jižních Čechách (především okres Český Krumlov), a na jižní a střední Moravě, což je dokladem, proč jsou zde, pokud nahlédneme do mapy solárních elektráren, lokalizovány největší solární parky (Görcs, 2017). V případě Česka je však situace poněkud specifitější, jelikož velké solární parky se nacházejí rovněž v severních a severovýchodních Čechách, což lze vysvětlit nevhodně nastavenou výší subvencí v období 2010–2011, jak vyplývá ze závěru práce Görcs (2017). V těchto zemích, lze očekávat vzestup konfliktů různých zájmových skupin, jelikož budování solárních parků se bude nevyhnutelně odehrávat i na velmi kvalitní zemědělské půdě, která se nachází právě v oblastech s nejpříznivějšími podmínkami, jenž tím bude znehodnocena. Přitom podle MAP (2019) a MPO (2014) je nutné se poučit z negativních zkušeností např. v Česku, a podporovat pouze budování solárních parků na méně kvalitní půdě, na střechách domů či střechách tzv. brownfields²⁷. Polsko se rozkládá ve vyšších zeměpisných šířkách, a využití solární energie proto není na severu²⁸ země tak hojné, jako na jihu a v okolí Vratislavy, jak je patrné z Repowermap (2021) i Energydata.info (2020). Je nutné poukázat na skutečnost, kdy se ve většině případů jedná o fotovoltaické panely na střechách domů, kde nejde primárně o dosažení maximálního množství vyrobené energie, a solární parky se naopak soustředí převážně do oblastí s nejpříznivějšími podmínkami, které se nacházejí právě v nižších zeměpisných šířkách. Avšak v souvislosti se zvyšováním účinnosti solárních panelů, která povede ke zkrácení doby ekonomické návratnosti, lze očekávat, že v budoucnu nebude zeměpisná poloha natolik limitujícím faktorem, jak je tomu v současnosti. Ostatně MAP (2019) po roce 2022 očekává dosažení technické vyspělosti do takové míry, že nebude nutné vyplácet subvence pro jejich provoz.

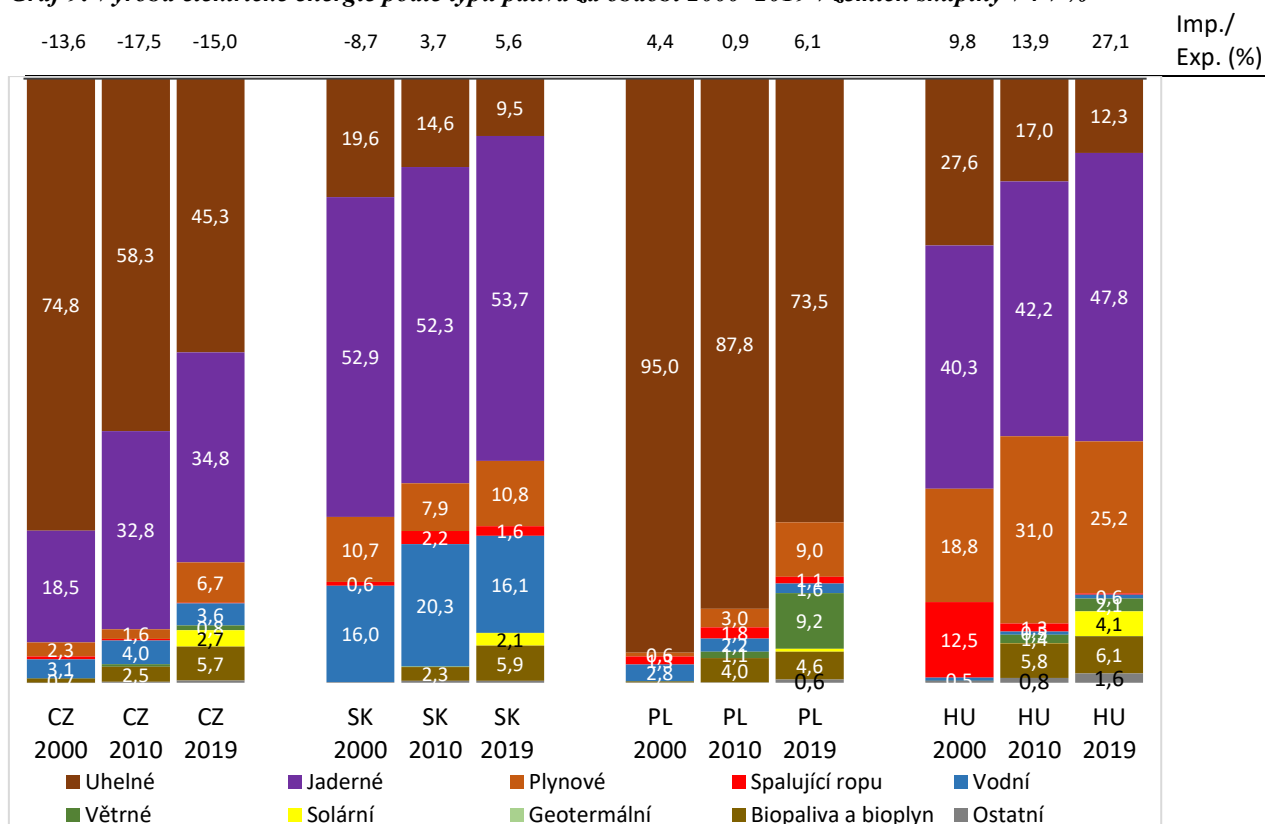
Na závěr této části je velmi důležité poukázat na skutečnost, kdy produkce elektrické energie na Slovensku a v Maďarsku, je nižší než její spotřeba. Proto hraje v těchto zemích významnou roli její import, který je zejména v případě Maďarska velmi významný, protože v roce 2019 dosáhl 27 %, jak vyplývá z tabulky nad *grafem 9*. Za jednu z příčin, která tento stav způsobila, lze označit uzavření několika zastaralých uhelných elektráren v minulosti, jejichž provoz se v důsledku nízkých cen elektřiny, již nevyplatil, jak uvádí Mikušová, Torok, Brída (2018). I Polsko importuje určitou část elektrické energie, avšak to je ze zjištěných důvodů, protože hlavní motivací je nižší cena této elektřiny i nižší emise, jak uvádí Derski, Zasuń (2020). Opačným extrémem je Česko, které vyrobenou elektřinu naopak exportuje, konkrétně jde o 15 %. Pokud vezmeme v úvahu složení energetického mixu Česka

²⁷ Původně se mohlo jednat o průmyslové či zemědělské budovy, které v důsledku ekonomického vývoje ztratily svou původní funkci, a v dnešní době nejsou využívány.

²⁸ Rozdíl mezi severními částmi Polska, ze kterých lze podle Energydata.info (2020) získat přibližně 900 kWh/kWp, a jižními částmi Maďarska s nejpříznivějšími podmínkami, může být i přes 500 kWh/kWp.

a Polska je zřejmé, že tato elektřina rozhodně nepochází z „čistých“ zdrojů, což může mít různé důsledky, konkrétně třeba s ohledem na nabíjení BEV, jak bude uvedeno v empirické části této práce.

Graf 9: Výroba elektrické energie podle typu paliva za období 2000–2019 v zemích skupiny V4 v %



Poznámka: Vodní elektrárny zahrnují, dle použité metodiky, také přečerpávací elektrárny, přestože se mezi OZE neřadí. Ostatní elektrárny zahrnují, kromě všech ostatních zdrojů, také spalování odpadu. Pro větší přehlednost jsou zobrazeny popisky pouze s podíly nad 0,5 %. Menší výkyvy ve výrobě elektřiny, zejména v případě menších energetických zdrojů, mohou být způsobeny klimatickými podmínkami, jejich údržbou, menším vytížením apod. V tabulce nad grafem, reprezentují kladné hodnoty importní charakter energetiky dané země, zatímco záporné hodnoty exportní charakter. Graf pak ukazuje výhradně výrobu z vlastních energetických zdrojů dané země.

Zdroj: IEA (2021a), vlastní zpracování

3.3.2. Cíle a budoucí vývoj podle národních strategických dokumentů

Budoucí energetický mix Evropské unie musí splňovat závazky přijaté Evropským parlamentem a Radou, které se týkají snížení množství emisí skleníkových plynů. Do roku 2020 platil cíl zvaný „20–20–20“, respektive snížení emisí skleníkových plynů alespoň o 20 % (ve srovnání s rokem 1990), 20% podíl OZE na celkové hrubé spotřebě energie a snížení spotřeby primární energie o 20 % např. zvýšením efektivity, snížením energetických ztrát apod., jak uvádí Eurel (2013). Do roku 2050 pak platí cíl pro snížení emisí skleníkových plynů o 80–95 %. Zajímavé však je, že podle výsledků Eurel (2013) by se 80% poklesu emisí dalo přiblížit pouze pokud by 2/3 instalovaného výkonu zajišťovaly OZE, a zbývající část primárně elektrárny spalující zemní plyn, avšak bez jaderných elektráren. Strategické dokumenty jednotlivých zemí, k vytyčeným cílům samozřejmě směřují (MCE, 2019; MHSR, 2019a; MIT, 2019; MPO, 2014). Dalším z cílů je posilování energetické

bezpečnosti, zejména elektrické infrastruktury v celém regionu střední Evropy spolu s implementací tzv. „inteligentních sítí“²⁹, které umožní její řízení, a mohou pomoci s vyrovnáváním výkyvů výroby elektrické energie z intermitentních zdrojů či poptávky po elektrické energii, jak uvádí MPO (2014). Druhý rozměr posilování energetické bezpečnosti v oblasti závislosti na dovozu primárních energetických zdrojů, bude významně narušen zvyšováním závislosti na spotřebě zemního plynu a jaderného paliva, na místo využívání uhlí z domácích zásob, jak bude uvedeno dále. Jelikož je energetika odvětvím, které vyžaduje obrovské investice ze strany státu či investorů, a to s dlouhou dobou návratnosti, úkolem jednotlivých států je dlouhodobé plánování a nutnost zajištění stabilního ekonomického a politického prostředí (Drábová, Pačes, 2014). Právě v dlouhodobosti těchto plánů tkví různé nejistoty, spojené s predikcemi jednotlivých států, které s menší či větší pravděpodobností mohou ovlivnit výsledný stav. Hlavním důvodem je, že mohou vycházet jen z aktuálních znalostí, technologií a podmínek. Následující shrnutí, vyplývající převážně z národních strategických dokumentů, proto musíme brát velmi obecně a se značnou rezervou.

Dle Státní energetické koncepce se v Česku, pro splnění závazků EU, uvažuje o přechodu ze spalování uhlí na čistší zdroje pro produkci elektrické energie. Konkrétně, dle ČTK (2021a), dostává reálné obrysy výstavba nových bloků v jaderné elektrárně Dukovany³⁰ (začátek stavby nejdříve v roce 2022, a dostavba se očekává po roce 2033), což je významným krokem k tomu, aby se jádro postupně stalo dominantním zdrojem (viz *graf 10* na straně 45). Zato hnědé uhlí vytěžené v Česku má nízkou výhřevnost³¹, a nízkou kvalitu, takže jej není možné využít jinak než spalovat v elektrárnách lokalizovaných v blízkosti uhelných lomů a dolů. Podle analýzy Rečka, Ščasný (2015) by vysoká cena emisních povolenek CO₂ v Česku, snížila emitované množství oxidu uhličitého o 81 % (v porovnání s referenčním rokem 2015), a to z důvodu nutných investic do modernizace hnědouhelných elektráren. Právě cena emisních povolenek by měla být hlavním faktorem, jež bude mít pravděpodobně největší vliv na množství emisí, a to nejen CO₂, (Rečka, Ščasný (2015); MPO (2014)). Jejich množství by v případě scénáře s nízkou cenou povolenek (podle modelu autorů konstantně na úrovni 7,5 €/tunu CO₂), a zároveň prolomením těžebních limitů³², a tedy zachováním uhelných elektráren v provozu, mohlo nárůst zejména v období 2026–2040. Právě tehdy by jejich maximum mělo oscilovat okolo

²⁹ Neboli „smart grids“ jsou zjednodušeně elektrické a komunikační sítě, které v reálném čase propojují dodavatele (výrobní zdroje) a odběratele elektrické energie (spotřebiče či spotřebitele), přes určité středisko. Jeho cílem je plnění obchodních (např. informace o aktuální nabídce a poptávce po elektrické energii) a regulačních (zajištění rovnováhy množství elektrické energie v distribuční síti např. z intermitentních zdrojů) úkolů, jak uvádí ITM (2019).

³⁰ Vláda schválila náklady na výstavbu jaderného bloku s očekávanou cenou 162 miliard Kč, přičemž výstavbu má plně financovat stát (ČTK, 2021a). Tato cena je však podle Sklenáře (2020) nereálná, pokud se vezmou v úvahu dosavadní zkušenosti z výstavby JE, a proto je podle něj nutné očekávat navýšení ceny alespoň 2,2–2,4násobně.

³¹ Udává množství energie, kterou lze energetickým využitím daného paliva získat, přičemž jeho výhřevnost se pohybuje v intervalu 10–19 MJ/kg, jak uvádí Rečka, Ščasný (2015).

³² Těžební limity byly přijaty nařízením vlády v roce 1991. Jejich prolomení je však velice pravděpodobné, vzhledem ke skutečnosti, kdy těžba v dole ČSA by musela skončit již v roce 2022, a v dole Bílina do roku 2035, a zároveň dosud neexistují energetické zdroje, které by výpadek ve výrobě elektrické energie nahradily (MPO, 2014). Prolomením těžebních limitů by se vytěžení dolu ČSA posunulo na období po roce 2100, respektive na rok 2052 v případě dolu Bílina.

72 milionů tun CO₂. Trend nárůstu emisí CO₂ by podle závěrů studie Rečka, Ščasný (2015) naopak měl být zvrácen v případě, kdy budou ceny emisních povolenek kontinuálně růst. Taková situace by měla vyústit ve snahu o snižování energetických zdrojů založených na fosilních palivech, a transformaci energetiky na OZE. Státní energetická koncepce Česka počítá s několika možnými scénáři budoucího vývoje energetického mixu, avšak sama jako nejpravděpodobnější, označuje „optimalizovaný“ scénář. Ten podle MPO (2014) směřuje k dlouhodobě udržitelné, mírně přebytkové energetice, s orientací na energetickou bezpečnost, a počítá proto s postupným snižováním využívání uhlí, či jeho spalování např. s biomasou. Pokles využívání hnědého a černého uhlí, má probíhat ve prospěch jaderné energie a energetických zdrojů spalujících zemní plyn, biomasu a bioplyn, s menším podílem větrných a solárních elektráren. Z OZE přisuzuje MPO (2014) největší potenciál spalování cíleně pěstované biomasy, jelikož geografické a klimatické podmínky Česka, v současné době, neumožňují získávání energie ze Slunce a větru bez subvencí. Dosažení konkurenceschopnosti těchto zdrojů se však očekává po roce 2025, a přestože koncepce počítá s opětovným navyšováním počtu fotovoltaických elektráren, jejich podíl na výrobě energie bude až do roku 2030 vzrůstat pouze nepatrně, jak ukazuje *graf 10* na str.45. Důvodem má být podle MPO (2014), postupné nahrazování elektráren z období 2010–2011, jimž bude končit plánovaná životnost. Naplňování potenciálu pro využívání větrné energie, by naopak mělo být postupné, přestože by jejich podíl měl být i v roce 2040 spíše nepatrný. Problémem české energetiky je podle MPO (2014) nebo Drábové, Pačesa (2014), zastarání podstatné části energetických zdrojů a energetických sítí, které činí 35 let a více, a proto by během následující dekády měly proběhnout významné investice do jejich obnovy. Tyto investice následně umožní zvyšování množství decentralizovaných zdrojů, jelikož by měly probíhat s implementací „chytrých sítí“.

Energetická politika Polska počítá do roku 2030 s postupnou dekarbonizací, kdy by se mělo množství emisí CO₂/MWh, snížit přibližně o 20 % (do roku 2040 až o 50 %), přičemž podíl OZE na výrobě elektřiny má činit zhruba 27 % (MCE, 2019). To mimo jiné, zahrnuje postupné snižování procenta uhelných elektráren na energetickém mixu, a to ze současných 74 % na 61 % v roce 2030, respektive 28 % v roce 2040, jak indikuje *graf 10*. I přesto, že má Polsko uhelných zásob dostatek pro dosažení energetické nezávislosti, ukončení těžby s sebou nepochybně přinese nutnost ekonomicko-sociální transformace v oblastech s probíhající těžbou (MAP, 2019). Zároveň je cílem energetické politiky modernizace uhelných elektráren proto, aby byly z pohledu emitovaných škodlivin srovnatelné s ostatními energetickými zdroji. Podle MCE (2019) se očekává vybudování první jaderné elektrárny v lokalitě Żarnowiec nebo Kopalino v roce 2033, jejíž podíl by se měl postupně navyšovat výstavbou dalších jaderných bloků (do roku 2043 se předpokládá vybudování celkově šesti jaderných bloků o celkovém instalovaném výkonu 6–9 GW). Vzhledem k očekávanému zvyšování podílu OZE na výrobě elektřiny, počítá MAP (2019) s postupným zvyšováním množství energetických zdrojů, spalujících ropu nebo zemní plyn či bioplyn (viz *graf 10*), a také dalších možností pro ukládání energie, jako jsou přečerpávací elektrárny či velkokapacitní baterie. Spolu s tím je kladen důraz na posilování

energetické infrastruktury, zejména z pobřežních lokalit, ve kterých se bude realizovat využívání větrné energie, a proto v tomto kontextu počítá také s rozvojem „chytrých sítí“. Polská strategie zamýšlí do roku 2025 výrazně posílit roli solárních a větrných elektráren mimo pevninu, a jejich instalovaný výkon postupně zvyšovat až do roku 2040. Jejím cílem je rovněž posilování významu spalování biomasy (např. využití odpadní biomasy), jakožto energetického zdroje, jehož využívání by nemělo vést ke zvyšování závislosti země na importu ze zahraničí, (MAP, 2019). Podstatné proto je, využívat zdroje z blízkého okolí, aby nedocházelo k dalšímu vlivu na životní prostředí např. využíváním dopravy.

Také energetický a klimatický plán Slovenska (ten je zároveň aktualizací Energetické politiky) počítá s postupným snižováním emisí skleníkových plynů v energetice, a proto cílový podíl výroby elektrické energie z OZE, stanovil na 19,2 %. Náklady na dosažení tohoto cíle jsou odhadovány na 4,3 miliardy € (MHSR, 2019a). Avšak Evropská komise stanovila cílový podíl na úrovni 24 %. Tento cíl však není, vzhledem k ekonomickým a technickým překážkám, podle predikcí strategie reálně dosažitelný, a to především kvůli uvažované výstavbě, či dostavbě jaderných elektráren (MHSR, 2019a). Svou roli hraje také skutečnost, kdy uhelné elektrárny se podílí necelými 10 % (viz předchozí *graf 9*). Dokument také předpokládá možnost dosažení přebytkové energetické bilance, a to za předpokladu, že se podaří do roku 2030 spustit jaderné bloky 3 a 4 v JE Mochovce³³ a paroplynovou elektrárnu Bratislava³⁴, a naopak zcela odstavit uhelnou elektrárnu Nováky. Další uhelná elektrárna ve Vojanech, má být modernizována a transformována pro spalování druhotných paliv, a naopak odstaveny zbývající bloky spalující uhlí (MHSR, 2019a). Jedním z hlavních důvodů, které povedou k razantnímu snížení energie vyráběné z domácích uhelných zdrojů (viz *graf 10* na str.45), bude jejich nedostatečná konkurenceschopnost, zapříčiněná ukončením podpory ze strany státu po roce 2023. Podle MHSR (2019a) se nejvyšší nárůst instalovaného výkonu OZE předpokládá u zdrojů spalujících biomasu a bioplyn, nebo u větrných elektráren. Zato realizace fotovoltaických elektráren se očekává spíše v malém měřítku, tedy převážně na střechách domů. Zvažuje se také využití hydroenergetického potenciálu, který je využit zhruba ze 71 %, a to např. realizací projektu vodní elektrárny Sereď na řece Váh, jak uvádí MHSR (2013). Obecně se však výstavba dalších vodních elektráren neočekává³⁵, a naopak se pozornost orientuje spíše na budování přečerpávacích elektráren (např. Ipeľ s instalovaným výkonem 560 MW). MHSR (2019a) ve své predikci uvádí, že dosavadní plány na výstavbu/odstávkou energetických zdrojů, by měly bez potíží pokrýt rozvoj elektromobility, přitom počítá i s implementací „chytrých sítí“, které se v současné době již testují, např. v pohraničí s Českem.

³³ 3. blok JE by měl být spuštěn do konce roku 2021, a 4. blok pak během roku 2023. Pro spuštění 3. bloku již Slovenský úřad jaderného dozoru vydal povolení, avšak zatím nepravomocně, jelikož se bude čekat na vypořádání námitek, jak uvádí ČTK (2021b). Spuštění mělo proběhnout již v roce 2012 (ale mezitím došlo k přerušení výstavby), a náklady se postupně více než zdvojnásobily (ČTK, 2021b; Sklenář, 2020).

³⁴ Její provoz není podle MHSR (2013), ekonomicky ani environmentálně možný. Bude tedy spíše sloužit jako záložní zdroj. Podobné je to i s paroplynovou elektrárnou Malženice, avšak její provoz je možný díky moderním, úsporným technologiím.

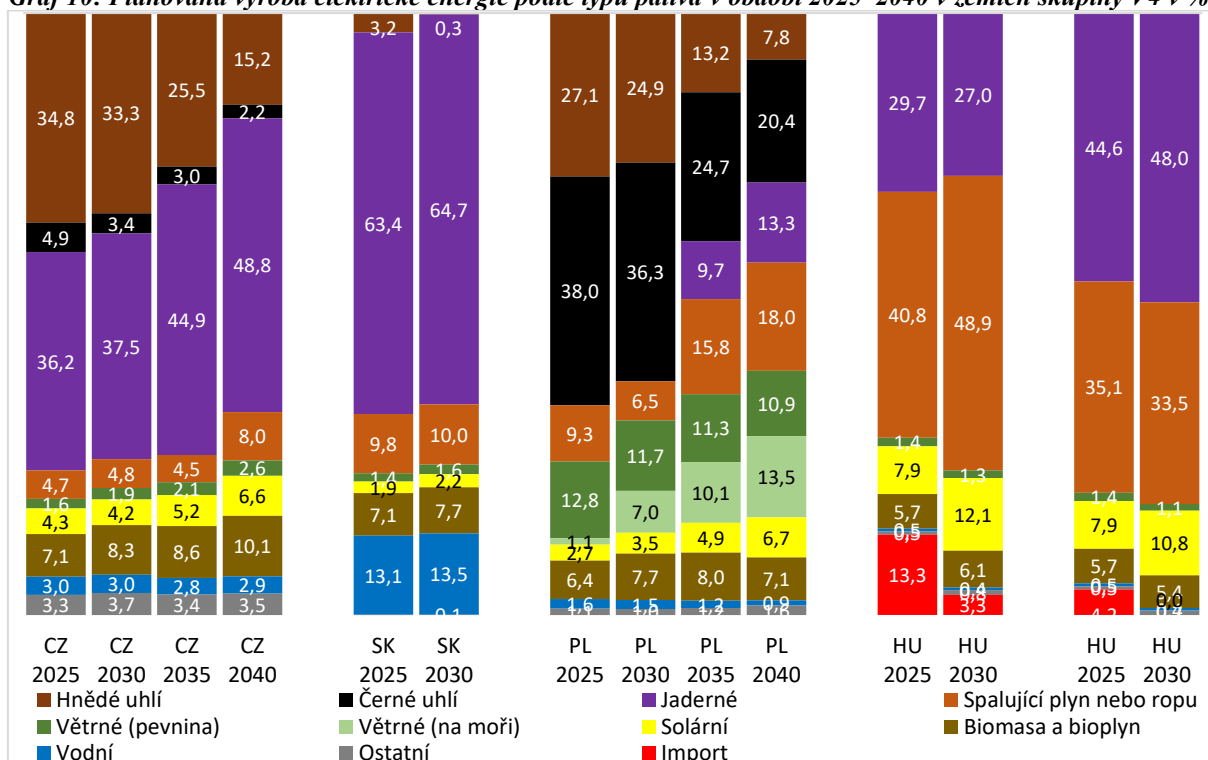
³⁵ Jako důvody uvádí MHSR (2019, s. 209) jejich investiční náročnost, náročné a dlouhé posuzování v procesu EIA a častý odpor veřejnosti.

Energetický a klimatický plán Maďarska má jako jeden ze závazků pro snížení emisí skleníkových plynů, do roku 2030 pokrývat spotřebu energie alespoň z 20 % z OZE (MIT, 2019). Velmi významnou roli hrají v Maďarsku dvě elektrárny. V první řadě jde o jadernou elektrárnu Paks, která produkuje téměř polovinu celkové spotřeby země, jak je patrné z předchozího *grafu 9*. Do roku 2030 je plánované její rozšíření o dva jaderné bloky s výkonem 1200 MW (MIT, 2019). V druhé řadě se jedná o uhelnou elektrárnu Mátra, která zajišťuje 12 % spotřeby elektrické energie, a zároveň se řadí mezi nejvýznamnější znečišťovatele, jelikož je podle MIT (2019) zodpovědná asi za 14 % národních emisí CO₂ nebo 36 % emisí SO₂. Podle MIT (2019) by měla být tato elektrárna postupně modernizována, a bloky nesplňující emisní limity, by měly být postupně odstavovány. Avšak uzavření elektrárny není z důvodu jejího významu na produkci elektřiny, spalování domácích zásob lignitu (asi ze 2/3), i jako zaměstnavatele v regionu, a možné budoucí roli při vyrovnávání množství elektrické energie v distribuční soustavě, zcela reálné, jak uvádí MIT (2019). To je však v rozporu s původní predikcí energetické strategie MND (2012). Celkový instalovaný výkon energetických zdrojů OZE by měl do roku 2030 dosáhnout 6,5 GW, respektive 10 GW v roce 2040. Plán nepočítá s významným využíváním větrného potenciálu, který je do roku 2030 stanoven asi na 330 MW, stejně jako s výstavbou velkých vodních elektráren. Zato očekává velmi dynamické navýšení podílu elektrické energie produkované solárními panely, které plánuje v případě nezávislých decentralizovaných zdrojů, podporovat formou bezúročných úvěrů max. na 20 let (MIT, 2019). Právě podpora elektřiny ze solárních elektráren, má být spolu s biomasou, jadernou energetikou a zemním plynem, cílem k dosažení budoucí energetické nezávislosti na importu elektřiny, ale také bezpečnosti distribuční soustavy, pokud by výroba elektřiny ze Slunce, dosáhla limitních hodnot. Z hlediska budoucího rozvoje elektromobility, na tom není maďarská energetika, podle MIT (2019), příliš dobře, jelikož má výrazně záporné saldo elektrické energie, kdy musí importovat okolo 27 % energie. Navíc energetiku čekají velmi významné investice do prodloužení životnosti plynových elektráren (ta končí již po roce 2020), uhelné elektrárny Mátra a rozšíření jaderné elektrárny Paks. Cílem plánu proto, mimo jiné je, aby se tato závislost postupně snižovala. Pokud se nepodaří rozšířit JE Paks, právě výše importu elektrické energie, bude jedním z významných faktorů, limitujících rychlejší rozvoj elektromobility. Vzhledem k povaze OZE a energetické závislosti Maďarska, počítá MIT (2019) po roce 2021 s podporou investic do úložišť elektrické energie, posílení rozvodných sítí a implementace „chytrých sítí“.

Na závěr této podkapitoly, uvedme odhady dopadu rozvoje elektromobility na energetiku. Predikce BP (2021. s. 96–97) počítá s globálním nárůstem spotřeby elektrické energie do roku 2050, dle typu scénáře (parametry viz poznámka pod *grafem 2* na str.19) takto: „*Business-as-usual*“ (asi 32% podíl na celkovém počtu ujetých km) o 3 759 TWh, „*Rapid*“ (asi 74% podíl na počtu km) o 8 436 TWh a „*Net zero*“ (zhruba 81% podíl na počtu km) o 10 072 TWh. Přitom podle IEA (2021a) činila světová spotřeba elektrické energie v roce 2019, 25 027 TWh. Podle odhadu EEA (2016) by při hypotetickém 80% podílu elektrických vozidel na celkovém počtu automobilů, bylo nutné jen v Evropské unii

instalovat dalších 150 GW výkonu. Eurel (2013) odhaduje 15% nárůst spotřeby elektrické energie, pokud by došlo k elektrifikaci celého vozového parku, s výsledkem 50% poklesu spotřeby ropy. Všechny tyto údaje jsou však platné jen při uvážení současných parametrů elektrických vozidel, a proto je nezbytné, brát je s rezervou. IEA (2021b) pak pro rok 2030 počítá s celkovou spotřebou elektřiny, pro všechna elektrická vozidla (čítajícími 145 milionů), na úrovni 525 TWh (ve scénáři uvažujícím pouze Státní politiky), respektive 860 TWh (ve scénáři Udržitelného vývoje, počítajícím s 230 miliony elektrických vozidel). Např. MPO, MŽP, MD (2019) očekává zvýšení spotřeby elektrické energie v Česku o 420 GWh do roku 2030 (pro tento rok je stanoven cíl na 200 tisíc BEV), což je zhruba 0,8–1% podíl z celkové spotřeby. S ohledem na rozšiřování dobíjecích stanic, předpokládá MPO (2014), nárůst problémů souvisejících s distribucí elektřiny, zejména při větším souběhu nabíjení (např. v oblastech s vyšší hustotou zalidnění). Je proto třeba s tímto při plánování rozvoje elektromobility počítat, a předem posílit distribuční soustavy, s čímž strategické dokumenty počítají. Vyhodnocením těchto dopadů na energetiku zemí skupiny V4 se bude zabývat empirická část.

Graf 10: Plánovaná výroba elektrické energie podle typu paliva v období 2025–2040 v zemích skupiny V4 v %



Poznámka: Výhled pro Česko je založen na „optimalizovaném“ scénáři. Slovenský klimatický a energetický plán nerozlišuje, zda je elektřina produkována pomocí hnědého či černého uhlí, avšak aktuálně je spalováno primárně hnědé uhlí. Pro Maďarskou energetiku je v Energetické strategii uvedeno celkem 6 různých scénářů, počítajících s rozšířením či nerozšířením JE Paks. Pro účely tohoto grafu byly zvoleny 2 různé scénáře, kdy první dva sloupce zleva nepočítají s rozšířením JE Paks, a další dva sloupce počítají postupně se spuštěním 5. (do roku 2025) a 6. bloku. Vzhledem ke skutečnosti, kdy není maďarská energetika soběstačná, jsou v grafu uvedeny také podíly importu elektřiny. Hodnoty OZE byly převzaty z klimatického a energetického plánu, a hodnoty ostatních energetických zdrojů naopak z Energetické strategie. Tyto údaje nejsou uvedeny souhrnně ani v jednom z aktuálních dokumentů.

Zdroj: MCE (2019), MHSR (2019a), MIT (2019), MND (2012), MPO (2014), vlastní zpracování

3.4. Dosavadní pokrok v oblasti dobíjení

3.4.1. Existující a uvažované technologie pro akumulaci energie

V této podkapitole budou stručně představeny jednotlivé typy baterií, jejich výhody a nevýhody, a oblasti, ve kterých najdou či nacházejí nejpravděpodobnější využití. Dále pak technologie, které by mohly snížit množství spotřebovávané energie.

Baterie s obsahem olova (Pb-PbO₂) byly vynalezeny již v roce 1859, přičemž své uplatnění mají i v současnosti, zejména u nízkonapěťových motorů (Denton, 2016). Jedná se o levné, spolehlivé a bezúdržbové baterie s delší výdrží, které fungují na principu přeměny chemické energie na energii elektrickou (Xiaoli a kol., 2020). Problematická je však nižší energetická hustota³⁶, jež je přibližně 3 až 4násobně nižší než u lithiových baterií, delší doba nabíjení do plné kapacity, vysoká hmotnost či vyšší úroveň samovybíjení³⁷. V minulosti byl se získáváním olova, spojen velmi významný negativní dopad na lidské zdraví, avšak tomu se předešlo díky zpětným výkupům a recyklaci těchto baterií (odhaduje se míra 95–99 %), a to zejména ve vyspělých zemích, jak uvádí Xiaoli a kol. (2020). Tyto akumulátory budou s velkou pravděpodobností využívány i v budoucnu, a to především u různých vozítek, která dosahují nízkých rychlostí (např. vozítka užívaná na golfových hřištích).

Baterie označované NiMH (též nikl-metal hydridový akumulátor) jsou využívány v některých elektrických automobilech, kde se ukázaly jako velmi účinné (Denton, 2016). Jejich energetická hustota je přibližně dvojnásobná oproti bateriím s obsahem olova, avšak stále nižší než u lithiových baterií. V současné době se pro svou nízkou cenu, vysokou spolehlivost a životnost, jeví správnou volbou pro sériovou výrobu hybridních automobilů (příkladem je jejich využití ve vozech Toyota Prius či Toyota Rav4EV), jak uvádí Denton (2016). Na druhou stranu, ani tato technologie nemá jen samá pozitiva, jelikož proti ostatním typům má nejen nižší efektivitu nabíjení, ale také vyšší úroveň samovybíjení, zejména v prostředí s vysokými teplotami. Jejich vývoj neusnadňují ani různé, dosud platné patenty pro nákladní vozidla, které brání větší komercializaci v BEV (Xiaoli a kol., 2020).

Na-NiCl₂ (též sodík-nikl-chloridové) se vyznačují vysokou hustotou energie i výkonu³⁸, vysokou odolností vůči přebíjení i úplnému vybití, vysokým počtem nabíjecích cyklů a velmi příznivou cenou, díky čemuž jsou potenciálně vhodné pro elektrická vozidla. Nabízí se také možnost, ukládat do nich energii z intermitentních zdrojů, jak uvádí Denton (2016) a Xiaoli a kol. (2020). Na druhou stranu, nevýhodou těchto akumulátorů je nejen dlouhá doba nabíjení do plné kapacity, ale zejména nutnost udržovat

³⁶ Ukazuje, jaké množství energie může být uchováno na jednotku objemu nebo hmotnosti baterie (EEA, 2016).

³⁷ Udává, jaké množství energie je ztraceno za určitý čas (EEA, 2016).

³⁸ Ukazatel míry výkonu na jednotku objemu, respektive po jak dlouho může baterie dodávat energii, ale také jak dlouho je nutno ji nabíjet (EEA, 2016).

vysokou teplotu pracovního prostředí i u novějších verzí, a to v rozsahu 245–350 °C. Důvodem je přítomnost sodíku, jež musí být udržován v kapalně formě, přičemž jeho teplota tání je 98 °C. To má, podle autorů Xiaoli a kol. (2020), mimo jiné, vliv na vysokou úroveň samovybíjení (až 10 %/den). Podobný problém se týká i baterií na bázi Na-S (sodík-síra).

V současné době jsou nejvíce využívány lithiové baterie, jež byly poprvé uvedeny na trh v roce 1991. Ty, se na rozdíl od již uvedených typů baterií, vyznačují nižšími dopady na životní prostředí (Martínez a kol., 2019). Charakteristická je pro ně vysoká bezpečnost, dlouhá životnost, nízká úroveň samovybíjení (přibližně 10 %/měsíc), menší velikost a energetická hustota, která se pohybuje okolo 140 Wh/kg s potenciálem až 280 Wh/kg. Nevýhodou jsou naopak vyšší náklady na údržbu a nižší efektivita baterie při teplotních extrémech, kdy jako optimální rozmezí uvádí EEA (2016), spolu s autory Trentadue a kol. (2018) 0–45 °C, což má zásadní vliv i na rychlost nabíjení. Podle Dentona (2016) a EEA (2016), mohou tyto nedostatky, do určité míry, vyřešit řízené tepelné systémy, které budou okolo baterie udržovat optimální teplotu. V současné době jsou tyto akumulátory nejpoužívanější v modelech BEV téměř všech značek.

Právě lithiové baterie jsou považovány za budoucnost, přičemž se v současné době testuje jejich kombinace se sírou, což by mělo zvýšit jejich energetickou hustotu³⁹ i kapacitu. Právě tato nová technologie by podle Dominishe a kol. (2019), měla umožnit obejít se při jejich výrobě, ve srovnání s aktuálně nejčastěji využívanými typy lithiových baterií, bez niklu, kobaltu a manganu, s přibližně polovičním množstvím mědi, ale naopak zhruba 4násobně vyšší spotřebou lithia. Navíc by se při jejich výrobě mělo využívat různých toxických chemikálií, jako je fluorid vodíku, kyselina sírová či kyselina chlorovodíková (Deng a kol., 2017). Podle výpočtů EEA (2016) mohou tyto baterie sloužit okolo 10 let, kdy počet dobíjecích cyklů se odhaduje na 2,5 až 3,5 tisíce. Deng a kol. (2017) navíc uvádí i snížení úrovně samovybíjení, která by se měla pohybovat na úrovni 2 %/měsíc. Celkově se dle výsledků studie jeví tyto baterie jako mnohem šetrnější k životnímu prostředí, zejména v analyzovaných oblastech jako je toxicita pro člověka, toxicita pro mořské a sladkovodní ekosystémy, eutrofizace sladkovodních biotopů či vyčerpání ložisek kovů, kde jsou jejich dopady nižší o více jak 80 %, a to ve srovnání s lithium-iontovými bateriemi (Deng a kol., 2017). Důvodem jsou právě menší dopady v důsledku absence těžkých kovů, a jejich těžby. Nižší by měla být rovněž produkce oxidu uhličitého, a to zhruba o 18 %. Důležité je ovšem zmínit, že těchto výsledků bylo dosaženo z velké části v laboratorních podmínkách.

³⁹ Energetická hustota by se měla zvýšit až teoreticky na 2600 Wh/kg, jak uvádí Deng a kol. (2017). Avšak u již existujících prototypů se podařilo dosáhnout prozatím jen 200 Wh/kg na úrovni celé baterie, což je i tak přibližně dvojnásobek hodnoty, dosahované u komerčně vyráběných lithium-iontových baterií.

V současné době je největším výrobcem baterií Čína (podle IEA 2021b se podílí 70 %), spolu s Jižní Koreou, Japonskem a Spojenými státy, jak uvádí Dominish a kol. (2019). Cílem regionu Evropy je však nezávislost na externích dodavatelích, a proto investuje značné prostředky do výstavby výrobních závodů, přičemž aktuálně se největší továrny nachází v Polsku a Maďarsku (IEA, 2021b). Lokality pro umístění budoucích továren, jsou pak předmětem diskusí, avšak region střední Evropy bude mít v tomto ohledu pravděpodobně největší význam.

Mezi dalšími technologiemi, uvažovanými pro dobíjení elektromobilů či vedoucími ke snížení množství spotřebovávané energie, lze uvést super kondenzátory, které se vyznačují vysokou kapacitou s velmi rychlým dobíjením, téměř neomezenou životností nebo stálostí v široké škále teplot (Diopan, 2018; Denton, 2016). Nevýhodou však je nízká energetická hustota, v současné době neumožňující dlouhodobé zatížení nebo nutnost využití oxidu rutheničelého k jejich výrobě, což je velmi drahý a vzácný prvek. Podle Dentona (2016) je zajímavou alternativou super kondenzátorů i baterií, využití setrvačnicku. Jeho funkcí je akumulace kinetické energie, která by byla brzděním vozidla ztracena, již je následně schopen extrahovat při opětovné akceleraci vozidla. Jak ale uvádí Denton (2016), zatím není vyřešena bezpečnost a efektivita setrvačnicku při velmi vysokých otáčkách. V rekuperaci energie získané brzděním, nacházejí v současné době uplatnění právě super kondenzátory (Diopan, 2018).

Dle Dentona (2016) může řidič prodloužit dojezd elektromobilu nejen plynulou jízdou s citlivou akcelerací a minimálním brzděním, ale také využíváním různého vybavení (například osvětlení, klimatizace či vytápění). Dojezd však ovlivňují i další faktory, zejména změna okolních teplot. Množství dobíjecích cyklů má pak vliv na životnost baterií, jež je dle různých studií (např. Denton (2016)), dosažena ztrátou 20 % kapacity. Podle Peterse a kol. (2017) bude postupné stárnutí baterie hlavní příčinou jejich degradace, a to především pro vozidla, která jsou během kalendářního roku využívána s nižší frekvencí.

3.4.2. Způsoby dobíjení elektromobilů

V současné době reálně existují 3 základní způsoby nabíjení elektrických vozidel, mezi které se řadí nabíjení ze sítě (plug-in), bezdrátové nabíjení a výměna baterií. Níže budou jednotlivé způsoby stručně představeny.

Nabíjení ze sítě je aktuálně nejrozšířenější možností, protože se jedná o fyzické připojení vozidla k nabíjecímu bodu, respektive k elektrické síti⁴⁰, jak uvádí EEA (2016). Rozšíření tohoto způsobu

⁴⁰ K tomuto lze poznamenat, že v elektrické síti je distribuován střídavý proud, avšak baterie může být nabíjena výhradně stejnosměrným proudem, proto proud prochází nejprve měniči, které mohou být buď mimo vozidlo (obvykle se využívá při velmi rychlém nabíjení) či ve vozidle (Xiaoli a kol., 2020). Tímto způsobem lze velmi zjednodušeně popsat princip tohoto způsobu nabíjení.

je dáno již existující infrastrukturou, a vzhledem k ostatním způsobům, i nepoměrně nižšími náklady na vybudování nabíjecího bodu. Tyto nabíjecí body mohou být provozovány jako privátní (provozuje soukromý vlastník ve svém domě, či se může jednat o firmu, která jej zpřístupní svým zaměstnancům), veřejné (provozovány veřejnou správou) či komerční (provozovány soukromými subjekty, ať už pro své zákazníky nebo cíleně za účelem zisku). Nevýhodou, zejména privátních bodů, je poměrně nízká efektivita nabíjení⁴¹, v důsledku čehož umožňují jen velmi „pomalé“ nabíjení, přičemž nabití baterie do plné kapacity může podle EEA (2016) trvat až 8 hodin, studie Xiaoli a kol. (2020) pak uvádí až 12 hodin. Obě hodnoty jsou však uváděny pro elektrické automobily s menší kapacitou baterie, a tedy i kratším dojezdem. Klíčem ke zjištění rychlosti dobíjení je informace o tom, jak je dimenzovaná přípojka – již zastaralá jednofázová s jističem 16 A umožňuje maximální příkon 3,7 kW/hod., běžnější třífázová (3*16 A) již umožňuje příkon až 11 kW. Naproti tomu existuje i „rychlé“ či „superrychlé“ nabíjení (max. příkon 22 nebo i více než 100 kW), pro něž je již vyžadována speciální infrastruktura, přičemž takový způsob lze při častější frekvenci dobíjení označit za kontraproduktivní, jelikož s ním souvisí řada negativ. Lze mezi nimi uvést nižší efektivitu dobíjení (tj. vyšší ztráty energie), ale také pokles celkového počtu nabíjecích cyklů, a tedy snížení životnosti baterie. Podle studie autorů Xiaoli a kol. (2020) je nabíjecí bod s „velmi rychlým“ nabíjením až 180krát dražší než s „pomalým“, a navíc jej řada BEV, včetně PHEV, v základní verzi vůbec nepodporuje.

Výměna baterií představuje poměrně zajímavou možnost, protože se jedná o nahrazení vybité baterie za plně nabitou, ve výměnné stanici, jak uvádí EEA (2016). Mezi výhody tohoto způsobu lze uvést rychlost „dobití“ a také možnost řízeného nabíjení baterií v době, kdy je na trhu či v distribuční síti přebytek energie. Podstatné jsou však nevýhody, mezi které se řadí potřeba existence standardizované baterie, umožňující snadnou, bezpečnou a rychlou výměnu. V současné době však neexistuje nejen žádný sériově vyráběný model používající takové baterie, nýbrž ani společnost, která by takovou možnost komerčně vyvíjela, uvádí EEA (2016). Z toho důvodu lze předpokládat, že náklady na vybudování potřebné infrastruktury a vývoj standardizované baterie, se budou pohybovat minimálně v řádech desítek až stovek milionů amerických dolarů (Xiaoli a kol., 2020).

Posledním způsobem je bezdrátové nabíjení pomocí elektromagnetické indukce, přičemž první zmínka o této technologii se objevila již v 19. století. Tento způsob lze podle výzkumníků Xiaoli a kol. (2020) klasifikovat do tří základních typů, a to: stacionární (nabíjení probíhá na určeném místě, podobně jako nabíjení ze sítě), kvazi-dynamické (krátkodobé dobíjení na vyhrazené ploše – např. autobusová zastávka či na semaforech) a dynamické (velké liniové stavby, například dálnice, na kterých bude elektrické vozidlo dobíjeno kontinuálně, za jízdy). Především poslední dvě možnosti, však prozatím narážejí

⁴¹ Kostopoulos, Spyropoulos, Kaldellis (2020, s. 423) mezi faktory ovlivňujícími tuto veličinu, uvádějí: „nežádoucí elektrochemické reakce uvnitř baterie, zvyšování teploty článků v důsledku vnitřního odporu nebo ztráty ve vedení“.

na absenci potřebných technologií, a zejména pak finanční náročnost takových řešení⁴². Bezdrátové nabíjení aktuálně funguje pouze v několika pilotních lokalitách, které podle EEA (2016) slouží zejména k dobíjení elektrobuses, a jsou přítomny v Nizozemí, Belgii, Velké Británii a v Německu. Dobíjení elektromobilů se testuje zatím jen ve Švédsku. Xiaoli a kol. (2020) uvádí jako jeden z velmi významných benefitů této technologie, že by výrobci nemuseli do elektrických vozidel instalovat baterie s tak velkou kapacitou. Podle jejich odhadu by kapacita baterie mohla být snížena až o 80 %, což by se velmi příznivě projevilo nejen na její hmotnosti či množství spotřebovaných surovin, ale především na ceně vozidla.

3.5. Srovnání benzinového a elektrického pohonu automobilů

Elektrická vozidla mají na rozdíl od konvenčních, několik specifických komponent, mezi které se řadí baterie, elektrický motor, regulátor motoru a regenerativní brzdy. Nyní velmi stručně k těmto komponentám.

Elektrický motor slouží k přeměně elektrické energie, na energii mechanickou, a podle EEA (2016) se vyznačuje násobně vyšší efektivitou, jež dosahuje okolo 80 %, zatímco u spalovacího motoru se pohybuje okolo 18–25 %. A dále vyšší odolností, nižšími náklady na údržbu, menší velikostí (proti spalovacímu) nebo nižší hlučností při nižších rychlostech. Podle autorů Xiaoli a kol. (2020) existují v zásadě 3 typy elektrických motorů, a to: indukční, motor využívající permanentní magnety a spínaný reluktační motor⁴³. Indukční motor se zdá být rozumnou volbou pro využití v elektrických automobilech, a to díky spolehlivosti, nenáročné údržbě, známým technologiím nebo nízké ceně. Nevýhodou je však velmi nízká účinnost při nízkých otáčkách. Další typy uvedenou nevýhodu sice řeší, avšak i ty trpí jistými problémy. V případě motorů využívajících permanentní magnety je to především jejich cena, a otázky vlivu na životní prostředí, a to nejen při dobývání potřebných surovin, ale také po skončení jejich životnosti. V případě spínaných reluktačních motorů je významným nedostatkem vysoká hlučnost, zejména při nízkých otáčkách (Xiaoli a kol., 2020). Veškeré uvedené nedostatky jsou předmětem výzkumu a vývoje, kdy některá možná řešení shrnuje např. právě Xiaoli a kol. (2020). Tito autoři přisuzují motoru využívajícímu permanentní magnety velkou budoucnost, avšak s ohledem na dostupnost potřebných surovin, jim lze do značné míry oponovat.

Regulátor motoru se stará o řízení výkonu elektrického motoru, a reguluje množství energie, dodávané z baterie. Regenerativní brzdy slouží ke zpětnému dobíjení energie v baterii, k čemuž využívají kinetickou energii vzniklou z brzdění. Jsou součástí brzdného systému, kdy mimo jiné, přispívají k jeho nižšímu opotřebení, a tedy vyšší životnosti, jak uvádí EEA (2016).

⁴² Podle odhadu autorů Xiaoli a kol. (2020) by se cena dynamického bezdrátového dobíjení, mohla pohybovat přibližně v řádu 1 milionu \$/km.

⁴³ Využívá princip změny magnetického odporu v magnetickém obvodu motoru (Xiaoli a kol., 2020).

Typy baterií včetně způsobů nabíjení, byly představeny již v předchozí kapitole, přičemž výzkum a vývoj v této oblasti neustále probíhá. Jelikož právě baterie patří mezi nejdražší komponenty elektrických vozidel, je zajímavé sledovat vývoj jejich cen. Podle Henze (2020) se průměrná cena lithiových baterií od roku 2010, snížila zhruba o 89 %, respektive ze zhruba 1 100 \$/kWh na 137 \$/kWh⁴⁴, přičemž tento pokles lze označit za exponenciální. Vzhledem k charakteru exponenciálního poklesu je zřejmé, že aktuální cena se bude snižovat už jen velmi pozvolna. Tomu nasvědčuje i predikce společnosti BloombergNEF, podle níž by pokles ceny pod 100 \$/kWh, měl nastat až po roce 2023, a pod 60 \$/kWh nejdříve po roce 2030 (Henze, 2020). Tohoto poklesu však bude možné dosáhnout pouze za předpokladu, kdy se bude jednat o sériově vyráběné modely automobilů či dojde k významnému průlomu v oblasti ukládání elektřiny do velkokapacitních baterií, a zároveň, ceny vstupních surovin významně nevzrostou. Pokud se však na trh podaří uvést i jiné typy baterií, může jejich cena klesat rychleji, jak uvádí Henze (2020).

Podle EEA (2016) je produkce elektrických vozidel energeticky náročnější ve srovnání s konvenčními, kdy je k jejich výrobě vyžadováno až o 70 % více primárních energetických surovin. Na základě jejich dat, je nejnáročnější výroba baterií a elektromotorů, avšak v závislosti na volbě typu baterie. Pokud je využita lithiová baterie, často s lithium-nikl-kobalt-manganovou katodou a grafitovou anodou⁴⁵, dochází k výraznému zvýšení nejen energetické náročnosti výroby, ale celkově ke zvýšení dopadů na životní prostředí i zdraví lidí, a to zejména v souvislosti s jejich těžbou a zpracováním (Deng a kol. (2017); Dolganova a kol. (2020). Dle výsledků vyplývajících ze studie autorů Vandepaer, Cloutier, Amor (2017), se fáze výroby podílí svými dopady (v případě 75 kWh baterie) více než 65 % z celého životního cyklu, a to konkrétně v oblastech vlivu na zdraví ekosystémů, změny klimatu, zdraví člověka a využívání surovin. Jestliže se k tomu zahrne i obal, do kterého se baterie umísťuje, je dopad ještě minimálně o 10 % vyšší. K podobným výsledkům došli také autoři Peters a kol. (2017), kteří se navíc pokusili tyto dopady normalizovat v grafu. Na základě jejich dat je vyčerpávání abiotických zdrojů, acidifikace nebo poškozování zdraví lidí, daleko větší problém, než vliv na změnu klimatu, způsobenou emisemi skleníkových plynů. Sami autoři však přiznávají, že množství studií analyzujících dopad ostatních vlivů je násobně méně nebo nejsou hodnoceny pro celý životní cyklus baterie, jelikož je takový přístup velmi náročný. Podobné je to podle Peterse a kol. (2017) i s ostatními typy baterií, které nejsou natolik důkladně prozkoumány jako lithiové, popřípadě nejsou hodnoceny za celý životní cyklus.

V budoucnu lze očekávat, že orientace regionů Evropy a USA, které by po Číně, měly představovat největší trhy pro elektromobilitu, bude nevyhnutelně spojena s velmi významnými dopady na krajinu

⁴⁴ Cena se skládá z obalu, a samotných bateriových článků. Průměrná vážená cena obalu se v roce 2020 pohybovala okolo 35 \$/kWh a bateriových článků okolo 102 \$/kWh, jak uvádí Henze (2020).

⁴⁵ Taková baterie, o kapacitě 63,8 kWh, obsahuje podle Denga a kol. (2017) 26,3 kg kobaltu, 26 kg niklu, 24,1 kg manganu a 84,8 kg mědi.

a životní prostředí, a to z hlediska těžby potřebných surovin. V tomto ohledu je však třeba zmínit také nutnost zajištění bezpečnosti dodávek potřebných surovin. Například právě kobalt, patří mezi kovy, jehož produkce je koncentrována převážně do jedné země, konkrétně Demokratické republiky Kongo. Zde se podle Dominishe a kol. (2019) těží asi 58 % světové produkce, přestože je tato země politicky velmi nestabilní. Podobné je to i s těžbou velmi vzácných kovů, kde se Čína podílí dokonce 81 %, zatímco Austrálie jen 15 %. Podle EEA (2016) se energetická náročnost výroby elektromotorů týká zejména permanentních magnetů z velmi vzácných kovů neodymu, dysprosia a samaria, přičemž k jejich výrobě se využívá také kobalt. Mezi dalšími kovy, které se využívají k výrobě baterií lze uvést měď, železo, nikl, hliník a mangan. V případě niklu uvádí Dominishe a kol. (2019) negativní vliv na sladkovodní a mořské ekosystémy. U mědi popisují dopad např. na kontaminaci těžkými kovy, ale existuje také riziko úniku louhu při zpracování tzv. mokrou cestou. Hliník se produkuje převážně v Číně, a jeho výroba je energeticky velmi náročná, přitom je její energetika postavena na uhelných elektrárnách. Tím lze do jisté míry vysvětlit dopad na zdraví člověka a životní prostředí, včetně vlivů na změnu klimatu (Vandepaer, Cloutier, Amor, 2017). Hlavní surovinou pro výrobu lithiových baterií, je samozřejmě lithium, jehož zdrojem jsou solná jezera či solné pánve, produkující rozpustný chlorid lithný, nebo mořská voda. Jak ale upozorňuje Dominishe a kol. (2019), jeho těžba s sebou přináší velké riziko kontaminace vod. Mezi největší producenty lithia patří Čína, Austrálie, Kanada a země Jižní Ameriky, tedy Bolívie, Argentina a Chile. Celkové zdroje jsou odhadovány na 30 milionů tun, kdy podle Dentona (2016) je na 1 kWh baterie nutno použít 0,3 kg, zatímco Dominishe a kol. (2019) udává hodnotu zhruba 0,11 kg.

Naproti tomu může dle EEA (2016), postupný odklon od konvenčních automobilů, snížit poptávku po drahých kovech, jako palladiu, platině a rhodiu, které se využívají v katalyzátorech konvenčních automobilů. Podle mínění autorů Dolganova a kol. (2020) by se negativní vliv produkce baterií mohl sice na jednu stranu snížit jejich využitím například pro ukládání elektrické energie z obnovitelných zdrojů, ale na druhou stranu by se tím prodloužila doba, po kterou budou použité suroviny vázané v bateriích, takže by bylo nutné primární surovinu získat těžbou.

Na základě výše uvedeného lze očekávat, že v souvislosti se získáváním různých surovin pro výrobu obou typů automobilů, vznikají také miliony tun odpadu, a to převážně v zemích mimo Evropu – tudíž jejich přesné objemy nejsou známy. Nelze se domnívat, že v blízké budoucnosti tomu bude jinak, protože objemy nejen těchto odpadů, ale také např. počty kontaminovaných míst, budou i nadále významně narůstat, a to ruku v ruce s tím, jak se bude zvyšovat počet elektrických automobilů. Jednou z hlavních příčin je skutečnost, podle níž s sebou těžba mnohých kovů, přináší značné problémy. Nejzávažnější je situace zřejmě v případě kobaltu, který je podle Dominishe a kol. (2019) zodpovědný za znečištění ovzduší, vody a půdy těžkými kovy, což má velmi negativní vliv na zdraví obyvatel žijících v blízkosti dolů. Dokladem může být skutečnost, kdy se tato místa řadí mezi nejvíce znečištěné oblasti

světa. Problémem jsou také velmi nebezpečné pracovní podmínky v dolech, či využívání dětské pracovní síly, zejména v menších dolech, které se podílejí zhruba pětinou. Studie autorů Vandepaer, Cloutier, Amor (2017) dále uvádí, že k výrobě lithiových baterií se používá také polytetrafluoretylen, který má významný vliv na úbytek ozonové vrstvy.

Do budoucna se však očekává vzestup významu recyklace, která se v současné době ekonomicky často nevyplatí. V této souvislosti ale například EEA (2016) předpokládá, že to budou mnozí velcí výrobci elektromobilů, kdo začne usilovat o vytvoření uzavřeného systému od výroby po skončení životnosti, se zahrnutím recyklace, což k povede k extrahování a opětovnému využití většiny výše uvedených surovin, čímž se sníží potřeba jejich těžby. Odhaduje se například, že lithium bude během několika následujících let z 95 % recyklovatelné⁴⁶, přestože se získané množství liší podle použitého procesu recyklace (podrobněji např. Martínez a kol. (2019)). Přitom podle Martíneze a kol. (2019) se v období 2013–2014 recyklovalo jen okolo 3 % spotřebovaného lithia, a během několika dalších let se tento podíl zvýšil asi na 10 % (Dominish a kol., 2019). Mezi důvody takového stavu autoři řadí nedostatečnou legislativu v této oblasti, neexistující systém sběru a nedostatek technologií (včetně těch cenově dostupných) pro recyklaci. Podobná je situace i v případě recyklace manganu, jak uvádí Dominish a kol. (2019). Naopak v případě mědi a hliníku se recykluje odhadem 70 % spotřebovaného množství, zatímco u kobaltu a niklu se hodnota pohybuje na úrovni 90 %. U všech uvedených kovů se však odhaduje potenciální recyklace až na úrovni 95 %, kdy vyššího množství není reálné dosáhnout, a to z technických důvodů.

Vzhledem k technickým odlišnostem elektrického automobilu a konvenčního automobilu se spalovacím motorem, bude mimo jiné, nutné přesvědčit majitele vozidel o výhodách či nevýhodách obou z nich. Jednou z metod, jak tyto údaje získat, je vlastní zkušeností s řízením či jízdou v elektromobilu, což podporuje například ME (2018)). Dále si proto shrneme závěry vyplývající z těchto zkušeností. Jedním ze zjištění, na základě provedené testovací jízdy modelu Volkswagen e-Golf, je například skutečnost, podle níž se spotřeba elektrického vozidla značně zvyšuje při jízdě do kopce, anebo při vyšších rychlostech nad 80 km/h (Petříček, 2019). Především vyšší rychlosti však závisí na typu vozidla, jelikož téměř každý model má jiné parametry. Podle Petříčka (2019) navíc elektromobil při poklesu stavu baterie pod určitou mez, automaticky omezuje maximální rychlost nebo vypíná topení či klimatizaci, což by mohl být problém zejména v chladných či naopak teplých dnech. Podle provedeného šetření výzkumníků Labeye a kol. (2016), kteří pro účely studie zapůjčili respondentům elektromobil⁴⁷, jsou tito na jedné straně ochotni do budoucna více plánovat své cesty, ale případnou potřebu dobíjení po cestě

⁴⁶ Předpokládá se jeho získání především z katod, protože například z elektrolytu jej není možné vyextrahovat (Martínez a kol., 2019).

⁴⁷ Šetření bylo provedeno v Paříži, a to na 36 respondentech, kteří se studie účastnili od začátku do konce, po dobu 6 měsíců (Labeye a kol., 2016). Autoři sami uznávají, že šetření nelze vztáhnout na celou populaci, jelikož hlavní podmínky pro výběr respondentů, spočívaly v pravidelném užívání automobilu, s určitým počtem ujetých kilometrů za den.

vnímají spíše negativně. K podobnému závěru, ohledně potřeby dobíjení po cestě, došli také autoři⁴⁸ Bunce, Harris, Burgess (2014). Naopak možnost dobíjení v domácnosti či v zaměstnání považuje více než 80 % respondentů za výhodu (Labeye a kol. (2016)), což potvrzuje také Bunce, Harris, Burgess (2014), podle nichž více než 5x za 3 měsíce, dobíjelo na veřejné stanici pouze 14 % respondentů. V tomto ohledu se dá vysledovat jistá korelace, kdy ti, kteří jezdí pravidelně, nebo ví, jakou vzdálenost za den ujedou, dobíjí doma nebo v zaměstnání, zatímco ti, kteří jezdí nahodile nebo různé dlouhé trasy, dobíjí při každé vhodné příležitosti. Každopádně respondenti z obou studií se shodují, že baterii začínají dobíjet v dostatečném předstihu před „signalizací nízkého stavu baterie“, a proto se nedostali do stavu, kdy se jejich vozidlo přepne do tzv. „úsporného režimu“.

Obecně není pro respondenty používání elektromobilu, proti klasickému automobilu, o nic náročnější, zato obavy o dojezdovou vzdálenost přiznává okolo 67 % z nich, což potvrzují také zkušenosti Petříčka (2019). Tyto obavy se však postupně snižují, a po šesti měsících používání, je přiznává asi polovina všech respondentů. Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že jízda elektrickým automobilem si vyžádá daleko větší důraz nejen na plánování trasy (např. z pohledu členitosti terénu, po kterém bude probíhat cesta či počtu dobíjecích stanic), nýbrž i „předvídaní“ neočekávaných událostí na trase. Osvojení těchto dovedností si vyžádá určitý čas, avšak s každou další cestou se budou tyto dovednosti postupně zdokonalovat, jak ostatně potvrzují závěry studie Labeye a kol. (2016). Totéž koneckonců dokazuje také Bunce, Harris, Burgess (2014), podle nichž se plánování trasy, bez nutnosti využít veřejné dobíjení, podařilo po 3 měsících 85 % respondentů, zatímco v okamžiku pořízení vozidla, to bylo 76 %. Ze závěrů rovněž vyplývá, že respondenti preferovali použití elektromobilu v téměř 84 % cest, a to převážně na kratší vzdálenosti, přestože měli k dispozici vlastní automobil se spalovacím motorem (Labeye a kol., 2016). Zajímavá je také změna vnímání dopadu automobilů na životní prostředí, kdy zprvu byli respondenti ohledně elektromobilů velmi optimističtí, protože byli přesvědčení, že se díky jejich užívání, na místo konvenčních automobilů se spalovacím motorem, podaří snížit emise CO₂, jak uvádí Bunce, Harris, Burgess (2014). Postupem času si však začali klást otázky spojené s dopady výroby elektromobilů (především jejich baterií) na životní prostředí či otázky týkající se produkce elektrické energie (77 % je přesvědčeno, že by měly být nabíjeny výhradně elektřinou produkovanou OZE), a proto souhlas s tímto tvrzením klesl z 92 % na 64 % po 3 měsících. Navzdory tomu, převážná většina respondentů vyjadřuje ochotu platit více za vozidlo, které škodí životnímu prostředí, přičemž k tomuto tvrzení se po 3 měsících, přiklání téměř 3/4 z nich, jak uvádí Bunce, Harris, Burgess (2014). V druhé části této práce se budeme, mimo jiné, zabývat vlivy na životní prostředí, a to porovnáním konvenčních automobilů se spalovacím motorem, a BEV. Zjistíme tedy, zda jsou předpoklady o nižším vlivu BEV na životní prostředí, založené na realitě či nikoliv.

⁴⁸ Průzkum proběhl na 135 respondentech ve Velké Británii. Poprvé v okamžiku pořízení elektromobilu, a podruhé znovu po 3 měsících, jak uvádí Bunce, Harris, Burgess (2014).

4. EMPIRICKÁ ČÁST

4.1. Definice parametrů scénářů

Pro hodnocení v empirické části budeme uvažovat výhradně BEV, jelikož v případě PHEV (hlavní odlišnosti obou typů viz podkapitola 3.1.1), je daleko obtížnější odhadovat, kolik kilometrů ujede automobil na elektřinu, a kolik s využitím spalovacího motoru. Pro jednotlivé scénáře budeme zjišťovat dva hlavní cíle, které budou rozděleny do 2 hlavních částí. V 1. části se budeme věnovat vyhodnocení náročnosti elektromobility na energetiku, a dále srovnání celkové spotřeby průměrného konvenčního vozidla a BEV, za celý životní cyklus ve fázi provozu a výroby průměrné lithiové baterie. 2. část bude věnována zjištění přibližných emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂, a to opět za celý životní cyklus ve fázi provozu vozidla a emisí vznikajících při výrobě průměrné baterie. Tyto výsledky budou následně porovnány s emisemi při provozu průměrného konvenčního automobilu.

Než přistoupíme k samotné definici předpokladů pro jednotlivé scénáře, za účelem vyhodnocení dopadů rozvoje BEV na energetiku a životní prostředí, musíme si stanovit proměnné, a s nimi související parametry, které budou do jednotlivých fází výpočtů vstupovat. Právě na základě takto definovaných předpokladů, budeme následně směřovat k zodpovězení toho, jaké jsou potenciální dopady rozvoje elektromobility na energetiku a životní prostředí, a to jednotlivě pro každou zemi Visegrádské skupiny, přičemž každý z jednotlivých scénářů, bude směřovat vždy do jiného časového období.

Proměnné, a s nimi související parametry, vstupující do 1. části výpočtů:

- Prvním parametrem je počet osobokilometrů pro IAD, což je ukazatel přepravního výkonu, který udává výsledek přepravy jedné osoby na vzdálenost 1 kilometru. Tyto hodnoty, predikované pro budoucnost, lze nalézt převážně v národních strategických dokumentech, zato aktuální hodnoty v databázi Eurostat (2021). Jejich shrnutí za jednotlivé země, se nachází v *tabulce 1* na str.61. Využití tohoto ukazatele je pro účely této práce zcela logické, jelikož stačí vzít tento údaj pro individuální automobilovou dopravu, respektive počet osobních vozidel, a přepočítat jej průměrnou spotřebou elektromobilu na kilometr, abychom získali množství elektrické energie, potřebné k dobití. Není tedy nutné využívat různé modely týdenního či měsíčního dobíjení, jež využívají mnozí autoři ve svých studiích (např. Wörner a kol. (2021)), přestože jejich sestavení vyžaduje předpoklad či znalost určitých typických časů dobíjení, které se však mohou měnit nejen podle místa bydliště (typicky sídliště x rodinný dům) nebo sektoru zaměstnanosti (služby x průmysl), nýbrž i podle aktuální situace. Také není nutné modelovat či odhadovat průměrný počet ujetých kilometrů, k získání spotřeby elektromobilu za určitý časový úsek. Přesto, ani osobokilometry nejsou zcela ideálním ukazatelem, jelikož zcela přesně neodrážejí realitu. Jsou získány výpočty na základě jiných parametrů, nebo k jejich zjištění není

používána jednotná metodika, což je právě případ jednotlivých zemí. Pro použití tohoto ukazatele ve všech scénářích, bylo navíc nutné, z důvodu absence hodnoty za rok 2025 pro Maďarsko, a neexistující hodnotě za rok 2019 pro Polsko, přistoupit k určitým kompromisům, popsaných v poznámce pod *tabulkou 1*.

- Druhým parametrem je efektivita dobíjení, respektive ztráty energie při dobíjení. Důvodem, proč tento parametr musíme uvažovat je skutečnost, kdy v průběhu dobíjení záleží na mnoha okolnostech, jako je rychlost dobíjení, respektive velikost proudu použité dobíjecí stanice nebo úroveň výchozí a konečné kapacity baterie, jak uvádí Trentadue a kol. (2018). Pro účely této práce budeme uvažovat množství skutečně spotřebované elektrické energie pro dobití baterie, na základě výsledků Wielera (2021). Jak je patrné z tabulky 2 v příloze, měření bylo provedeno na 29 vozidlech, přičemž zjištěné hodnoty se pohybují v poměrně širokém rozpětí 7,4 až 30,1 %. Pro zjednodušení, budeme uvažovat jen průměrnou hodnotu 15,5 %. Podobné hodnoty dosáhli také např. výzkumníci Kostopoulos, Spyropoulos, Kaldellis (2020), a to konkrétně 13,5 % (při dobíjení z 20 na 100 % kapacity baterie)⁴⁹, přestože ti svou studii orientovali pouze na starší model vozidla BMW i3. Jak je patrné z výsledků studie Trentadue a kol. (2018), klíčem k dosažení podobných hodnot, je nejen teplota prostředí⁵⁰, ale také výchozí kapacita baterie. Právě se zvyšující se úrovní kapacity baterie při zahájení dobíjení, významně klesá jeho efektivita, respektive ztráty energie se významně zvyšují. Navzdory těmto tvrzením, budeme ve všech výpočtech uvažovat uvedenou hodnotu 15,5 % pro ztráty energie při dobíjení, přestože většina dobití BEV, nebude s největší pravděpodobností uskutečňována do plné kapacity baterie. Důvodem pro toto rozhodnutí, je např. význam jejího postupného opotřebení, které nelze přesně modelovat, jelikož do hry vstupují další faktory, jako je počet provedených úplných dobíjecích cyklů (0–100 %), použitá dobíjecí stanice (rychlé x pomalé dobíjení), stáří baterie nebo její typ. Obecně se však předpokládá životnost baterie minimálně po dobu 8 let, což je i doba, po kterou podle studie Kostopoulos, Spyropoulos, Kaldellis (2020) poskytují výrobci elektromobilů záruku, EEA (2016) pak odhaduje 10 let. My při výpočtech rovněž budeme předpokládat životnost baterie alespoň 10 let, stejně jako Peters a kol. (2017). Pokud navíc vezmeme průměrný počet osobokilometrů za rok v jednotlivých zemích, a vydělíme počtem osobních vozidel (obě vstupní hodnoty shrnuje *tabulka 1*), dojdeme k hodnotě zhruba 13,26 tisíc kilometrů, které ujede průměrné vozidlo za rok. Jako parametr však

⁴⁹ Podle závěrů jsou nejnižší rozdíly při dobíjení v rozmezí 20–80 % kapacity baterie, a to přibližně 11,2 %, přičemž v tomto intervalu se baterie zároveň dobíjí nejrychleji. Zato při dobíjení z 80 na 100 % kapacity baterie, se ztráty pohybují téměř na dvojnásobné úrovni proti prvnímu typu (asi 20,35 %), a doba dobíjení se prodlužuje až o polovinu proti době, nutné k dobití z 20 na 80 %, jak uvádí Kostopoulos, Spyropoulos, Kaldellis (2020).

⁵⁰ Běžnou teplotou se rozumí dobíjení při 25°C, přestože je tato teplota v regionu V4 obvykle dosahována jen během léta. Zajímavým zjištěním Trentadue a kol. (2018) však je, že při dobíjení při teplotě 40°C se efektivita nabíječky sníží průměrně jen o 1 %, zatímco při teplotě -15°C činí efektivita dobíjení jen 69 %, a při teplotě -25°C již některé nabíječky nejsou schopné provozu.

budeme uvažovat hodnotu za dobu teoretické životnosti baterie, tedy 10 let, zaokrouhlenou na 133 tisíc km. Pro rok 2025 pak hodnotu 141 tisíc km, respektive 143 tisíc km pro rok 2030, vycházejících z národních strategických dokumentů. Například Hubka (2019) ve své analýze pro Česko uvažuje 20000 km/rok. Použití výše uvedeného postupu je však pro účely této práce daleko rozumnější.

- Třetím parametrem je spotřeba elektrické energie na 1 km BEV, určená na základě mediánu (tedy hodnota 188 Wh/km), vycházející z aktuální nabídky elektrických vozidel (viz tabulka 1 v příloze této práce). Tento parametr je výsledkem průměrných hodnot dojezdu a využitelné kapacity baterie (pokud je uvedena výrobcem), uvedených v databázi Electric vehicle database (2021). K získání této, respektive přesnější hodnoty by bylo možné dojít rovněž modelací aktuálního zastoupení jednotlivých modelů BEV ve vozovém parku jednotlivých zemí, a následným přepočtem na uvažovaný počet elektromobilů v každé zemi. Na druhou stranu, takový přístup by byl nepoměrně náročnější na zpracování, a především, odrážel by pouze aktuální stav. Složení vozového parku se však průběžně mění spolu s tím, jak na trh přicházejí nové modely. Vzhledem k nízkému výchozímu absolutnímu počtu BEV, lze předpokládat, že tyto změny jsou velmi rychlé. Jelikož lze do budoucna očekávat další technický pokrok, který zcela jistě vyústí ve snižování spotřeby elektrické energie na 1 km, očekáváme pro rok 2025 snížení průměrné spotřeby BEV o 5 %, a pro rok 2030 o 9 % vůči aktuálnímu stavu.
- Další parametry budou sloužit k hodnocení spotřeby konvenčního automobilu a BEV po dobu uvažované životnosti 10 let. Pro hodnocení konvenčního automobilu budeme předpokládat průměrnou spotřebu konvenčního vozidla (benzinového i naftového ve střední třídě) v Evropě, na úrovni 5,69 l/100 km, jak tento údaj uvádí ERTRAC (2017). Zjištění reálného údaje o aktuální spotřebě benzínu a nafty v jednotlivých zemích výhradně pro osobní vozidla není možné, jelikož se tento údaj nesleduje, nebo se velice často uvádí průměrná spotřeba, ale jen pro nové modely vozidel. Do roku 2030 by se podle ERTRAC (2017) měl tento údaj snížit na 4,17 l/100 km, přičemž pro rok 2025 uvažujeme průměr obou hodnot, tedy 4,93 l/100 km. Pro výpočet budeme dále potřebovat údaje o energetické hodnotě ropy a energetické náročnosti rafinace pohonných hmot, přičemž obě hodnoty převezmeme ze studie autorů Muha, Peroša (2018). Hodnotu energetické náročnosti celého životního cyklu lithiových baterií, což je typ využívaný všemi aktuálně dostupnými BEV, převezmeme z rešerše provedené autory Ellingsen a kol. (2013). Energetická náročnost se podle jejich závěrů, pohybuje průměrně okolo 162,78 kWh na 1 kWh kapacity baterie. Ač je tento údaj již mírně zastaralý, novější rešerše, zaměřená výhradně na lithiové baterie pro BEV, a zároveň vycházející z velkého množství studií, prozatím neexistuje. Jako příklad uveďme rešerši autorů Peterse a kol. (2017), kteří sice došli k dvojnásobné průměrné hodnotě 328 kWh, avšak při svém výzkumu uvažovali všechny

dostupné baterie, bez ohledu na určení pro BEV. Údaj o kapacitě baterie budeme uvažovat na úrovni 45 kWh, což je modus, respektive nejčastější hodnota, vycházející z aktuální nabídky BEV na evropském trhu (viz tabulka 1 v příloze). Tato hodnota se blíží hodnotě 35 kWh, uveřejněné v publikaci ERTRAC (2017), přestože ta vycházela z nabídky a dat roku 2016. Pro roky 2025 a 2030 uvažujeme zvýšení kapacity baterie vždy o 10 kWh, což je také hodnota zapadající do intervalu ERTRAC (2017) pro rok 2030.

Proměnné, a s nimi související parametry, vstupující do 2. části výpočtů:

- Prvním parametrem jsou odhady emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂, za celý životní cyklus jednotlivých energetických zdrojů, převzaté z analýzy Schlömera a kol. (2014). Uvedené údaje však byly počítány pro celý svět, a jelikož jsou energetické zdroje ve všech zemích skupiny V4 převážně zastaralejší, budeme, pro zjednodušení, počítat s mediány těchto emisí. Jistým limitem uvedených hodnot, je samozřejmě jejich zastaralost, protože byly počítány na základě technologií dostupných v roce vzniku analýzy, jak uvádějí Schlömer a kol. (2014). Jelikož jsou uvedené hodnoty v jednotce kWh, bude zjištěná suma vydělena hodnotou mediánu spotřeby BEV v jednotce km/kWh. Jistým kompromisem při těchto výpočtech, bude přehlednutí kombinovaných cyklů výroby elektrické energie nebo tepla, jelikož je národní strategické dokumenty ve svých predikcích neuvažují. Totéž platí i o uvedené hodnotě pro solární parky a fotovoltaické panely na střechách, a jelikož budeme uvažovat jejich přibližný podíl 50 na 50, pro výpočet vezmeme průměr obou hodnot. Ke kompromisu musíme, bohužel, přistoupit také v případě uhelných elektráren spalujících hnědé nebo černé uhlí, jež analýza nijak nerozlišuje, a proto bude ve výpočtech uvažována suma obou. Samotné hodnoty, které budou platné pro všechny scénáře, jsou uvedeny v *tabulce 2*. Jelikož jsou údaje uvedeny na 1 kWh, a BEV ve skutečnosti odebere o 15,5 % elektrické energie více (viz výše), musíme tyto ztráty do výsledných emisí také započítat.
- Druhým parametrem je aktuální složení energetického mixu jednotlivých zemí (viz *tabulka 3* a *tabulka 4*), respektive podílu jednotlivých energetických zdrojů, kdy data jsou převzata z IEA (2021a). Tyto údaje použijeme pouze pro analýzu počátečního stavu. Jak naznačují údaje v obou tabulkách, Slovensko v roce 2019 importovalo zhruba 5,6 % elektriny, Polsko 6,1 % a Maďarsko dokonce 27,1 %, tudíž pro zpřesnění výsledků, musíme započítat i tyto importy. Za tímto účelem jsou v *tabulce 3* uvedeny také podíly energetických zdrojů Ukrajiny, Rakouska, Rumunska a Srbska, tedy zemí, ze kterých především Maďarsko, importuje elektrickou energii, a Ukrajiny, Německa, Švédska a Litvy, ze kterých importuje elektrickou energii naopak Polsko

(viz *tabulka 4*). Jak vyplývá z ročenky SEPS, a. s. (2020), Slovensko importovalo v roce 2019⁵¹, 75,8 % elektřiny z Česka a 24,2 % z Polska. Maďarsko importovalo v roce 2018, 41,2 % ze Slovenska, 30,8 % z Ukrajiny, 19,3 % z Rakouska, 5,8 % ze Srbska a 2,8 % z Rumunska, jak vyplývá z údajů MIT (2019). A Polsko v roce 2019 importovalo 22,4 % z Německa, 17,8 % z Česka, 28,1 % ze Švédska, 13,4 % z Ukrajiny, a konečně 18,2 % z Litvy, jak uvádí Derski, Zasuń (2020). Přestože se energetický mix i těchto zemí bude nevyhnutelně proměňovat, za účelem zjednodušení budeme uvedené podíly jednotlivých energetických zdrojů z roku 2019 využívat pro všechny scénáře. Pro oba definované scénáře (viz kapitola 4.3) pak použijeme podíly energetických zdrojů tak, jak je predikují národní strategické dokumenty jednotlivých zemí (viz *tabulka 5*) pro roky 2025 (scénář 1) a 2030 (scénář 2). Přestože i tyto vycházejí z různých scénářů, s různou pravděpodobností, často budeme používat střední či realistické scénáře – jaké přesně, to je uvedeno v poznámce pod *grafem 10* na str. 45, jelikož obě tabulky z údajů, v tomto grafu, vychází.

- Další parametry budou sloužit k vyhodnocení množství skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ pro konvenční vozidlo se spalovacím motorem, a BEV. Pro hodnocení BEV vezmeme údaj o emisích za dobu životnosti lithiové baterie 172 kg/1 kWh kapacity baterie, jak jej uvádí autoři Ellingsen a kol. (2013) ve své rešerši. Podobnou hodnotu, konkrétně 168 kg/1 kWh, při svých výpočtech použil také Hubka (2019). Zato např. výzkumníci Peters a kol. (2017) došli k průměrné hodnotě 110 kg/1 kWh, jenže ti vycházeli z analýzy studií pro všechny typy baterií, bez ohledu na to, zda jsou určeny pro BEV. Při našich výpočtech dále využijeme průměrnou kapacitu baterie a její předpokládanou životnost v km (viz výše). K vyjádření emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ konvenčního automobilu, použijeme hodnoty uvedené v databázi EEA (2021) pro osobní automobily, za každou zemi. Jelikož jsou tyto emise uváděné v tunách, převedeme je na gramy, a vydělíme počtem osobních vozidel z *tabulky 1*. Takto získaný údaj následně vydělíme průměrným počtem kilometrů za rok, čímž získáme údaj o emisích průměrného vozidla ve všech zemích skupiny V4 za rok. Průměr těchto emisí, pro všechny země, vychází 140 g/vozidlo/km za rok 2019. Tento údaj tedy přibližně odpovídá hodnotě 149,5 g/km v roce 2016, uvedené ve studii ERTRAC (2017), přestože ta se zaměřuje na celou Evropu. Pro rok 2030 následně použijeme údaj 110 g/km, uvedený v ERTRAC (2017), a pro rok 2025, průměr obou hodnot, tedy 125 g/km. Obě hodnoty již budeme uvažovat shodně pro všechny země, přestože tím, zcela nevyhnutelně, nivelizujeme některé zásadní odlišnosti např. stáří vozového parku.

⁵¹ Hodnoty byly zjištěny využitím údajů (pouze zemí s kladným výsledkem rozdílu importu a exportu) rozdílu importu a exportu, zjištěním jejich podílu, a jejich následným přepočtem na údaj o kladném importu z dat IEA (2021a). Jedná se tedy o velmi hrubý odhad, protože zjištění reálných údajů není možné.

Na závěr si shrňme jednotlivé parametry, jejichž označení bude shodné pro všechny scénáře. Pokud není uvedeno jinak, platí hodnota pouze pro počáteční stav:

- C_e : průměrná spotřeba elektřiny na km: 188 Wh;
- C_{ekm} : spotřeba BEV v km/kWh: $\frac{1000}{C_e} = \frac{1000}{188 \text{ Wh}} = 5,31915 \text{ km/kWh}$
- C_b : průměrná spotřeba konvenčního vozidla 5,69 l/100 km;
- TP : počet osobokilometrů osobních vozidel – variabilní pro každou zemi a každý scénář viz *tabulka 1*;
- SE : koeficient % nahrazení osobních automobilů, BEV (hodnoty 0–100 %), respektive jimi ujetého počtu osobokilometrů za rok – variabilní pro každou zemi a každý scénář (viz *tabulka 1*);
- Ch_i : průměrné ztráty elektrické energie vzniklé při dobíjení 15,5 % (pro všechny scénáře);
- SL : počet kilometrů ujetý za dobu životnosti baterie (10 let) 133 tisíc km;
- QSn : energetická hodnota ropy 10,1 kWh/l (pro všechny scénáře);
- Rg : rafinace pohonných hmot 6 kWh/galon (galon = 3,7854 l), platí pro všechny scénáře;
- E_{bt} : emise skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ v tunách/rok, produkováné osobními automobily: Česko 11 721 620, Slovensko 4 361 880, Polsko 33 049 835, Maďarsko 8 135 895;
- $qE LO$: energie spotřebovaná při výrobě baterie 162,78 kWh/ kWh kapacity (platí pro všechny scénáře);
- BC : kapacita baterie 45 kWh;
- $CO_2 LC$: emise skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ za dobu životnosti baterie (172 kg/1 kWh), platné pro všechny scénáře;
- E : medián emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ jednotlivých typů elektráren (udává dolní index) dle *tabulky 2*;
- S : podíl jednotlivých typů elektráren (udává dolní index) na výrobě elektřiny dle *tabulky 3 a tabulky 4* pro počáteční stav a *tabulka 5* pro scénáře 1 a 2;
- SI : podíl jednotlivých zemí na importu elektřiny (viz definice proměnné pro 2. část výpočtů);
- SIT : podíl importu na výrobě elektřiny dle *tabulky 3 a tabulky 4* pro počáteční stav a *tabulka 5* pro scénáře 1 a 2;

Tabulka 1: Hlavní proměnné pro jednotlivé scénáře pro aktuální stav, rok 2025 a 2030 pro země skupiny V4

Země	Období	Počet osobokilometrů v mld.	Celkový počet osobních automobilů	Počet BEV	Koeficient SE
Česko	Aktuální stav	76,20000	5 924 995	7 109	0,120
	2025	77,30000	6 260 000	51 321 ²⁾	0,820
	2030	77,73200	6 520 000	200 000	3,067
Slovensko	Aktuální stav	33,10762	2 393 577	1 863	0,078
	2025	37,70297	2 439 289 ¹⁾	10 627 ²⁾	0,436
	2030	42,33844	2 485 000	18 598 ²⁾	0,748
Maďarsko	Aktuální stav	67,03448	3 812 013	6 101	0,160
	2025	70,67624 ¹⁾	4 056 006 ¹⁾	46 298 ²⁾	1,141
	2030	74,31800	4 300 000	103 206 ²⁾	2,400
Polsko	Aktuální stav	213,31800	24 360 166	6 556	0,027
	2025	283,25000	25 680 083 ¹⁾	525 531 ²⁾	2,046
	2030	291,10000	27 000 000	–	–

¹⁾ Průměr hodnot aktuálního stavu a údaje z roku 2030

²⁾ Původní hodnota je dána pro BEV a PHEV dohromady. Uvedená hodnota je proto přepočtena podle aktuálního podílu PHEV a BEV dle EAFO (2021b).

Poznámka: Počet osobokilometrů pro aktuální stav, představují údaje z roku 2019, a to s výjimkou Polska, pro které je dostupný údaj pouze za rok 2016. Počet automobilů v řádku aktuální stav, je za rok 2019. Počet BEV pro aktuální stav je za rok 2020, a to z důvodu velice výrazného nárůstu oproti roku 2019.

Zdroj: EAFO (2021b), Eurostat (2021), ITM (2019), ME (2018), MI (2019), MHSR (2019a), MHSR (2019b), MIT (2019), MPO (2019a), MPO, MŽP, MD (2019), vlastní zpracování

Tabulka 2: Parametry vybraných energetických zdrojů využívaných k produkci elektrické energie

Typ elektrárny	Efektivita výroby (medián) v %	Průměrná životnost (roky)	Emise během celého životního cyklu (min/medián/max) v g _{ekv} CO ₂ /kWh
Uhelné	39	40	740/820//910
Plynové – kombinovaný cyklus	55	30	410/490/650
Biomasa – nezávislý zdroj	31	40	130/230/420
Geotermální	–	30	6/38/79
Vodní	–	50	1/24/2200
Jaderné	33	60	3,7/12/110
Solární (střechy)	–	25	26/41/60
Solární parky	–	25	18/48/180
Větrné (pevnina)	–	25	7/11/56
Větrné (mimo pevninu)	–	25	8/12/35

Poznámka: Tabulka uvádí pouze energetické zdroje s parametry, které byly komerčně dostupné v roce 2014.

Zdroj: Schlömer a kol. (2014), vlastní zpracování

Tabulka 3: Podíly jednotlivých energetických zdrojů na výrobě elektrické energie v roce 2019 v Maďarsku a země ze kterých importovalo elektrickou energii

Typ elektrárny	Maďarsko	Slovensko	Ukrajina	Rakousko	Rumunsko	Srbsko
Uhelné	8,9	9,0	29,5	4,4	22,5	68,1
Jaderné	34,8	50,7	53,8	–	18,4	–
Plynové	18,3	10,2	7,7	15,0	14,6	1,8
Spalující ropu	0,1	1,5	0,3	0,9	1,0	0,1
Vodní	0,5	15,2	5,1	56,7	26,2	27,1
Větrné	1,6	0,0	1,3	9,7	11,1	2,4
Solární	3,0	2,0	1,9	2,2	2,9	0,0
Geotermální	0,0	–	–	–	–	–
Biomasa a bioplyn	4,5	5,5	0,3	5,7	0,8	0,4
Ostatní	1,1	0,3	0,1	1,5	–	–
Import	27,1	5,6	–	4,0	2,5	0,2
Celkem v GWh	46 741	30 134	154 141	77 364	61 141	37 676

Poznámka: Každá země importuje určité množství elektrické energie, což je dáno povahou energetického systému. Uvedený údaj je proto již očištěn o export, a vyjadřuje záporné saldo elektrické energie.

Zdroj: IEA (2021a), vlastní zpracování

Tabulka 4: Podíly jednotlivých energetických zdrojů na výrobě elektrické energie v roce 2019 v Česku, na Slovensku a v Polsku a země ze kterých Slovensko a Polsko importovalo elektrickou energii

Typ elektrárny	Česko	Slovensko	Polsko	Ukrajina	Německo	Švédsko	Litva
Uhelné	45,3	9,0	69,0	29,5	29,9	0,7	0,1
Jaderné	34,8	50,7	–	53,8	12,3	39,3	–
Plynové	6,7	10,2	8,5	7,7	14,9	0,2	42,9
Spalující ropu	0,1	1,5	1,0	0,3	0,8	0,1	–
Vodní	3,6	15,2	1,5	5,1	4,2	38,8	27,9
Větrné	0,8	0,0	8,7	1,3	20,7	11,8	2,0
Solární	2,7	2,0	0,4	1,9	7,6	0,4	0,0
Geotermální	–	–	–	–	0,0	–	–
Biomasa a bioplyn	5,7	5,5	4,3	0,3	7,3	6,7	12,3
Ostatní	0,4	0,3	0,5	0,1	2,3	2,0	–
Import	–	5,6	6,1	–	–	–	14,8
Celkem v GWh	87 032	30 134	174 612	154 141	609 065	168 439	7 563

Zdroj: IEA (2021a), vlastní zpracování

Tabulka 5: Predikce podílu jednotlivých energetických zdrojů na výrobě elektrické energie v roce 2025 a 2030 v zemích skupiny V4

Typ elektrárny	Česko		Slovensko		Maďarsko				Polsko	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Uhelné	39,7	36,6	3,2	0,3	–	–	–	–	65,2	61,2
Jaderné	36,2	37,5	63,4	64,7	44,6	48,0	29,7	27,0	–	–
Spalující ropu nebo plyn	4,7	4,8	9,8	10,0	35,1	33,5	40,8	48,9	9,3	6,5
Vodní	3,0	3,0	13,1	13,5	0,5	0,4	0,5	0,4	1,6	1,5
Větrné (pevnina)	1,6	1,9	1,4	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	12,8	11,7
Větrné (na moři)	–	–	–	–	–	–	–	–	1,1	7,0
Solární	4,3	4,2	1,9	2,2	7,9	10,8	7,9	10,8	2,7	3,5
Biomasa a bioplyn	7,1	8,3	7,1	7,7	5,7	5,4	5,7	5,4	6,4	7,7
Ostatní	3,3	3,7	0,0	0,1	0,5	0,7	0,5	0,7	1,1	1,0
Import	–	–	–	–	4,2	–	13,3	3,3	–	–
Celkem v GWh	83 826	84 013	35 310	34 600	49 555	61 189	49 455	54 389	187 700	201 000

Poznámka: Pro Maďarsko jsou uvažovány dva scénáře. První dvojice sloupců platí pro situaci, kdy se podaří rozšířit JE Paks, zatímco druhá dvojice pro reálnější situaci, kdy se rozšíření JE Paks nepodaří.

Zdroj: MCE (2019), MHSR (2019a), MIT (2019), MND (2012), MPO (2014), vlastní zpracování

4.2. Analýza počátečního stavu

V tomto scénáři, vyhodnotíme, jaký je aktuální dopad elektromobility na energetiku a životní prostředí v jednotlivých zemích skupiny V4. Za účelem komparace, budou vypočteny také dopady konvenčních vozidel se spalovacím motorem, a to z pohledu jejich spotřeby a produkovaných emisí. Pro tyto účely využijeme aktuálně dostupné údaje a parametry (viz předchozí kapitola). Výsledky však budou zatíženy několika kompromisy, k nimž bylo nutno v rámci zjednodušení přistoupit, ale také nedostatky statistických údajů, ať už absolutních (emise skleníkových plynů z osobních vozidel či počty osobokilometrů) nebo v důsledku využití charakteristik střední hodnoty jako modus, medián či průměr. Analytický základ pro vyhodnocení počátečního stavu, již byl proveden v jednotlivých kapitolách předchozí části „Teoretické zarámování“. Z toho důvodu přejdeme přímo k jednotlivým fázím výpočtů. Vyhodnocení a diskuse dosažených výsledků s literaturou, bude provedeno v kapitole 4.4.

1. V první části vyhodnotíme aktuální dopad elektromobility na energetiku, pro každou analyzovanou zemi, s využitím výše uvedených parametrů a proměnných:

$$\begin{aligned}\sum \text{Česko} &= \left((TP_{CZ} * C_e) * \left(\frac{Ch_l}{100} + 1 \right) \right) * \frac{SE_{CZ}}{100} \\ \sum \text{Česko} &= (76,2 * 188 * 1,155) * 0,0012 \\ \sum \text{Česko} &= \mathbf{19,85 GWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \text{Slovensko} &= \left((TP_{SK} * C_e) * \left(\frac{Ch_l}{100} + 1 \right) \right) * \frac{SE_{SK}}{100} \\ \sum \text{Slovensko} &= (33,10762 * 188 * 1,155) * 0,0012 \\ \sum \text{Slovensko} &= \mathbf{5,60 GWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \text{Maďarsko} &= \left((TP_{HU} * C_e) * \left(\frac{Ch_l}{100} + 1 \right) \right) * \frac{SE_{HU}}{100} \\ \sum \text{Maďarsko} &= (67,03448 * 188 * 1,155) * 0,0016 \\ \sum \text{Maďarsko} &= \mathbf{23,30 GWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \text{Polsko} &= \left((TP_{PL} * C_e) * \left(\frac{Ch_l}{100} + 1 \right) \right) * \frac{SE_{PL}}{100} \\ \sum \text{Polsko} &= (213,318 * 188 * 1,155) * 0,00027 \\ \sum \text{Polsko} &= \mathbf{12,47 GWh}\end{aligned}$$

2. V další fázi zjistíme, jak se liší spotřeba konvenčního automobilu a BEV, po dobu uvažované životnosti baterie na 10 let:

$$\begin{aligned}\sum \text{Konv. automobil} &= \left(\left(\frac{Rg}{\text{galon}} * C_b \right) + (QSn * C_b) \right) * SL \\ \sum \text{Konv. automobil} &= \left(\left(\frac{6 \text{ kWh}}{3,7854 \text{ l}} * 5,69 \text{ l} \right) + (10,1 \text{ kWh} * 5,69 \text{ l}) \right) * 133000 \\ \sum \text{Konv. automobil} &= \mathbf{88428,9 kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum \text{BEV} &= \left(\frac{C_e}{1000} * SL * \frac{Ch_l}{100} \right) + (qE LC * BC) \\ \sum \text{BEV} &= \left(\frac{188 \text{ Wh}}{1000} * 133000 \text{ km} * 1,155 \right) + (162,78 \text{ kWh} * 45 \text{ kWh}) \\ \sum \text{BEV} &= \mathbf{36204,7 kWh}\end{aligned}$$

3. Ve druhé části nejprve vyhodnotíme emisní náročnost BEV, založenou na celém životním cyklu baterie, a dále pak i samotný provoz těchto vozidel daný dobíjením elektrické energie v jednotlivých zemích:

$$\sum BEV = \frac{(CO_2LC * 1000) * Bc}{C_{ekm} SL}$$

$$\sum BEV = \frac{(172 kWh * 1000) * 45 kWh}{5,31915 kWh/km}$$

$$\sum BEV = 10,94 g_{ekv}CO_2/km$$

4. Průměrné emise z energetického mixu jednotlivých zemí, včetně započítaných importů s kladnou bilancí (týká se výpočtů Slovenska, Maďarska a Polska):

$$\sum_{\text{Česko}} = \frac{\left(\frac{Ch_i}{100} + 1\right) * \left(\left(E_u * \frac{S_u}{100}\right) + \left(E_p * \frac{S_p}{100}\right) + \left(E_j * \frac{S_j}{100}\right) + \left(E_v * \frac{S_v}{100}\right) + \left(E_{vt} * \frac{S_{vt}}{100}\right) + \left(E_s * \frac{S_s}{100}\right) + \left(E_g * \frac{S_g}{100}\right) + \left(E_b * \frac{S_b}{100}\right) \right)}{C_{ekm}}$$

$$\sum \text{Česko} = 92,68 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum_{\text{Slovensko}} = \frac{\left(\frac{Ch_i}{100} + 1\right) * \left(\left(E_u * \frac{S_u}{100}\right) + \left(E_p * \frac{S_p}{100}\right) + \left(E_j * \frac{S_j}{100}\right) + \left(E_v * \frac{S_v}{100}\right) + \left(E_{vt} * \frac{S_{vt}}{100}\right) + \left(E_s * \frac{S_s}{100}\right) + \left(E_g * \frac{S_g}{100}\right) + \left(E_b * \frac{S_b}{100}\right) \right)}{C_{ekm}}$$

$$\sum \text{Slovensko} = 33,95 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum \text{Slovensko} = \left(\frac{SIT}{100} * \left(\left(\sum \text{Česko} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Polsko} * \frac{100}{SI} \right) \right) \right) + 33,95$$

$$\sum \text{Slovensko} = (0,0564 * ((92,68 * 0,758) + (139,34 * 0,242))) + 33,95$$

$$\sum \text{Slovensko} = 39,82 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum_{\text{Maďarsko}} = \frac{\left(\frac{Ch_i}{100} + 1\right) * \left(\left(E_u * \frac{S_u}{100}\right) + \left(E_p * \frac{S_p}{100}\right) + \left(E_j * \frac{S_j}{100}\right) + \left(E_v * \frac{S_v}{100}\right) + \left(E_{vt} * \frac{S_{vt}}{100}\right) + \left(E_s * \frac{S_s}{100}\right) + \left(E_g * \frac{S_g}{100}\right) + \left(E_b * \frac{S_b}{100}\right) \right)}{C_{ekm}}$$

$$\sum \text{Maďarsko} = 40,82 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum \text{Ukrajina} = 63,14 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum \text{Rakousko} = 33,23 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum \text{Rumunsko} = 59,41 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum \text{Srbsko} = 124,88 g_{ekv}CO_2/km$$

$$\sum \text{Maďarsko} = \left(\frac{SIT}{100} * \left(\left(\sum \text{Slovensko} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Ukrajina} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Rakousko} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Rumunsko} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Srbsko} * \frac{100}{SI} \right) \right) \right) + 35,40$$

$$\sum \text{Maďarsko} = (0,2708 * ((39,82 * 0,412) + (63,14 * 0,308) + (33,23 * 0,193) + (59,41 * 0,028) + (124,88 * 0,058))) + 40,82$$

$$\sum \text{Maďarsko} = 54,69 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Polsko} = \frac{\left(\frac{Ch_t}{100} + 1 \right) * \left(\left(E_u * \frac{S_u}{100} \right) + \left(E_p * \frac{S_p}{100} \right) + \left(E_j * \frac{S_j}{100} \right) + \left(E_v * \frac{S_v}{100} \right) + \left(E_{vt} * \frac{S_{vt}}{100} \right) + \left(E_s * \frac{S_s}{100} \right) + \left(E_g * \frac{S_g}{100} \right) + \left(E_b * \frac{S_b}{100} \right) \right)}{C_{ekm}}$$

$$\sum \text{Polsko} = 136,21 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Ukrajina} = 63,14 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Německo} = 78,77 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Švédsko} = 11,38 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Litva} = 53,46 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Polsko} = \left(\frac{SIT}{100} * \left(\left(\sum \text{Česko} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Ukrajina} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Německo} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Švédsko} * \frac{100}{SI} \right) + \left(\sum \text{Litva} * \frac{100}{SI} \right) \right) \right) + 35,40$$

$$\sum \text{Polsko} = (0,0608 * ((92,68 * 0,178) + (63,14 * 0,134) + (78,77 * 0,224) + (11,38 * 0,281) + (53,46 * 0,182))) + 40,82$$

$$\sum \text{Polsko} = 139,59 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

5. V posledním výpočtu zjistíme, kolik emisí vyprodukuje průměrné osobní vozidlo se spalovacím motorem na 1 km, a to jednotlivě pro každou zemi:

$$\sum \text{Konv. automobil}_{CZ} = \frac{\left(\frac{E_{bt} * 10^6}{\text{počet os. vozidel}} \right)}{\left(\frac{TG_{CZ} * 10^9}{\text{počet os. vozidel}} \right)}$$

$$\sum \text{Konv. automobil}_{CZ} = \frac{\left(\frac{11721620 * 10^6}{5924995} \right)}{\left(\frac{76,2 * 10^9}{5924995} \right)}$$

$$\sum \text{Konv. automobil}_{CZ} = 153,83 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Konv. automobil}_{SK} = \frac{\left(\frac{E_{bt} * 10^6}{\text{počet os. vozidel}} \right)}{\left(\frac{TG_{SK} * 10^9}{\text{počet os. vozidel}} \right)}$$

$$\sum \text{Konv. automobil}_{SK} = \frac{\left(\frac{4361880 * 10^6}{2393577} \right)}{\left(\frac{33,10762 * 10^9}{2393577} \right)}$$

$$\sum \text{Konv. automobil}_{SK} = 131,75 \text{ g}_{ekv} \text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum Konv. automobil_{HU} = \frac{\left(\frac{(E_{bt} * 10^6)}{\text{počet os. vozidel}}\right)}{\left(\frac{TG_{HU} * 10^9}{\text{počet os. vozidel}}\right)}$$

$$\sum Konv. automobil_{HU} = \frac{\left(\frac{(8135895 * 10^6)}{3812013}\right)}{\left(\frac{(67,03448 * 10^9)}{3812013}\right)}$$

$$\sum Konv. automobil_{HU} = 121,37 \text{ g}_{ekv} \text{ CO}_2/\text{km}$$

$$\sum Konv. automobil_{PL} = \frac{\left(\frac{(E_{bt} * 10^6)}{\text{počet os. vozidel}}\right)}{\left(\frac{TG_{PL} * 10^9}{\text{počet os. vozidel}}\right)}$$

$$\sum Konv. automobil_{PL} = \frac{\left(\frac{(33049835 * 10^6)}{24360166}\right)}{\left(\frac{(213,318 * 10^9)}{24360166}\right)}$$

$$\sum Konv. automobil_{PL} = 154,93 \text{ g}_{ekv} \text{ CO}_2/\text{km}$$

4.3. Scénáře a jejich vlivy na energetiku a životní prostředí

Všechny uvažované scénáře budou založeny na růstu počtu BEV v jednotlivých zemích. V případě scénáře 1 bude analyzován uvažovaný počet BEV v roce 2025 dle predikce národních strategických dokumentů pro realistickou variantu, zatímco v optimistické variantě to bude 50% podíl na vozovém parku. Scénář 2 bude založen podobně, avšak s rozdílem, kdy v realistické variantě vezmeme v úvahu počet BEV v roce 2030. Optimistická varianta bude počítat s velmi nepravděpodobnou situací 100% podílu BEV na vozovém parku. V případě optimistických variant bude cílem vyhodnotit pouze potenciální dopady osobních elektrických automobilů na energetiku, jelikož ostatní vypočtené hodnoty, by vyšly shodně s realistickou variantou.

Předpokladem všech scénářů bude další navýšení celkového počtu osobních vozidel, přestože tempo růstu jejich absolutního počtu do roku 2025, by již nemělo dosáhnout průměrných hodnot meziročního nárůstu, jaký lze zaznamenat ve statistikách Eurostatu (2021). Podobně se předpokládá snížení tempa růstu přepravních výkonů v osobní dopravě (viz graf 5 na str. 26), což je výsledkem očekávané změny v chování obyvatelstva např. v oblasti sdílení automobilů nebo vyšším využívání veřejné dopravy (viz provedená analýza v subkapitole 3.1.2.2). Ačkoli v Polsku je jejich nárůst nepoměrně vyšší než v ostatních zemích, může to být dáno odlišnou metodikou jejich výpočtu. Oba tyto faktory také předpokládají postupné nasycení trhu s automobily, respektive postupnou obnovu vozového parku, což by samo o sobě mělo vyústit ve snižování emisí skleníkových plynů. Určitou neznámou v tomto směru je, jak se bude vyvíjet koupěschopnost obyvatelstva, respektive jejich reálné příjmy. Od toho se následně bude odvíjet ochota či neochota pro pořízení nového automobilu se spalovacím motorem nebo BEV. V tomto ohledu se jako limit pro masivnější rozšíření BEV, často skloňuje nedostatečně rozvinutá

infrastruktura pro dobíjení, přestože ta by se měla postupně rozšiřovat s rostoucí penetrací. Daleko závažnějším, avšak často opomíjeným důvodem je skutečnost, kdy aktuální modely elektrických automobilů procházejí poměrně rychlým technologickým vývojem. Samozřejmě je takový vývoj velmi žádoucí, zejména v případě „nové technologie“. Existují však alespoň 2 významné důvody, které limitují, a jistě ještě několik dalších let budou limitovat, dosažení vyšší penetrace na trhu. Mezi nimi lze uvést jednak cenu, která je u každé nové technologie vždy poměrně vysoká, a za druhé pak rychlé morální zastarávání. Především druhý důvod lze označit za velmi významný, jelikož má značný vliv na „stárnutí“, a s tím korelující rychlý pokles hodnoty v čase. Mimo jiné, i na základě toho lze předpokládat, že většina potenciálních zájemců o koupi, kteří nedisponují vysokými příjmy či úsporami, nebude o pořízení elektromobilu uvažovat, pokud k tomu nebudou motivováni. Popřípadě se zaměří na nákup starších elektromobilů na sekundárním trhu.

Na základě predikce národních strategických dokumentů (viz *tabulka 1* na str.61) nelze do roku 2030 očekávat významné navýšení absolutního počtu BEV – třeba v Česku by podíl na vozovém parku měl překročit pouze 3 %, zatímco na Slovensku 0,8 %. Významnou roli mohou v tomto ohledu sehrát přímé či nepřímé nástroje pro podporu elektromobility, jejichž uvedení do praxe je v rukou jednotlivých států. Aktuálně existující či plánovaná opatření, respektive příklady těchto nástrojů, již byly diskutovány v kapitole 3.2. Příklady dobré praxe z Norska a Nepálu, pak byly diskutovány v podkapitole 3.2.1. Jelikož lze v blízké budoucnosti očekávat nejen další technologický vývoj BEV, ale také snahu o vyšší konkurenceschopnost konvenčních vozidel, budou některé ze stanovených parametrů, nejen pro scénář 1 ale také scénář 2, pozměněny. Konkrétně se bude jednat o průměrnou spotřebu na kilometr a průměrnou kapacitu baterie. Obě tyto hodnoty však vycházejí z aktuálně dostupných technologií, kdy aktuálně nerozšířenější jsou lithiové baterie, přičemž přehled aktuálně dostupných typů baterií pro BEV již byl diskutován v části 3.4.1. Na podobném principu je uvažována také hodnota ztrát energie při dobíjení, která se však například díky dostupnosti nových typů akumulátorů, ale také vyšší diverzifikaci nabíjecích technologií či jejich technického vývoje, může v budoucnu změnit – stručný přehled těchto možností byl součástí podkapitoly 3.4.2. Proměna přepravních výkonů osobní dopravy pak ovlivní parametr průměrného počtu kilometrů, ujetých za dobu životnosti baterie. Významnou roli při hodnocení dopadu konvenčního automobilu a BEV, bude mít nejen energetická a emisní náročnost výroby baterií, ale také energetický mix jednotlivých zemí. Jak je patrné z *tabulky 2*, nejnižších emisí skleníkových plynů za dobu životnosti energetických zdrojů, dosahují jaderné elektrárny a OZE, a to s výjimkou spalování biomasy a bioplynu. Naopak spalování fosilních paliv je zdrojem vysokých emisí. Diskuse potenciálu OZE v jednotlivých zemích, ale také očekávaných trendů v proměně budoucího energetického mixu, již proběhla v kapitole 3.3. Diskuse sociálních a demografických aspektů v oblasti preference BEV, a zkušeností s nimi, v komparaci s konvenčními automobily, již byla provedena v kapitole 3.5. Technologických aspektů se pak dotýkala většina kapitol, avšak ve velmi omezené míře.

Výše byly uvedeny nejvýznamnější předpoklady, které jsou de facto přímými a nepřímými hybnými silami, nutnými k naplnění scénářů. Uvedené hybné síly lze shrnout jako ekonomické, politické, sociální, demografické a technologické. Protože se scénáře týkají stavu v budoucnosti, jsou logicky zatíženy celou řadou nejistot, vycházejících z neznalosti budoucí situace. Jejich cílem však není modelovat či odhadovat budoucí stav, nýbrž vyhodnotit, jak se změnou výchozích parametrů a proměnných, změní výsledné hodnoty v oblasti dopadů na energetiku a životní prostředí.

4.3.1. Scénář 1

Základním předpokladem pro naplnění tohoto scénáře v realistické variantě, bude zvýšení počtu BEV v jednotlivých zemích, do roku 2025, jak jej predikují národní strategické dokumenty. Scénář v optimistické variantě bude založen na hypotetické úvaze dosažení 50% podílu BEV, na vozovém parku osobních automobilů těchto zemí v tomtéž období. Tato varianta bude sloužit pouze k výpočtům potenciálních dopadů elektromobility na energetiku. V tomto scénáři, budou níže uvedeny pouze výsledky jednotlivých výpočtů, a to za účelem úspory místa. Podrobný postup výpočtu jednotlivých fází, byl uveden v předchozí kapitole 4.2.

Pozměněné parametry ve scénáři 1:

- C_e : průměrná spotřeba elektřiny na km: 178,6 Wh;
- C_{ekm} : spotřeba BEV v km/kWh: $\frac{1000}{C_e} = \frac{1000}{178,6 \text{ Wh}} = 5,5991 \text{ km/kWh}$;
- C_b : průměrná spotřeba konvenčního vozidla 4,93 l/100 km;
- TP : počet osobokilometrů viz *tabulka 1*;
- SE : koeficient % nahrazení osobních automobilů, respektive jimi ujetý počet osobokilometrů za rok, BEV (hodnoty 0–100 %) viz *tabulka 1*;
- BC : kapacita baterie 55 kWh;
- SL : počet kilometrů ujetý za dobu životnosti baterie (10 let) 141 tisíc km;
- S : podíl jednotlivých typů elektráren (udává dolní index) na výrobě elektřiny dle *tabulky 5*;
- SIT : podíl importu na výrobě elektřiny dle *tabulky 5*;

Výpočty pro realistickou variantu:

1. Dopad elektromobility na energetiku jednotlivých zemí:

$$\begin{aligned} \sum \text{Česko} &= 130,73 \text{ GWh} \\ \sum \text{Slovensko} &= 33,88 \text{ GWh} \\ \sum \text{Maďarsko} &= 166,42 \text{ GWh} \\ \sum \text{Polsko} &= 1195,74 \text{ GWh} \end{aligned}$$

2. Porovnání spotřeby konvenčního automobilu se spalovacím motorem a BEV, po dobu uvažované životnosti baterie na 10 let:

$$\sum \text{Konv. automobil} = 81226,2 \text{ kWh}$$

$$\sum \text{BEV} = 38038,8 \text{ kWh}$$

3. Emisní náročnost BEV, vycházející z celého životního cyklu baterie:

$$\sum \text{BEV} = 11,98 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

4. Průměrné emise z energetického mixu jednotlivých zemí, včetně započítaných importů s kladnou bilancí:

$$\sum \text{Česko} = 81,64 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Slovensko} = 21,18 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Maďarsko JE ano} = 40,85 + 1,95 (\text{import}) = 42,80 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Maďarsko JE ne} = 46,28 + 6,14 (\text{import}) = 52,42 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Polsko} = 124,45 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

5. Emise průměrného konvenčního automobilu se spalovacím motorem pro všechny země:

$$\sum \text{Konv. automobil} = 125 \text{ g}_{\text{ekv}}\text{CO}_2/\text{km}$$

Výpočty pro optimistickou variantu:

1. Dopad elektromobility na energetiku jednotlivých zemí:

$$\sum \text{Česko} = 7972,84 \text{ GWh}$$

$$\sum \text{Slovensko} = 3888,74 \text{ GWh}$$

$$\sum \text{Maďarsko} = 7289,65 \text{ GWh}$$

$$\sum \text{Polsko} = 29214,83 \text{ GWh}$$

4.3.2. Scénář 2

Základním předpokladem pro naplnění tohoto scénáře v realistické variantě, bude dosažení počtu BEV v jednotlivých zemích do roku 2030, jak je predikují národní strategické dokumenty (konkrétní počty byly uvedeny v *tabulce 1* na str.61). Pro Polsko však výhled do roku 2030 stanoven není, a proto tuto zemi ve výsledcích vynecháme.

Scénář v optimistické variantě bude založen na, velmi nerealistickém předpokladu, dosažení 100% podílu BEV na počtu osobních automobilů, a to v jednotlivých zemích do roku 2030. Tuto variantu lze směle označit za utopistickou, protože její dosažení není reálně uskutečnitelné, a proto bude tato varianta sloužit pouze k výpočtům potenciálních dopadů elektromobility na energetiku. Potenciální situací, kdy by světová elektromobilita dosáhla 100 %, se zabývali někteří autoři jako např. Dolganova a kol. (2020). Podle jejich predikce by se tím zvýšila poptávka po lithiu zhruba o 2900 %, kobaltu o více než 1900 %, velmi vzácných kovech o 650 %, niklu o více než 100 %, a v případě ostatních surovin jako mědi, manganu a hliníku o 10–20 %. Hodnotit vlivy na krajinu a životní prostředí střední Evropy je však v případě zvýšené poptávky po těchto surovinách, poměrně problematické, jelikož se jejich těžba uskutečňuje v zemích, které se takovými dopady příliš nezabývají, a proto nejsou tyto vlivy přesně zmapovány. Pokud by však ke zvýšení poptávky po uvedených surovinách, mělo dojít během krátké doby, lze se reálně obávat daleko vyšších dopadů na krajinu a životní prostředí, jak uvádí Dolganova a kol. (2020).

Pozměněné parametry ve scénáři 2:

- C_e : průměrná spotřeba elektřiny na km: 171,1 Wh;
- C_{ekm} : spotřeba BEV v km/kWh: $\frac{1000}{C_e} = \frac{1000}{178,6 \text{ Wh}} = 5,84454 \text{ km/kWh}$;
- C_b : průměrná spotřeba konvenčního vozidla 4,17 l/100 km;
- TP : počet osobokilometrů viz *tabulka 1*;
- SE : koeficient % nahrazení osobních automobilů, respektive jimi ujetý počet osobokilometrů za rok, BEV (hodnoty 0–100 %) viz *tabulka 1*;
- BC : kapacita baterie 65 kWh;
- SL : počet kilometrů ujetý za dobu životnosti baterie (10 let) 143 tisíc km;
- S : podíl jednotlivých typů elektráren (udává dolní index) na výrobě elektřiny dle *tabulky 5*;
- SIT : podíl importu na výrobě elektřiny dle *tabulky 5*;

Výpočty pro realistickou variantu:

1. Dopad elektromobility na energetiku jednotlivých zemí:

$$\begin{aligned} \sum \text{Česko} &= 471,21 \text{ GWh} \\ \sum \text{Slovensko} &= 62,62 \text{ GWh} \end{aligned}$$

$$\sum \text{Maďarsko} = 352,50 \text{ GWh}$$

2. Porovnání spotřeby konvenčního automobilu se spalovacím motorem a BEV, po dobu uvažované životnosti baterie na 10 let:

$$\sum \text{Konv. automobil} = 69679,0 \text{ kWh}$$

$$\sum \text{BEV} = 38840,4 \text{ kWh}$$

3. Emisní náročnost BEV, vycházející z celého životního cyklu baterie:

$$\sum \text{BEV} = 13,38 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

4. Průměrné emise z energetického mixu jednotlivých zemí, včetně započítaných importů s kladnou bilancí:

$$\sum \text{Česko} = 74,27 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Slovensko} = 16,08 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Maďarsko JE ano} = 38,05 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Maďarsko JE ne} = 53,03 + 1,45 (\text{import}) = 54,48 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

$$\sum \text{Polsko} = 110,78 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

5. Emise průměrného konvenčního automobilu se spalovacím motorem pro všechny země:

$$\sum \text{Konv. automobil} = 110 \text{ g}_{ekv}\text{CO}_2/\text{km}$$

Výpočty pro optimistickou variantu:

1. Dopad elektromobility na energetiku jednotlivých zemí:

$$\sum \text{Česko} = 15361,44 \text{ GWh}$$

$$\sum \text{Slovensko} = 8366,94 \text{ GWh}$$

$$\sum \text{Maďarsko} = 14686,76 \text{ GWh}$$

$$\sum \text{Polsko} = 57527,33 \text{ GWh}$$

4.4. Vyhodnocení scénářů a diskuse dosažených výsledků

V této části se zaměříme na vyhodnocení jednotlivých scénářů, přičemž dosažené výsledky budou diskutovány s literaturou či provázány s analytickým základem, provedeným ve třetí části. V závěru této kapitoly budou diskutovány další předpokládané dopady rostoucího počtu BEV na životní prostředí.

První část výpočtů sloužila ke zjištění potenciálních dopadů BEV na energetiku jednotlivých zemí, a to se zahrnutím ztrát elektrické energie vzniklých při dobíjení. Dosažené výsledky jsou shrnuty v následujícím *grafu 11*, přičemž obecně nelze tyto dopady označit jako významné, ale naopak jako zanedbatelné. Pro lepší představu dosažených výsledků v analýze počátečního stavu, je převedme do praxe. V Česku a v Polsku dokáže aktuální spotřeba BEV, pokryt jakýkoliv energetický zdroj. V Maďarsku jejich spotřeba odpovídá zhruba výrobě elektřiny z geotermálních elektráren, jejichž podíl na energetickém mixu je zároveň nejnižší. Podobně to platí i o Slovensku, kde spotřeba BEV odpovídá výrobě z větrných elektráren.

Hlavním důvodem zanedbatelných dopadů v aktuálním (též počátečním) stavu (PS) i realistických variantách scénářů 1 (S1R) a 2 (S2R), jsou poměrně nízká očekávání budoucího rozvoje elektromobility do roku 2030, jak je predikují národní strategické dokumenty. Získaný údaj ve scénáři 2 pro Česko, tedy 471 GWh, můžeme porovnat s výsledkem MPO, MŽP, MD (2019), podle něhož se očekává zvýšení spotřeby elektrické energie o 420 GWh do roku 2030. Lze se však domnívat, že do jejich výpočtu nebyly zahrnuty ztráty vzniklé při dobíjení, respektive v takové výši. Na základě níže uvedených hodnot však lze předpokládat, že národní strategické dokumenty pro rozvoj elektromobility, ale také energetické strategie, budou do budoucna vzájemně daleko více propojeny, aby byly včas vytvořeny dostatečné rezervy pro výrobu elektrické energie. Na tomto místě je však nutné znovu připomenout, že energetika je obor, který vyžaduje nejen střednědobé až dlouhodobé plánování, ale především obrovské investice, často v řádu desítek až stovek miliard Kč, jak uvádí Drábová, Pačes, 2014. Podstatné tedy je, aby na případný rychlý rozvoj elektromobility v budoucnu, byla připravena a zajištěna kvalitní energetická infrastruktura s dostatečnou kapacitou přenosových sítí. Národní strategické dokumenty s tím do jisté míry počítají, a proto jedním z cílů do konce 20. let, je např. implementace „inteligentních sítí“, jak bylo uvedeno v podkapitole 3.2.2.

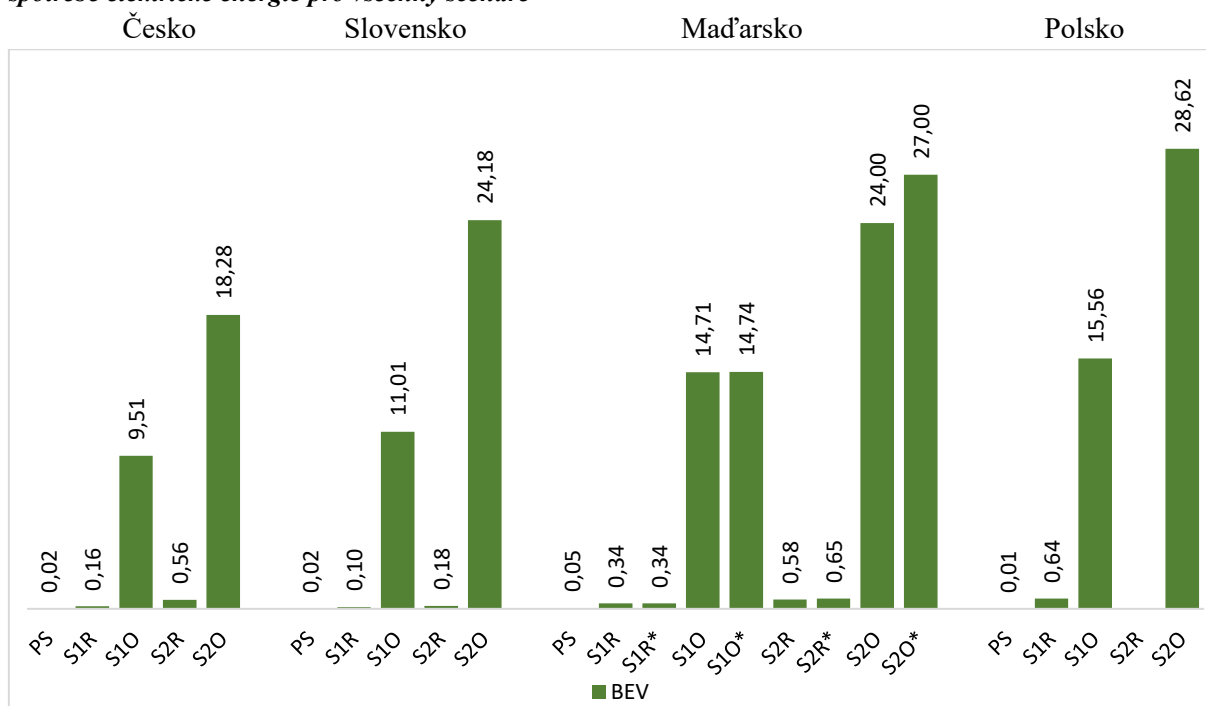
Potenciální navýšení zátěže energetiky jednotlivých zemí, pokud by podíl BEV dosáhl 100 % do roku 2030, dle optimistické varianty scénáře 2 (S2O), je uvedeno v níže uvedeném grafu. Dosažení tohoto podílu BEV na celkovém počtu osobních automobilů, musíme chápat s velkou nadsázkou, protože jeho realizace není, z různých důvodů, reálně uskutečnitelná. Mezi hlavními důvody lze zmínit nejen aktuálně nízký absolutní počet BEV, nízký objem výroby elektrických vozidel i těžby potřebných surovin, ale především vysokou konkurenci na poli alternativních pohonů se stále velmi výraznou

preferencí konvenčních automobilů se spalovacím motorem. I přesto si zkusme tento utopistický scénář představit, protože předpokládané dopady na energetiku jsou velmi zajímavé, zejména pokud je budeme uvažovat na základě predikovaného složení energetického mixu v roce 2030 (viz *graf 10* na straně 45). Při takovém podílu BEV lze očekávat zvýšení odběrů elektrické energie o více než $\frac{1}{4}$, kdy pouze v Česku je tato hodnota nižší, a to z důvodu výrazně vyšší produkce elektrické energie, než činí jeho spotřeba. Pro lepší představu, v Česku by se za tímto účelem musela postavit nová jaderná elektrárna zhruba o výkonu JE Temelín. Na Slovensku by se musel zdvojnásobit výkon energetických zdrojů OZE vč. biomasy nebo postavit další bloky jaderných elektráren. V Maďarsku by se musel taktéž více než zdvojnásobit výkon energetických zdrojů z OZE, a to ve scénáři neuvažujícím rozšíření JE Paks, zatímco v případě jejího rozšíření, by stačilo navýšit výkon z JE o 50 %. A konečně v Polsku, kde by se pro dosažení požadované výroby elektřiny, musel téměř zdvojnásobit instalovaný výkon OZE vč. biomasy, popřípadě o 50 % navýšit výkon uhelných elektráren, což by však bylo velmi kontraproduktivní. V případě optimistické varianty scénáře 1 (S1O) jsou uvedené příklady pokrytí zvýšené spotřeby elektrické energie, přibližně na úrovni 50–60 %.

Dosažené výsledky scénáře S2O, do určité míry korelují s předpokladem EEA (2016) o potřebě navýšení instalovaného výkonu zdrojů pro výrobu elektrické energie o 150 GW v zemích EU při 80% podílu BEV, což je po přepočtu přibližně 187,5 GW při 100% podílu. Pokud tuto hodnotu přepočítáme na instalovaný výkon v EU včetně Velké Británie, který podle Eurostatu (2021) činil v roce 2019 přibližně 949,8 GW, dojdeme k teoretickému navýšení instalovaného výkonu o 19,7 %. Při samotném porovnání dosažených hodnot, však musíme zvážit celou řadu faktorů, jako je např. importní/exportní charakter energetiky nebo energetický mix dané země, a s tím úzce související maximální či reálně dosažitelný faktor využití jednotlivých energetických zdrojů. Nelze tedy jednoduše porovnávat pouze výsledné hodnoty. Otázkou také zůstává, zda autoři EEA (2016) při svých odhadech uvažovali ztráty vzniklé při dobíjení, protože v takovém případě se potřebný instalovaný výkon zvýší o dalších zhruba 3,1 %, což rozdíl vůči hodnotám uvedeným v grafu, snižuje.

Nesmíme však opomenout skutečnost, kdy výsledný produkt, tedy elektrická energie, je výsledkem procesu, během něhož dochází k různým ztrátám (např. přeměna na tepelnou energii, vlastní spotřeba elektráren či ztráty v distribuční síti). K zákazníkům se tedy dostane přibližně jen třetina energie, která byla původně spotřebována na počátku tohoto procesu, jak uvádí Drábová, Pačes (2014). Na tomto místě je nutné znovu připomenout, že dosažené výsledky jsou výrazně zatíženy nejen predikovaným množstvím spotřebované elektrické energie, jejíž objemy vychází z národních strategických dokumentů jednotlivých zemí, ale především skutečností, kdy uvažujeme aktuální, respektive předem definované parametry BEV do budoucna, které vycházejí z aktuálních specifikací nabízených modelů. Níže uvedené výsledky proto mohou sloužit pouze pro hrubou představu o dopadech elektromobility na energetiku.

Graf 11: Shrnutí dopadů BEV na energetiku jednotlivých zemí v % vůči aktuální, respektive predikované spotřebě elektrické energie pro všechny scénáře



Poznámka: Scénáře S1R, S1O, S2R a S2O pro Maďarsko berou v úvahu dostavbu JE Paks, zatímco scénáře S1R*, S1O*, S2R* a S2O* ji neuvažují, díky čemuž dochází mj. ke změně energetického mixu. V případě počátečního stavu (PS), je počet osobokilometrů pro Polsko uveden pouze za rok 2016. Výsledná hodnota tedy nemusí odpovídat realitě. Lze se však domnívat, že přepravní výkony se za 3 roky zvýšily, a proto je skutečná hodnota zcela jistě nižší, zato zjištěná hodnota naopak nadhodnocená. Údaj pro Polsko ve scénáři S2R pak chybí z důvodu absence predikce počtu BEV.

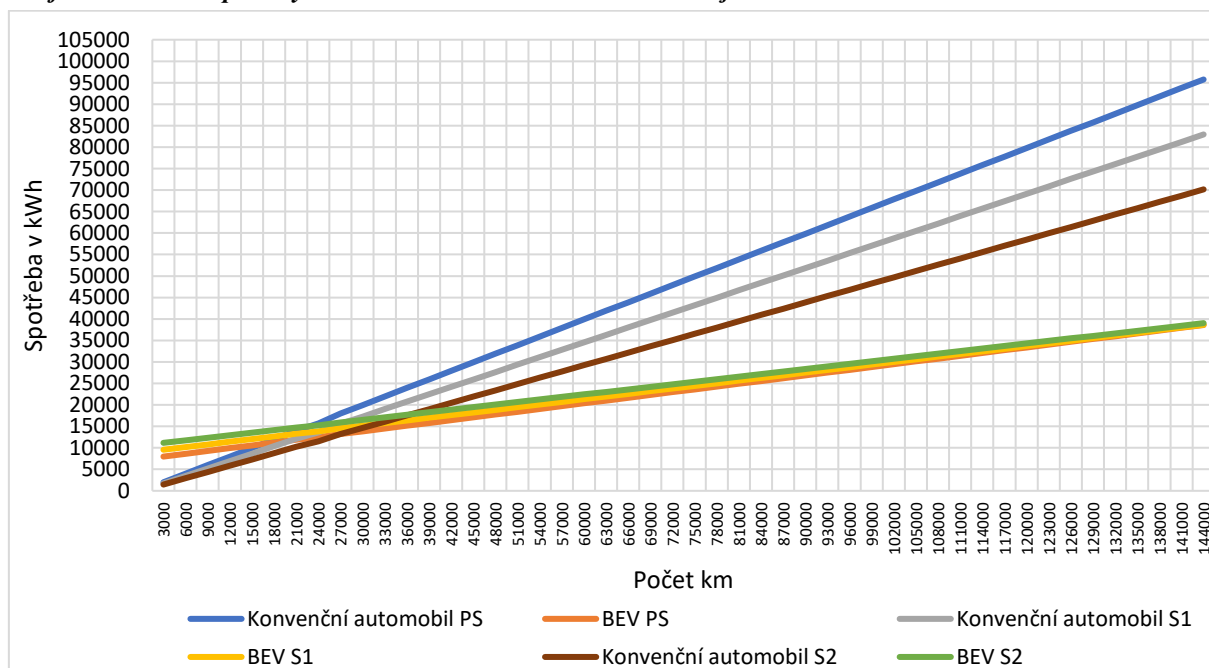
Zdroj: vlastní výpočty

Účelem druhé fáze výpočtů v první části, bylo zjistit, jak se po dobu životnosti baterie na 10 let, a parametru průměrného počtu kilometrů ujetého za tu dobu, liší spotřeba BEV a konvenčního automobilu. Podobný přístup použil např. Hubka (2019) pro porovnání obou typů vozidel pro Česko, přestože uvažoval průměrnou vzdálenost za dobu životnosti baterie 200 tisíc km, a vzal v úvahu nejen celý životní cyklus baterie, nýbrž i fázi výroby celého vozidla v různých třídách. Dosažené výsledky ze všech scénářů, shrnuje následující *graf 12*. Z výsledků je jasně patrné, že křivky spotřeby konvenčního automobilu rostou lineárně v závislosti na maximálním počtu ujetých kilometrů, protože uvažujeme pouze energetickou náročnost produkce benzínu nebo nafty, která je na každý kilometr stále stejná. Významný vliv v jejich případě, má pouze snižující se průměrná spotřeba v jednotlivých scénářích, která způsobuje postupné zvětšování rozdílů mezi křivkami. Naproti tomu provoz BEV má vyšší spotřebu v intervalu 0–16360 km (scénář počáteční stav) až 36 tisíc km (scénář 2) za 10 let, v závislosti na typu scénáře. Primární příčinou je energetická náročnost výroby baterie, která se v jednotlivých scénářích liší kvůli měnícímu se parametru kapacity baterie. S dále rostoucím počtem ujetých kilometrů za dobu životnosti baterie, se rozdíl mezi jednotlivými křivkami, postupně snižují, přestože se v každém scénáři uvažuje jiná spotřeba BEV. Dosažené výsledky jsou principiálně v souladu

s výsledky studií Muha, Peroša (2018) nebo Hubka (2019), přestože tito autoři používali odlišné vstupní parametry, a to v oblasti spotřeby obou typů automobilů.

Na základě níže uvedených výsledků lze konstatovat, že provoz BEV je po ujetí určité vzdálenosti, tedy dosažením rovnovážného bodu, energeticky méně náročnější než provoz konvenčního automobilu se spalovacím motorem, přičemž dosažením maximální uvažované vzdálenosti, činí tento rozdíl více než 140 % ve prospěch BEV. Hlavní důvod lze spatřovat ve skutečnosti, kdy elektrický motor se vyznačuje násobně vyšší efektivitou, jež dosahuje 80 %, zatímco u spalovacího motoru se pohybuje jen okolo 18–25 %, jak uvádí EEA (2016). Vzhledem ke zvyšujícím se rozdílům ve spotřebě obou typů vozidel lze konstatovat, že provoz BEV bude, se zvyšujícím se počtem ujetých kilometrů za dobu životnosti baterie, levnější. Velikost tohoto rozdílu však bude záviset na mnoha nepředvídatelných okolnostech, jako jsou fluktuace cen elektrické energie nebo ropy, ale třeba také zvyšování cen emisních povolenek. Pokud bychom na místo lithiových baterií s nikl-kobalt-manganovou katodou, počítali s parametry baterií typu lithium-síra, rozdíl v porovnání s konvenčním automobilem by mohl být ještě výraznější. Zásadní vliv by v tomto ohledu měla nižší energetická náročnost výroby těchto baterií, která by se při průmyslové výrobě mohla snížit minimálně o třetinu (Deng a kol., 2017). Výzkum této technologie však zatím není dostatečně pokročilý, a její případná implementace do praxe, si minimálně několik dalších let vyžádá.

Graf 12: Závislost spotřeby konvenčního automobilu a BEV na ujeté vzdálenosti



Zdroj: vlastní výpočty

Ve druhé části výpočtů bylo cílem zjistit, jaké jsou průměrné emise skleníkových plynů z BEV v jednotlivých zemích, a porovnat je s hodnotami konvenčních automobilů se spalovacím motorem. Dosažené výsledky všech scénářů, shrnuje následující *graf 13* a *14*. Pokud zkusíme porovnat průměrné

emise z BEV, spolu s energetickým mixem jednotlivých zemí (*graf 9 a graf 10* na straně 40, respektive 45), nelze přehlédnout silnou korelaci. Obecně tedy můžeme konstatovat, že pokud je energetika země založena převážně na jaderné energetice nebo OZE (s výjimkou spalování biomasy a bioplynu), bude mít nízké emise, a tedy nízkou ekologickou stopu, avšak pokud je založena primárně na spalování fosilních paliv, její ekologická stopa i emise budou násobně vyšší. To je v souladu např. se závěry studie Muha, Peroša (2018). Typickým příkladem zemí spadajících do první kategorie je Slovensko a Maďarsko, zatímco Česko a Polsko jsou příklady zemí spadající do druhé kategorie. Přestože jsou dosažené výsledky značně ovlivněny vstupními parametry, měly by poskytnout alespoň určitý vzhled do dané problematiky. Strukturu emisí v *grafu 14* lze s jistou nadsázkou označit za rozbor „složení výfukových plynů BEV“, přestože je tato problematika ve skutečnosti mnohem složitější.

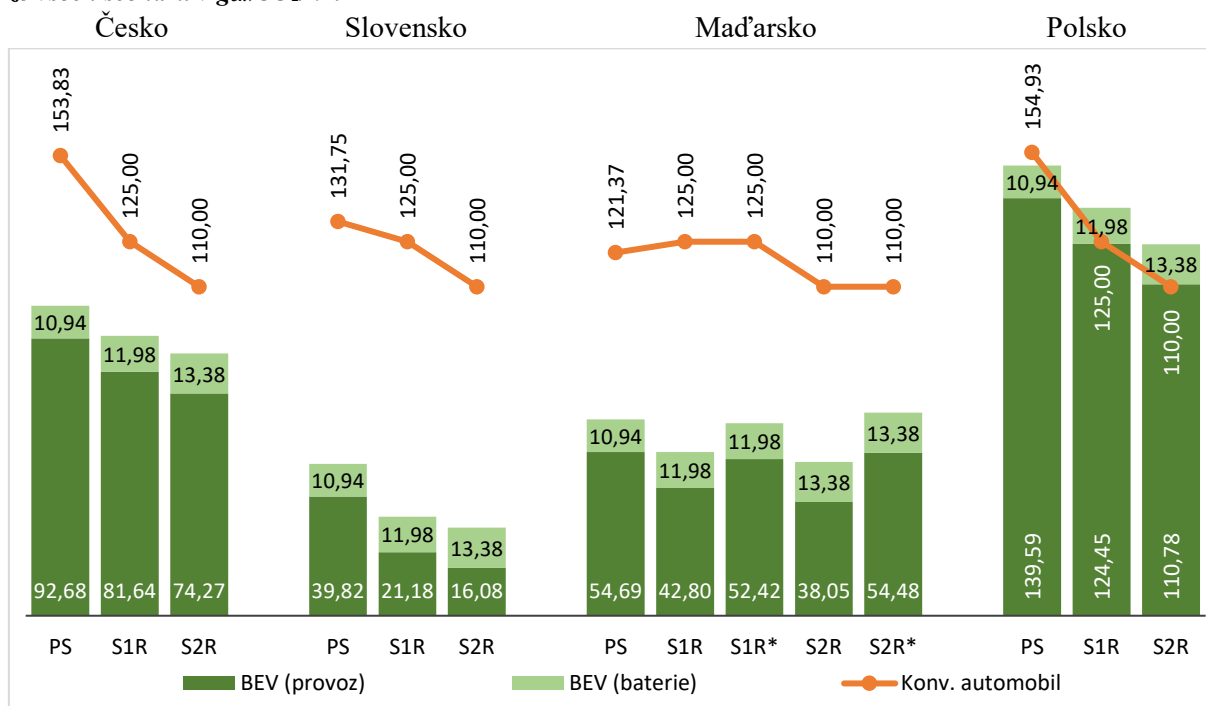
V Česku se při porovnání obou typů automobilů, rozdíly mezi vypočítanými emisemi, s každým scénářem postupně snižují, přičemž nejpřesnější jsou hodnoty pro počáteční stav, vycházející do značné míry z reálných, a nikoliv predikovaných hodnot. Snižující se podíly jsou dány relativně pomalým ústupem od uhelných elektráren (do roku 2030), které jsou hlavní příčinou vysokých emisí (viz *graf 14*), jelikož jsou zodpovědné téměř za 70–80 % jejich objemu. Pokud sečteme emise ze spalování fosilních paliv a celého životního cyklu baterií, dostaneme odpověď na otázku, co stojí primárně za objemem emisí skleníkových plynů, jelikož podíl obou faktorů dosahuje 89–95 %. Pro Česko je tedy žádoucí, aby začalo buď výrazněji podporovat rozšíření JE Dukovany nebo rozvíjet mezinárodní spolupráci s Německem či Rakouskem a východní Evropou s cílem stát se tranzitní zemí (MPO, 2014), jelikož podmínky pro rozvoj OZE zde nejsou ideální, jak bylo uvedeno v podkapitole 3.3.1.

Závažnější situace je ovšem v Polsku, kde na jednu stranu také dochází k postupnému snižování emisí z BEV do roku 2030, avšak na druhou stranu, je tento pokles příliš pomalý. Pokud by se u konvenčních automobilů se spalovacím motorem skutečně podařilo výrazněji snižovat emise skleníkových plynů, což je primárně závislé na obnově vozového parku, vycházejí ve všech scénářích hůře právě BEV. Toto zjištění je velice zajímavé, pokud vezmeme v úvahu, že BEV jsou prezentována jako vozidla s nulovými emisemi. Příčinou tohoto stavu je podobně jako v případě Česka, závislost na výrobě elektřiny z fosilních paliv. Tato závislost je však ještě silnější, protože jeho energetika nedisponuje jadernou elektrárnou, která je podle MCE (2019) plánována až po roce 2033, ani nemá příliš vhodné podmínky pro rozvoj OZE (viz kapitola 3.3.1). Přestože by se podíl fosilních paliv na produkci elektrické energie měl postupně snižovat (viz *graf 10* na str. 45), v roce 2025 bude jejich podíl stále okolo 75 %, respektive 68 % v roce 2030. V Polsku lze tedy označit budoucí zvyšování podílu BEV na vozovém parku za nesmyslný krok, který škodlivost silniční dopravy naopak prohloubí, respektive dojde k přesunu tohoto znečištění do sektoru energetiky. V tomto ohledu musíme vzít v úvahu také skutečnost, kdy Polsko importuje zhruba 6,1 % elektrické energie, což není v souladu s dalším zvyšováním její spotřeby pro nabíjení elektrických vozidel, a dalším zvyšováním závislosti na okolních zemích. Na druhou stranu,

tento import je pro Polsko velice výhodný, a to především z důvodu velmi nízkých emisí této elektřiny, což je dáno importem ze zemí jako je Litva či Švédsko, produkujících tuto elektrickou energii převážně z jádra či OZE. Jak již bylo uvedeno, výše tohoto importu je spíše záměrná, a pro Polsko výhodná.

Naproti tomu slovenská a maďarská energetika, jenž je založena převážně na jaderné energetice, dosahuje daleko nižších emisí skleníkových plynů. V obou zemích však hraje významnou roli import elektřiny. Ten na Slovensku aktuálně přispívá průměrně 5,87 g_{ekv}CO₂/km, což je zhruba 17 % podílu emisí, produkovaných domácí energetikou. Důvody lze spatřovat v závislosti na importu elektřiny z vysokoemisních zemí – Česka a Polska. V Maďarsku se import podílí významněji, a to 13,88 g_{ekv}CO₂/km, tj. více než třetina emisí z domácí energetiky. Poměr obou hodnot je však nižší než v případě Slovenska, což je dáno zejména závislostí na importu ze zemí s nižšími emisemi, tj. Rakouska a Slovenska. Vzhledem ke skutečnosti, kdy by do konce roku 2023, podle ČTK (2021b), již měl být spuštěn 3. i 4. blok JE Mochovce, se potřeba importu elektřiny od následujícího roku na Slovensku již neočekává. Zato maďarská energetika bude i v roce 2025 závislá na importu elektřiny, kdy jeho podíl bude významnější ve scénáři neuvažujícím rozšíření JE Paks, přičemž na celkových emisích se bude podílet přibližně 9 %. Tento údaj je však zatížen zvoleným přístupem ve výpočtu, kdy není uvažována proměna energetického mixu zemí, ze kterých je elektřina importována, ani změna jejich podílu na importu. Budoucí rozvoj elektromobility v Maďarsku, nejen z pohledu energetiky, ale především z hlediska prohlubování závislosti na importu elektřiny, a tedy snižování energetické bezpečnosti, příliš velký smysl nedává.

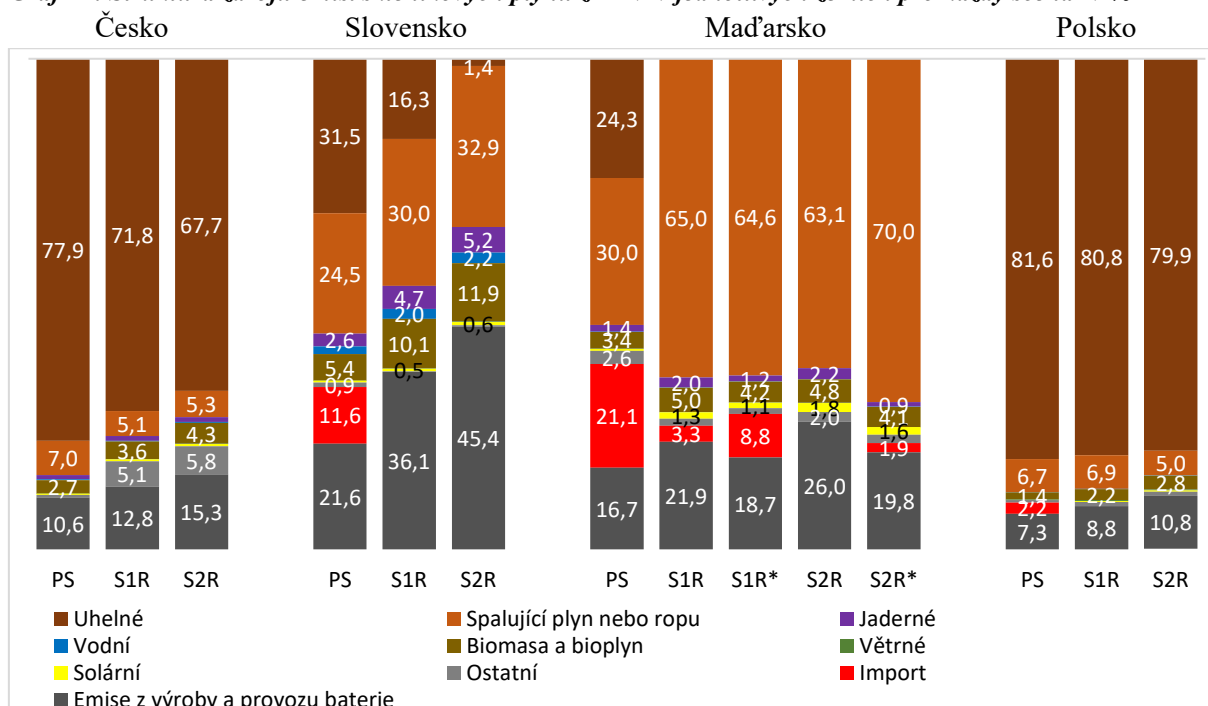
Graf 13: Shrnutí množství emisí skleníkových plynů z BEV a konvenčních automobilů v jednotlivých zemích ze všech scénářů v g_{ekv}CO₂/km



Zdroj: ERTRAC (2017), vlastní výpočty

Dominantním zdrojem elektrické energie v Maďarsku je, a také bude, spalování zemního plynu, kdy tento energetický zdroj je významnější ve scénářích neuvažujících, z aktuálního pohledu příliš nepravděpodobné, rozšíření JE Paks. Jak je patrné z *grafu 14*, nevyhnutelně tím dojde k naplnění předpokladu MIT (2019) o převzetí role největšího emitenta skleníkových plynů. Žádné z výše uvedených důvodů však v žádném ze scénářů nepovedou k výraznému zvyšování emisí BEV, které ve všech scénářích, oscilují okolo 50 % jejich objemu, ve srovnání s konvenčními automobily. Svou zásluhu na tom má především ústup od spalování uhlí, jehož podíl je v obou zemích sice aktuálně zanedbatelný, ale přesto svým podílem na celkových emisích významný.

Graf 14: Struktura zdrojů emisí skleníkových plynů z BEV v jednotlivých zemích pro každý scénář v %



Zdroj: vlastní výpočty

Ze všech zemí V4, tedy vychází nejlépe Slovensko, kde emise z BEV jsou již v současné době velice nízké, přičemž jejich objem by se měl snižovat i v budoucnu. Pro zajímavost se však inspirováme závěry studie autorů Hawkins a kol. (2012), podle nichž výroba konvenčních automobilů se spalovacím motorem produkuje, po přepočtu⁵², průměrně 43 g_{ekv}CO₂/km, zatímco výroba BEV 87–95 g_{ekv}CO₂/km, avšak ta zahrnuje také výrobu baterií. Pokud vliv baterií (v sumě vypočtené autory) odečteme, protože je v našich výpočtech již zahrnut, způsobuje výroba BEV asi o 8–19 g_{ekv}CO₂/km vyšší emise než produkce srovnatelného konvenčního automobilu. V případě připočtení těchto hodnot, k výsledkům ve výše uvedeném grafu pro Česko nebo Polsko, docházíme k závěru, že budoucí rozvoj elektromobility dále podtrhne vyšší „ekologičnost“ konvenčních automobilů v Polsku, a v Česku se ve scénářích 1 a 2, obě hodnoty téměř srovnávají. Pokud bychom navíc uvažovali kratší životnost baterie než vozidla,

⁵² Autoři uvažovali životnost obou vozidel na 150 tisíc km.

podobně jako Lombardi a kol. (2017), a tedy nutnost výměny baterie, vyjde i v Česku výroba a provoz BEV, jako méně ekologická z pohledu množství produkovaných emisí na kilometr.

Alternativně bychom mohli uvažovat využití baterie typu lithium-síra, jejíž dopady na životní prostředí, ale také na produkci emisí skleníkových plynů, jsou podle Denga a kol. (2017) nižší, ve srovnání s lithiovými bateriemi s nikl-kobalt-manganovou katodou. Konkrétně, produkce skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂ vychází v jejich případě pro výrobní fázi přibližně o 15 % níže, pokud je dosadíme do použitých vzorců. I přesto by však k zásadnějšímu snížení rozdílu, ve srovnání s konvenčními automobily v zemích V4, s výjimkou Slovenska, nedošlo, protože příspěvek výrobní fáze baterie po přepočtu na kilometr, zásadnější vliv na objem celkových emisí nemá. Pouze v realistické variantě scénáře 2 pro Slovensko, by mohlo dojít ke snížení emisí skleníkových plynů o 2 g_{ekv}CO₂/km, což znamená relativní snížení o 6,8 %.

Vzhledem k omezenému rozsahu této práce, bylo hodnocení emisí skleníkových plynů, zaměřeno pouze na úroveň jednotlivých států. Ve skutečnosti je však situace daleko komplexnější, což je dáno provázaností jednotlivých sfér, a proto bychom velké rozdíly mohli najít i na lokální úrovni. V tomto oboru jsou proto daleko přínosnější případové studie, které při podrobnějším rozboru mohou vzít v úvahu různé lokální faktory, jako je hustota zalidnění či množství spojů veřejné dopravy, což má vliv i na počet automobilů nebo počet jízd a jejich průměrnou délku. Dalšími faktory pak může být sektorová struktura hospodářství, jež má přímý vliv na množství produkovaných emisí nebo složení energetického mixu (např. často vyšší koncentrace větších energetických provozů v průmyslových oblastech nebo oblastech s vyšší spotřebou elektřiny), ale v tomto ohledu také například množství decentralizovaných zdrojů (převážně fotovoltaické panely na střeších domů).

Při větším rozvoji elektromobility je zřejmé, že tím nevyhnutelně dojde k přesunu produkovaných emisí ze sektoru dopravy, do sektoru energetiky. Z toho důvodu je často uvažované snížení emisí oxidu uhličitého, oxidů dusíku či pevných částic o různém průměru, nutno brát se značnou rezervou (Lombardi a kol., 2017). Na jednu stranu dojde k jejich významnému poklesu v oblastech s frekventovanou dopravou (významné dopravní tahy, města) nebo vyšší hustotou zalidnění, ale naopak ke zvýšení v místech, kde jsou lokalizované elektrárny. Toto považuje za významný prvek např. MHSR (2013), a vyzdvihuje elektromobilitu jako účinný nástroj pro plnění nastavených cílů v oblasti životního prostředí. Např. EEA (2016) poukazuje na skutečnost, kdy v takových místech často žije méně obyvatel. Jenže tento argument nelze považovat za zcela správný, jelikož zmíněné emise neškodí jen lidem, nýbrž mají dopady na životní prostředí veškeré bioty. Rozvojem elektromobility by se však mohlo podařit dosáhnout snížení oxidů dusíku, kdy oxid dusičitý je jeden z nejúčinnějších skleníkových plynů, nebo polycyklických aromatických uhlovodíků (viz subkapitoly 3.1.2.1 a 3.1.2.2). Dále je nutno, v důsledku provozu elektromobilů, tedy obdobně jako u konvenčních automobilů, počítat s emisemi

vzniklými provozem brzd, pneumatik a jejich kontaktem se silnicí, jak uvádí OECD (2020). EC (2020) však v blízké budoucnosti očekává vyvinutí velmi odolných pneumatik, které by měly mít významný dopad na snížení těchto emisí.

Podle studií Hawkinse a kol. (2012) a Lombardiho a kol. (2017), kteří porovnávali celý životní cyklus konvenčního automobilu se spalovacím motorem a BEV, jsou dopady na životní prostředí velice zásadní. Jejich závěry dokazují, že na jednu stranu může výroba a používání BEV snížit vlivy na acidifikaci terestrických ekosystémů (např. množství pevných částic, oxidů síry, oxidů dusíku (vč. fotochemického smogu jako sekundárního polutantu)), snížit potenciál pro vyčerpání fosilních paliv nebo objemy emisí skleníkových plynů, ale na druhou stranu, ostatní vlivy, jako toxicita pro člověka (např. těžké kovy), eutrofizace sladkovodních ekosystémů, potenciál pro vyčerpávání surovin (produkce BEV spotřebuje až 3x více surovin) jsou horší. Všechny tyto vlivy jsou dány nejen samotným provozem, ale také analýzou výrobní fáze vč. získávání surovin pro jednotlivé komponenty (Hawkins a kol. (2012); Lombardi a kol. (2017)). Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.5, tyto procesy jsou do značné míry „skryté“, protože se z velké části odehrávají mimo zemi či kontinent, kde probíhá samotná výroba/montáž těchto vozidel, popřípadě jednotlivých komponent. Pomoci by však mohla recyklace použitých surovin, avšak tu se podaří plně rozběhnout nejdříve v době, kdy současným BEV bude končit životnost. Do té doby se škody na životním prostředí budou nadále prohlubovat.

Jedním z přínosů zavádění a podpory elektromobility, a s tím souvisejícím rozvojem „chytrých sítí“, by mohla být skutečnost, kdy se podaří získat přesnější údaje o emisích skleníkových plynů a dalších znečišťujících látek. Monitorování imisních koncentrací se u velkých stacionárních energetických zdrojů provádí již v současnosti, protože není technicky komplikované, jako by bylo měření na každém automobilu se spalovacím motorem. Celkové emise z dopravy se proto v současné době pouze odhadují, a to na základě různých vstupních parametrů.

Otázkou vyššího podílu elektromobilů bude také jejich bezpečnost. Nejen pro volně žijící faunu, ale především bezpečnost chodců, zejména těch se zrakovým či sluchovým postižením. Touto problematikou se zabývala i strategie MHSR (2013), z jejichž rešerše vyplývá, že BEV, jež se pohybují v městském provozu (kde je obvykle nějaká úroveň hluku přítomna) nebo rychlostí pod 30 km/h, nejsou slyšitelná ani pro zdravého člověka. Podle analýzy Dvořáka, Šidláka (2019) pravděpodobnost přeslechnutí elektrického automobilu, činí asi 37 % ve srovnání s vozidlem, které pohání spalovací motor. Obavy o bezpečnost chodců či cyklistů, zejména na sněhové nebo ledové pokrývce, popřípadě v hlučnějším městském provozu nebo v podzemích garážích, vyjádřila také více než polovina respondentů ve studii autorů Labeye a kol. (2016), kteří z důvodu nižší hlučnosti vozidla, museli změnit styl jízdy či použít klakson, jelikož jejich vozidlo chodci v několika případech, vůbec nezaregistrovali. V tomto ohledu však již řešení existuje – jedná se o akustické zařízení, emitující při pohybu zvuk.

Dokonce je takové zařízení již povinnou výbavou automobilů (od druhé poloviny roku 2021), což je dáno nařízením Evropského parlamentu a Rady EU č. 5402004 o hladině zvuku motorových vozidel a o náhradních systémech tlumení hluku. Zůstává však otázkou, zda takové řešení není poněkud kontraproduktivní, zejména v obytných oblastech, například během nočních hodin. Dvořák, Šidlák (2019) navíc uvádí skutečnost, kdy mnozí výrobci využívají specifický, nezaměnitelný zvuk pro své značky, avšak splňující stanovené parametry.

Mezi nejistotami souvisejícími se zvyšováním penetrace elektrických vozidel, lze zmínit například dobíjení těchto vozidel v zimním období. Lze se nepochybně domnívat, že právě toto roční období bude mít negativní dopad na spotřebu energie BEV, respektive jejich maximální dojezd, což bude řešeno potřebou častějšího dobíjení, a tedy i vyššími nároky na energetické zdroje. Na druhou stranu, velká část majitelů vozidel, preferuje v chladnějším období, z různých důvodů, využívání veřejné dopravy (MI, 2019). Jako další příklad nejistot jmenujme různé katastrofy, typu povodní, silných bouří, vichřic, tornád a dalších vzácných jevů, které mohou v regionu zemí skupiny V4 nastat. Jejich častým výsledkem jsou nejen škody na majetku, ale také přerušování dodávek elektrické energie v řádu hodin, dnů, ale také týdnů. V tomto kontextu si proto můžeme položit řečnickou otázku: *„jak budou elektrická vozidla v zasažených oblastech nabíjena, pokud nebude mít majitel či obec k dispozici např. stacionární baterii nebo vlastní zdroj energie, např. fotovoltaické panely?“*.

V jiném kontextu však můžeme, položit i další praktické otázky spojené s dobíjením elektromobilů, například: *„jak bude řešeno dobíjení BEV, které náhle uvázne v dopravní koloně (např. v horkém letním, či naopak chladném zimním dni), a dobíjecí stanice nebude v dojezdové vzdálenosti?“*, nebo: *„odolají baterie silnému, např. čelnímu nárazu ve vysoké rychlosti, bez rizika vzplanutí?“*. Na závěr si pak položíme poslední, zato velmi podstatnou řečnickou otázku: *„je skutečně moudrým rozhodnutím Evropské unie, zaměřovat svou pozornost, a investovat obrovské objemy finančních prostředků výhradně do elektromobility, přestože její budoucnost je nejistá, a dopady na energetiku, krajinu a životní prostředí nejsou, zejména pokud vezmeme v úvahu např. i dopady těžby potřebných surovin mimo tento kontinent, zcela marginální?“* Buďme však korektní, protože obdobné řečnické otázky bychom si mohli klást i pro konvenční automobily se spalovacím motorem. Výše položené otázky by však měly přimět čtenáře k zamyšlení, zda je elektromobilita skutečně tou jedinou správnou technologií pro řešení problémů spojených s automobilovou dopravou, napříč celou Evropskou unií, bez uvážení vhodnějších podmínek v určitých regionech, když neznáme odpovědi nejen na některé praktické otázky, ale především, o ní neuvažujeme komplexně, tedy za celý životní cyklus. Bez tohoto zamyšlení si nedovedeme uvědomit, jaké mohou být její reálné dopady.

5. ZÁVĚR

Pouze budoucnost ukáže, zda je elektromobilita ten správný směr nebo jen „slepá větev“ vývoje nejen v odvětví osobních automobilů, ale dopravy obecně. Budoucí rozvoj elektromobility však nelze na základě jejich výhod, propagovat jako jedinou správnou cestu, nýbrž představovat a diskutovat také negativní stránky, jak bylo ukázáno v této práci. Zároveň však není možné trvat na tvrzení, že rozvoj elektromobility je, v obecném měřítku, naprostý nesmysl. Každá „nová“ technologie má svá pozitiva i negativa, o kterých je diskusí nebo vlastní zkušeností, nutné přesvědčit nejen příznivce, ale také odpůrce. Cílem této práce proto bylo zjistit: *„Jaké jsou možnosti a potenciální dopady rozvoje elektromobility v regionu V4, a jaké to bude mít dopady na energetiku a životní prostředí?“*. K dosažení vytyčeného cíle byly položeny tři výzkumné otázky, jež budou dále zodpovězeny.

První výzkumná otázka zněla: „Z jakých důvodů se uvažuje o nahrazení automobilů se spalovacím motorem, elektromobily, jaký je vývoj v oblasti jejich dobíjení, a v čem spočívají hlavní odlišnosti obou typů vozidel?“

Mezi primární důvody pro nahrazení automobilů se spalovacím motorem se řadí omezené zásoby ropy a významné negativní dopady na životní prostředí, a to zejména v oblastech s frekventovanou dopravou. Přitom přepravní výkony osobních dopravy by měly i v budoucnu dále růst, a proto se očekává další růst významu silniční dopravy, která je ve všech zemích naprosto dominantním zdrojem emisí skleníkových plynů v sektoru dopravy. Toto odvětví zároveň, spolu s energetikou, už nyní patří mezi dva nejvýznamnější zdroje těchto emisí a znečištění, avšak zatímco podíl energetiky se od roku 1990 postupně snižoval, význam dopravy se naopak kontinuálně zvyšoval. Jak bylo ukázáno, individuální automobilová doprava se na silniční dopravě, ve všech zemích, podílí velmi významně. Silniční doprava, respektive IAD, však není pouze zdrojem emisí skleníkových plynů, ale také dalších znečišťujících látek. Právě tyto důvody vedou ke snaze o vyšší orientaci na alternativní paliva.

Dobíjení elektromobilů se v současné době uskutečňuje výhradně fyzickým připojením do elektrické sítě, přičemž rychlost dobíjení závisí na velikosti proudu. Existují i další možnosti, jako je bezdrátové dobíjení či výměna baterií, avšak oba typy mají své limity, a v současné době nejsou tyto možnosti komerčně dostupné. V oblasti samotných baterií jsou aktuálně naprosto dominantní lithiové baterie, a tak by tomu mělo být i v budoucnu. Pravděpodobně nastane odklon od jejich kombinace s niklem, kobaltem a manganem, a pozornost se naopak zaměří na kombinaci se sírou. V každém případě lze očekávat zvyšování poptávky po lithiu, které je v současné době nezastupitelné. Hlavní odlišnosti obou typů vozidel spočívají v přítomnosti specifických komponent, jako je baterie, elektromotor, regulátor motoru nebo regenerativní brzdy. Jak bylo ukázáno, tyto komponenty ke své výrobě, vyžadují některé specifické suroviny, jejichž získávání naráží na celou řadu problémů, a to nejen z hlediska dostupnosti,

nýbrž i samotných dopadů na životní prostředí. Při porovnání s konvenčními automobily se spalovacím motorem, jsou BEV z hlediska dopadů produkční fáze, ve značné nevýhodě. Uživatelé BEV dále poukazují i na další odlišnosti, jako je například častější potřeba plánování jízd, ale obecně nijak zásadní rozdíly týkající se samotné jízdy, ve srovnání s vozidlem se spalovacím motorem, nepozorují.

Druhá otázka zněla: „Jaký je aktuální stav, stanovené cíle a predikce budoucího vývoje podle národních strategických dokumentů zemí Visegrádské čtyřky v oblasti elektromobility, a s tím velmi úzce související energetiky?“

Cílem všech národních strategických dokumentů, je odklon od konvenčních automobilů se spalovacím motorem, směrem k alternativním pohonům, veřejné dopravě či cyklistice. Jak se však na základě konkrétních cílů a predikcí zdá, elektromobilitě země skupiny V4, nepřisuzují překotný rozvoj do roku 2030, a to z pohledu jejich podílu na vozovém parku. Ve srovnání s cíli Evropské unie je lze považovat spíše za pesimistické. Jak bylo ukázáno, aktuálně se elektrická vozidla ve všech analyzovaných zemích, podílí na celém vozovém parku pouze v řádu setin %, což je mj. pravděpodobně důvodem nízkých očekávání do budoucna. Při posuzování cílů v oblasti energetiky je pak klíčové vycházet z aktuálního stavu či výchozího stavu v minulosti, právě kvůli obrovské investiční náročnosti, a tedy dlouhodobosti změn. Analýzou zemí skupiny V4 lze identifikovat dvě zcela rozdílné skupiny. V první řadě země založené výhradně na spalování fosilních paliv – převážně domácích uhelných zásob (Česko a Polsko), a v druhé, země významně orientované na jadernou energetiku (Slovensko a Maďarsko). Do budoucna všechny země Visegrádské skupiny směřují k nízkoemisní energetice, aby splnily závazky přijaté Evropskou unií, založené na jádru, OZE či spalování zemního plynu. Významnější podíl OZE na energetickém mixu však v žádné zemi očekávat nelze, protože pro to nedisponují příznivými podmínkami, respektive jejich přírodní potenciál je spíše nízký.

Třetí otázka zněla: „Jaké jsou potenciální dopady rozvoje elektromobility na energetiku a životní prostředí?“

Metoda scénářového přístupu spolu s výpočty v empirické části sloužily ke zjištění dopadů na energetiku, a porovnání množství emisí skleníkových plynů v jednotlivých zemích pro BEV a konvenční automobily. Dle dosažených výsledků, nelze vlivy potenciálního rozvoje BEV na energetiku, tak jak jsou predikovány národními strategickými dokumenty, považovat za příliš významné, jelikož žádná země nepředpokládá závratně rychlý nástup BEV. Na základě dosažených výsledků však lze zcela jednoznačně konstatovat, že hlavní proměnnou, jež bude významně ovlivňovat emise BEV, bude složení energetického mixu. V případě déletrvající závislosti energetiky, zejména české a polské, na produkci elektřiny spalováním uhlí, nemohou BEV dosáhnout výrazně nižších emisí skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂. Patrné to je zejména na příkladu Polska, jehož energetický mix

produkuje sám o sobě, velice vysoké emise (proti Slovensku a Maďarsku dokonce násobně vyšší). V tomto kontextu však musíme vzít v úvahu také energetickou bezpečnost, protože zejména Maďarsko je zemí, výrazně závislou na importu elektrické energie, kdy tato závislost bude, podle predikcí národních strategických dokumentů, pokračovat i v budoucnu. V takové situaci je jednoduše nesmyslné, dále zvyšovat svou spotřebu, a tedy i závislost na okolních zemích, dobíjením elektromobilů.

Pokud k dosaženým výsledkům započítáme také vliv fáze výroby, a uvažujeme tedy celý životní cyklus, či případnou nutnost výměny baterie v průběhu životnosti vozidla, BEV z hlediska množství emisí, jakožto tolik proklamované hlavní výhody, na konvenční automobily se spalovacím motorem ztrácí. Při takto komplexním hodnocení je množství emisí skleníkových plynů BEV, v Česku a Polsku srovnatelné, respektive vyšší. Jenže dopady na životní prostředí se neodehrávají jen z pohledu emisí skleníkových plynů, jelikož ty jsou, jak bylo diskutováno, spíše podružné. Pokud tedy budeme uvažovat i jiné dopady, které se však ve značné míře odehrávají mimo území Evropy, lze jednoznačně říct, že zavádění BEV, je v Česku i Polsku velice kontraproduktivní, a ke snížení dopadů na životní prostředí nepovede. Na druhou stranu se lze domnívat, že zavádění elektromobility dává větší smysl v zemích s nízkoemisním energetickým mixem. Mezi další diskutované výhody BEV lze řadit snížení hluku v oblastech s frekventovanou dopravou, přestože i ty musí kvůli bezpečnosti, emitovat zvuk při nízkých rychlostech.

Výsledky této práce mohou sloužit jako teoretický základ ke studiu možností a potenciálních dopadů elektromobility v zemích Visegrádské skupiny, avšak závěry empirické části je nutné brát se značnou rezervou, protože jsou značně limitovány „(ne)přesností“ i dostupností použitých dat. I přesto se díky nim podařilo identifikovat některé hlavní problémy související s rozvojem elektromobility. Další práce v tomto ohledu by se mohly zabývat nejen podrobnější identifikací a analýzou jednotlivých problémů souvisejících s rozvojem elektromobility, ale především případovými studii na lokální úrovni, které pomohou odhalit nejen skutečné dopady, ale zejména jejich důvody a příčiny, které na národní úrovni v důsledku značné generalizace, zanikají.

6. SEZNAM LITERATURY

Literatura

- 1) AWALE, S. (2019): Nepal's electric transport future is here. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.nepalitimes.com/banner/nepals-electric-transport-future-is-here/>
- 2) BP (2021): Energy Outlook: 2020 edition. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/energy-outlook-downloads.html>
- 3) BRZEZINA, J. (2018): Benzo[a]pyren – mýty a fakta. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2018/12/27/benzoapyren-popis-zdroje-dopady-aktualni-stav/>
- 4) BUDHATHOKI, A. (2019): Cleaning Kathmandu's Air: Are Electric Vehicles the Answer? [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://thediplomat.com/2019/08/cleaning-kathmandus-air-are-electric-vehicles-the-answer/>
- 5) BUNCE, L., HARRIS, M., BURGESS, M. (2014): Charge up then charge out? Drivers' perceptions and experiences of electric vehicles in the UK. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 59, s. 278-287.
- 6) CENIA (2021): Zpráva o životním prostředí České republiky (2019). [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/publikace/zpravy-o-zp/>
- 7) CÍLEK, V., KAŠÍK, M. (2008): *Nejistý plamen*. Dokořán, Praha, 239 s.
- 8) ČTK (2021a): Míl: Dukovany bude financovat stát, diskuse o ČEZ nevedly k cíli. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/mil-dukovany-bude-financovat-stat-diskuse-o-cez-nevedly-k-cili>
- 9) ČTK (2021b): Třetí blok jaderné elektrárny Mochovce má povolení k uvedení do provozu; zatím nepravomocně. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/treti-blok-jaderne-elektrarny-mochovce-ma-povoleni-k-provozu-zatim-nepravomocne>
- 10) DELOITTE (2020): Electric vehicles – Setting a course for 2030. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html>
- 11) DENG, Y. et. al. (2017): Life cycle assessment of lithium sulfur battery for electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 343, s. 284-295.
- 12) DENTON, T. (2016): *Electric and Hybrid Vehicles*. Routledge, New York, 197 s.
- 13) DERSKI, B., ZASUŃ, R. (2020): Rząd i górnicy myślą jak spalić więcej węgla. Ceny prądu wzrosną. [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://wysokienapiecie.pl/31851-rzad-gornicy-mysla-jak-spalic-wiecej-wegla-ceny-pradu-wzrosna/>
- 14) DIOPAN, V. (2018): Superkondenzátory: nahradí v budoucnu lithium-iontové baterie? [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/superkondenzatory-nahradi-v-budoucnu-lithium-iontove-baterie>
- 15) DOLGANOVA, I. et. al. (2020): A Review of Life Cycle Assessment Studies of Electric Vehicles with a Focus on Resource Use. *Resources*, 9, 32, s. 1-20.
- 16) DOMINISH, E. et. al. (2019): *Responsible minerals sourcing for renewable energy*. University of Technology Sydney, Sydney, 61 s.
- 17) DRÁBOVÁ, D., PAČES, V. (2014): *Perspektivy české energetiky – Současnost a budoucnost*. Novela Bohemica, Praha, 348 s.

- 18) DUSIL, T. (2019): Přestavby vozidel na CNG: Proč jsou méně populární, když dávají smysl? [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/prestavby-vozidel-na-cng-proc-jsou-mene-popularni-kdyz-davaji-smysl-129215>
- 19) DVOŘÁK, F., ŠIDLÁK, M. (2019): Tichá hrozba. Elektromobily budou muset povinně vydávat hluk. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/elektromobily-hluk-elektromotor.A190306_111628_automoto_taj
- 20) EC (2020): European Sustainable and Smart Mobility Strategy. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/themes/mobilitystrategy_en
- 21) EAFO (2021a): Countries. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.eafo.eu/countries/>
- 22) EEA (2016): Electric vehicles in Europe. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1a4a941c-9a8d-11e6-9bca-01aa75ed71a1/language-en>
- 23) ELLINGSEN, L., A., MAJEAU-BETTEZ, G., SINGH, B., SRIVASTAVA, A., K., VALØEN, L., O., STRØMMAN, A., H. (2013): Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack. *Journal of industrial ecology*, 18, 1, s. 113-124.
- 24) EU (2019): [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=EN>
- 25) EUREL (2013): Electrical Power Vision 2040 for Europe. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.eurel.org/resource/blob/1642262/b27dc948d3f25e51e3801c6849fecca4/pv2040-short-version---download-data.pdf>
- 26) FIGENBAUM, E., ASSUM, T., KOLBENSTVEDT, M. (2015): Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities. *Research in Transportation Economics*, 50, s. 29-38.
- 27) FRIČ, P. et. al. (2010): *Riziková budoucnost: Devět scénářů vývoje české společnosti*. Matfyzpress, Praha, 93 s.
- 28) GIES, E. (2017): The real cost of energy. *Nature*, 551, s. 145-147.
- 29) GÖRCS, J. (2017): Diskuse sociálně-geografických aspektů obnovitelných zdrojů energie v Česku. Bakalářská práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PřF UK, Praha.
- 30) HAWKINS, T., R., SINGH, B., MAJEAU-BETTEZ, G., STRØMMAN, A., H. (2012): Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of industrial ecology* 17, 1, s. 53-64.
- 31) HENZE, V. (2020): Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \$137/kWh. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>
- 32) HUBKA, L. (2019): Electric Cars in the Czech Republic – The Analysis of CO2 Emissions Reduction. 20th International Carpathian Control Conference (ICCC), s. 1-6.
- 33) IEA (2021b): Global EV Outlook 2021. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>
- 34) ITM (2019): Hazai Elektromobilitási Stratégia. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://hirlevel.egov.hu/2019/08/03/az-elektromobilitas-gyorsabb-terjedeset-szolgalja-a-jedlik-anyos-terv-2-0/>
- 35) JURSOVÁ, S., BURCHART-KOROL, D., PUSTĚJOVSKÁ, P., KOROL, J., BLAUT, A. (2018): Greenhouse Gas Emission Assessment from Electricity Production in the Czech Republic. *Environments*, 5, 17, s. 1-10.
- 36) KOSTOPOULOS, E., D., SPYROPOULOS, G., C., KALDELLIS, J., K. (2020): Real-world study for the optimal charging of electric vehicles. *Energy Reports*, 6, s. 418-426.

- 37) KRAUSE, J. et. al. (2020): EU road vehicle energy consumption and CO2 emissions by 2050 – Expert-based scenarios. *Energy Policy*, 138, s. 1-13.
- 38) LABEYE, E., HUGOT, M., BRUSQUE, C., REGAN, M., A. (2016): The electric vehicle: A new driving experience involving specific skills and rules. *Transportation Research Part F*, 37, s. 27-40.
- 39) LOMBARDI, L., TRIBIOLI, L., COZZOLINO, R., BELLA, G. (2017): Comparative environmental assessment of conventional, electric, hybrid, and fuel cell powertrains based on LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, s. 1989–2006.
- 40) MADEJSKI, M. (2019): Polacy kochają jeździć "na gazie" jak nikt. "Oszczędność nawet o połowę". [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.money.pl/gospodarka/polacy-kochaja-jezdzic-na-gazie-jak-nikt-oszczednosc-nawet-o-polowe-6361819494332545a.html>
- 41) MAP (2019): Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030-przekazany-do-ke>
- 42) MARTÍNEZ, O., V., VALIO, J., AARNIO, A., S., REUTER, M., GUERRERO, R., S. (2019): A Critical Review of Lithium-Ion Battery Recycling Processes from a Circular Economy Perspective. *Batteries*, 5, 68, s. 1-33.
- 43) MCE (2019): National Energy and Climate Plan for the years 2021-2030. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en
- 44) ME (2018): Electromobility development plan in Poland. [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.gov.pl/attachment/e4658a6d-6fd5-4fb3-a3d3-325446ba9029>
- 45) MEINERT, S. (2014): *Field manual Scenario building*. European Trade Union Institute, Brusel, 32 s.
- 46) MHSR (2013): Stratégia rozvoja elektromobility v Slovenskej republike a jej vplyv na národné hospodárstvo Slovenskej republiky. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/QeKrkpWz.pdf>
- 47) MHSR (2019a): Integrovaný národný energetický a klimatický plan na roky 2021 – 2030. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/zsrwR58V.pdf>
- 48) MHSR (2019b): Revízia a aktualizácia Národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/8Hvhoqz5.pdf>
- 49) MI (2019): Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrownowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku2>
- 50) MIKUŠOVÁ, M., TOROK, A., BRÍDA, P. (2018): Technological and Economical Context of Renewable and Non-renewable Energy in Electric Mobility in Slovakia and Hungary. In: NGUYEN, T., N., PIMENIDIS, E., KHAN, Z., TRAWINSKI, B. (ed.): *Computational Collective Intelligence*, Bristol, s. 429-436.
- 51) MIT (2019): National Energy and Climate Plan. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.climate-laws.org/geographies/hungary/policies/hungary-s-national-energy-and-climate-plan>
- 52) MND (2012): National Energy Strategy 2030. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://2010-2014.kormany.hu/download/7/d7/70000/Hungarian%20Energy%20Strategy%202030.pdf>
- 53) MPO (2014): Aktualizovaná Státní energetická koncepce České republiky. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument158012.html>

- 54) MPO (2015): Národní akční plán čisté mobility. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/narodni-akcni-plan-ciste-mobility--167456/>
- 55) MPO, MŽP, MD (2019): Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/aktualizace-narodniho-akcniho-planu-ciste-mobility--254445/>
- 56) MPO (2019a): Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/>
- 57) MPO (2019b): Zpráva o vývoji energetického sektoru v oblasti ropy a ropných produktů za roky 2017 a 2018. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/zprava-o-vyvoji-energetickeho-sektoru-v-oblasti-ropy-a-ropnych-produktu-za-roky-2017-a-2018--248105/>
- 58) MUHA, R., PEROŠA, A. (2018): Energy consumption and carbon footprint of an electric vehicle and a vehicle with an internal combustion engine. *Transport Problems*, 13, 2, s. 49-58.
- 59) OECD (2020), *Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge*. OECD Publishing, Paříž, 140 s.
- 60) PETERS, J., F., BAUMANN, M., ZIMMERMANN, B., BRAUN, J., WEIL, M. (2017): The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, s. 491-506.
- 61) PETŘÍČEK, M. (2019): Z Prahy do Brna autem na baterky. Jedno nabití elektrickému golfu nestačilo. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/elektromobil-elektrina-auto-golf-d1-nabijecka-elektromobilita-dalnice.A190518_476537_ekonomika_mato
- 62) REČKA, L., ŠČASNÝ, M. (2015): Impacts of carbon pricing, brown coal availability and gas cost on Czech energy system up to 2050. *Energy*, 108, s. 1-15.
- 63) SAVAGE, M. (2020): How Norway Convinced Drivers To Switch To Electric Cars. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://www.huffpost.com/entry/norway-drivers-electric-cars_n_5e94ac91c5b6f0317322b939
- 64) SKLENÁŘ, O. (2020): K otázce výstavby nového jaderného bloku v Dukovanech. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/k-otazce-vystavby-noveho-jaderneho-bloku-dukovanech>
- 65) SMIL, V. (2013): *Fakta a mýty o energetice: Jak vrátit debatu o energetice zpátky na zem*. Moravskoslezský dřevařský klastr s Moravskoslezským energetickým klastrem a Výzkumným energetickým centrem VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 173 s.
- 66) TRENTADUE, G. et. al. (2018): Evaluation of Fast Charging Efficiency under Extreme Temperatures. *Energies*, 11, 1937, s. 1-13.
- 67) VANDEPAER, L., CLOUTIER, J., AMOR, B. (2017): Environmental impacts of Lithium Metal Polymer and Lithium-ion stationary batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, s. 46-60.
- 68) WENBO, L., LONG, R., CHEN, H., GENG, J. (2017): A review of factors influencing consumer intentions to adopt battery electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, s. 318-328.
- 69) WHO (2009): Night noise guidelines for Europe. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2009/night-noise-guidelines-for-europe>
- 70) WHO (2012): Assessment of needs for capacity-building for health risk assessment of environmental noise: case studies. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and->

health/noise/publications/2012/assessment-of-needs-for-capacity-building-for-health-risk-assessment-of-environmental-noise-case-studies

- 71) WÖRNER, R. et. al. (2021): Analysis and Prediction of Electromobility and Energy Supply by the Example of Stuttgart. *World Electric Vehicle Journal*, 12, 78, s. 1-13.
- 72) XIAOLI, S., ZHENG GUO, L., XIAOLIN, W., CHENGJIANG, L. (2020): Technology Development of Electric Vehicles: A Review. *Energies*, 13, 90, s. 1-29.

Datové zdroje

- 1) EAFO (2021b): Vehicles and fleet. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://eafo.eu/vehicles-and-fleet>
- 2) EEA (2021): EEA greenhouse gas. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
- 3) Electric vehicle database (2021): Cheatsheet. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://ev-database.org/cheatsheet/>
- 4) Energydata.info (2020): Global solar atlas a Global wind atlas. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://energydata.info/apps>
- 5) ERTRAC (2017): European Roadmap Electrification of Road Transport. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://egvi.eu/wp-content/uploads/2018/01/ertrac_electrificationroadmap2017.pdf
- 6) Eurostat (2021): Database and tables by themes. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- 7) IEA (2021a): Electricity generation by source. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=HUNGARY&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>
- 8) Repowermap.org (2021): Renewable energies and energy efficiency in your neighbourhood. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.repowermap.org/>
- 9) SEPS, a. s. (2020): Ročenka SED 2019. [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.sepsas.sk/sk/dispecing/rocne-udaje-o-prevadzke/rocnky-sed/>
- 10) SCHLÖMER, S. et. al. (2014): Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: EDENHOFER, O. et. al.: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, New York, s. 1329-1356.
- 11) WIELER, J. (2021): Stromverbrauch Elektroautos: Aktuelle Modelle im ADAC Test. [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>

PŘÍLOHY

Příloha 1: Aktuální modely BEV na evropském trhu a jejich vybrané parametry.....	1
Příloha 2: Vybrané modely BEV a jejich reálná spotřeba elektrické energie.....	6

Příloha 1: Aktuální modely BEV na evropském trhu a jejich vybrané parametry

Značka/model	Maximální/využitelná kapacita baterie (kWh)	Průměrný dojezd v km	Průměrná spotřeba (Wh/km)
Aiways U5	63,0	335	188
Audi e-tron 50 quattro	64,7	280	231
Audi e-tron 55 quattro	86,5	365	237
Audi e-tron 55 quattro	86,5	365	237
Audi e-tron GT quattro	85,0	420	202
Audi e-tron GT RS	85,0	405	210
Audi e-tron S 55 quattro	86,5	320	270
Audi e-tron S Sportback 55 quattro	86,5	335	258
Audi e-tron Sportback 50 quattro	64,7	295	219
Audi e-tron Sportback 55 quattro	86,5	375	231
Audi e-tron Sportback 55 quattro	86,5	375	231
Audi Q4 e-tron 35	52,0	285	182
Audi Q4 e-tron 40	77,0	410	188
Audi Q4 e-tron 50 quattro	77,0	390	197
Audi Q4 Sportback e-tron 35	52,0	295	176
Audi Q4 Sportback e-tron 50 quattro	77,0	405	190
BMW i3 120 Ah	37,9	235	161
BMW i3s 120 Ah	37,9	230	165
BMW i4 eDrive40	80,7	475	170
BMW i4 M50	80,7	450	179
BMW iX xDrive40	71,0	350	203
BMW iX xDrive50	105,2	505	208
BMW iX3	74,0	360	206
Byton M-Byte 72 kWh 2WD	72,0	325	222
Byton M-Byte 95 kWh 2WD	95,0	400	238
Byton M-Byte 95 kWh 4WD	95,0	390	244
Citroen e-C4	45,0	250	180
Citroen e-SpaceTourer M 50 kWh	45,0	185	243
Citroen e-SpaceTourer M 75 kWh	68,0	270	252
Citroen e-SpaceTourer XL 50 kWh	45,0	180	250
Citroen e-SpaceTourer XL 75 kWh	68,0	270	252
Citroen e-SpaceTourer XS 50 kWh	45,0	185	243
CUPRA Born 110 kW - 55 kWh	45,0	275	164
CUPRA Born 150 kW - 62 kWh	58,0	350	166
CUPRA Born 170 kW - 62 kWh	58,0	345	168
CUPRA Born 170 kW - 82 kWh	77,0	450	171

Dacia Spring Electric	26,8	170	158
DS 3 Crossback E-Tense	45,0	250	180
Fiat 500e 3+1	37,3	220	170
Fiat 500e Cabrio	37,3	220	170
Fiat 500e Hatchback 24 kWh	23,8	145	164
Fiat 500e Hatchback 42 kWh	37,3	220	170
Ford Mustang Mach-E ER AWD	88,0	420	210
Ford Mustang Mach-E ER RWD	88,0	440	200
Ford Mustang Mach-E GT	88,0	410	215
Ford Mustang Mach-E SR AWD	68,0	330	206
Ford Mustang Mach-E SR RWD	68,0	345	197
Honda e	28,5	170	168
Honda e Advance	28,5	170	168
Hyundai IONIQ 5 Long Range 2WD	72,6	385	189
Hyundai IONIQ 5 Long Range AWD	72,6	375	194
Hyundai IONIQ 5 Project 45	72,6	370	196
Hyundai IONIQ 5 Standard Range 2WD	58,0	310	187
Hyundai IONIQ 5 Standard Range AWD	58,0	305	190
Hyundai IONIQ Electric	38,3	250	153
Hyundai Kona Electric 39 kWh	39,2	250	157
Hyundai Kona Electric 39 kWh	39,2	250	157
Hyundai Kona Electric 64 kWh	64,0	395	162
Hyundai Kona Electric 64 kWh	64,0	395	162
JAC iEV7s	39,0	225	173
Jaguar I-Pace EV320	84,7	365	232
Jaguar I-Pace EV400	84,7	365	232
Kia e-Niro 39 kWh	39,2	235	167
Kia e-Niro 64 kWh	64,0	370	173
Kia e-Soul 39 kWh	39,2	230	170
Kia e-Soul 64 kWh	64,0	370	173
Kia e-Soul 64 kWh	64,0	370	173
Kia EV6 GT	77,4	395	196
Kia EV6 Long Range 2WD	77,4	420	184
Kia EV6 Long Range AWD	77,4	410	189
Kia EV6 Standard Range 2WD	58,0	320	181
Lexus UX 300e	50,0	260	192
Lightyear One	60,0	575	104
Lucid Air Dream Edition	110,0	645	171
Lucid Air Grand Touring	110,0	660	167
Lucid Air Pure	85,0	540	157
Lucid Air Touring	85,0	530	160
Mazda MX-30	30,0	170	176

Mercedes EQA 250	66,5	355	187
Mercedes EQA 300 4MATIC	66,5	350	190
Mercedes EQA 350 4MATIC	66,5	350	190
Mercedes EQB 350 4MATIC	66,5	340	196
Mercedes EQC 400 4MATIC	80,0	370	216
Mercedes EQS 450+	107,8	640	168
Mercedes EQS 580 4MATIC	107,8	610	177
Mercedes EQV 300 Extra-Long	90,0	320	281
Mercedes EQV 300 Long	90,0	320	281
MG Marvel R	65,0	340	191
MG Marvel R Performance	65,0	330	197
MG MG5 Electric	56,0	330	170
MG MG5 EV	48,8	295	165
MG ZS EV	42,5	220	193
Mini Cooper SE	28,9	185	156
Nissan Ariya 63kWh	63,0	335	188
Nissan Ariya 87kWh	87,0	445	196
Nissan Ariya e-4ORCE 63kWh	63,0	325	194
Nissan Ariya e-4ORCE 87kWh	87,0	420	207
Nissan Ariya e-4ORCE 87kWh Performance	87,0	385	226
Nissan e-NV200 Evalia	38,0	190	200
Nissan Leaf	36,0	220	164
Nissan Leaf e+	56,0	325	172
Opel Ampera-e	58,0	335	173
Opel Corsa-e	45,0	275	164
Opel Mokka-e	45,0	255	176
Opel Zafira-e Life L 50 kWh	45,0	180	250
Opel Zafira-e Life L 75 kWh	68,0	270	252
Opel Zafira-e Life M 50 kWh	45,0	185	243
Opel Zafira-e Life M 75 kWh	68,0	270	252
Opel Zafira-e Life S 50 kWh	45,0	185	243
Peugeot e-2008 SUV	45,0	250	180
Peugeot e-208	45,0	275	164
Peugeot e-Rifter Long 50 kWh	45,0	195	231
Peugeot e-Rifter Standard 50 kWh	45,0	200	225
Peugeot e-Traveller Compact 50 kWh	45,0	185	243
Peugeot e-Traveller Long 50 kWh	45,0	185	243
Peugeot e-Traveller Long 75 kWh	68,0	270	252
Peugeot e-Traveller Standard 50 kWh	45,0	185	243
Peugeot e-Traveller Standard 75 kWh	68,0	270	252

Polestar 2 Long Range Dual Motor	75,0	395	190
Polestar 2 Long Range Single Motor	75,0	425	176
Polestar 2 Standard Range Single Motor	61,0	350	174
Porsche Taycan	71,0	395	180
Porsche Taycan 4 Cross Turismo	83,7	405	207
Porsche Taycan 4S	71,0	375	189
Porsche Taycan 4S Cross Turismo	83,7	405	207
Porsche Taycan 4S Plus	83,7	435	192
Porsche Taycan Plus	83,7	460	182
Porsche Taycan Turbo	83,7	400	209
Porsche Taycan Turbo Cross Turismo	83,7	385	217
Porsche Taycan Turbo S	83,7	390	215
Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo	83,7	380	220
Renault Kangoo Maxi ZE 33	31,0	160	194
Renault Megane E-Tech Electric	60,0	335	179
Renault Twingo Electric	21,3	130	164
Renault Zoe ZE40 R110	41,0	255	161
Renault Zoe ZE50 R110	52,0	315	165
Renault Zoe ZE50 R135	52,0	310	168
SEAT Mii Electric	32,3	205	158
Seres 3	52,0	270	193
Škoda Enyaq iV 50	52,0	295	176
Škoda Enyaq iV 60	58,0	330	176
Škoda Enyaq iV 80	77,0	420	183
Škoda Enyaq iV 80X	77,0	405	190
Škoda Enyaq iV RS	77,0	395	195
Smart EQ forfour	16,7	95	176
Smart EQ fortwo cabrio	16,7	95	176
Smart EQ fortwo coupe	16,7	100	167
Sono Sion	47,0	260	181
Tesla Model 3 Long Range Dual Motor LG	70,0	460	152
Tesla Model 3 Performance	76,0	460	165
Tesla Model 3 Standard Range Plus	50,0	340	147
Tesla Model 3 Standard Range Plus LFP	50,0	335	149
Tesla Model S Long Range	90,0	555	162
Tesla Model S Plaid	90,0	535	168
Tesla Model X Long Range	90,0	475	189
Tesla Model X Plaid	90,0	455	198

Tesla Model Y Long Range Dual Motor	72,5	425	171
Tesla Model Y Performance	72,5	410	177
Toyota PROACE Verso L 50 kWh	45,0	180	250
Toyota PROACE Verso L 75 kWh	68,0	270	252
Toyota PROACE Verso M 50 kWh	45,0	185	243
Toyota PROACE Verso M 75 kWh	68,0	270	252
Volkswagen e-Up!	32,3	205	158
Volkswagen ID.3 Pro	58,0	350	166
Volkswagen ID.3 Pro Performance	58,0	350	166
Volkswagen ID.3 Pro S	77,0	450	171
Volkswagen ID.3 Pure Performance	45,0	275	164
Volkswagen ID.4 1st	77,0	410	188
Volkswagen ID.4 GTX	77,0	385	200
Volkswagen ID.4 Pro Performance	77,0	410	188
Volkswagen ID.4 Pure	52,0	285	182
Volkswagen ID.4 Pure Performance	52,0	285	182
Volvo C40 Recharge	75,0	340	221
Volvo XC40 Recharge Pure Electric	75,0	340	221
Medián	65,0	335	188
Modus	45,0	185	176
Průměr	63,4	329,7	194,0

Poznámka: Tabulka shrnuje veškeré modely, které lze aktuálně zakoupit v Evropě, či které budou na evropský trh v blízké době uvedeny. Využitelná kapacita baterie udává, kolik energie lze z baterie reálně získat, jelikož její kapacita nemůže klesnout přesně na 0. Proto se liší od maximální kapacity. Obě hodnoty jsou však udávány výrobcem. Průměrný dojezd je průměrem dojezdu ve městě, po dálnici či kombinací obou, a to za zimních teplot (-10°C s běžícím topením) a letních teplot (23°C s vypnutou klimatizací), jak uvádí Electric Vehicle Database (2021). Průměrná spotřeba je následně získána prostým podílem obou hodnot.

Zdroj: Electric Vehicle Database (2021), vlastní zpracování

Příloha 2: Vybrané modely BEV a jejich reálná spotřeba elektrické energie

Značka/model	Maximální/využitelná kapacita baterie v kW	Reálná spotřeba elektrické energie ze sítě (kW)	Ztráty elektrické energie v %
Audi e-tron 55 quattro	83,6	94,3	12,8
Audi e-tron Sportback 55 quattro	86,5	96,0	11,0
BMW i3 (120 Ah)	37,9	48,8	28,8
DS 3 Crossback E-Tense So Chic	47,5	55,4	16,6
Hyundai Ioniq Elektro Style	38,3	44,1	15,1
Hyundai Kona Elektro (64 kWh) Trend	64,0	73,9	15,5
Jaguar i-Pace EV400 S AWD	90,0	100,8	12,0
Kia e-Niro (64 kWh) Spirit	64,0	72,3	13,0
Kia e-Soul (64 kWh) Spirit	64,0	73,9	15,5
Mazda MX-30 e-SKYACTIV	32,0	37,5	17,2
Mercedes EQC 400 AMG Line	80,0	93,0	16,3
Mini Cooper SE	28,9	37,6	30,1
Nissan e-NV 200 Evalia	40,0	46,9	17,3
Nissan Leaf Acenta (40 kWh)	40,0	44,5	11,3
Nissan Leaf e+ Tekna (62 kWh)	62,0	68,4	10,3
Peugeot e-2008 GT	47,5	53,1	11,8
Peugeot e-208 GT	47,5	53,1	11,8
Polestar 2 Long Range Dual Motor	72,5	86,0	18,6
Porsche Taycan 4S Performance Plus	83,7	95,2	13,7
Renault Zoe Intens (41 kWh)	41,0	49,5	20,7
Renault Zoe R135 Z.E. 50 (52 kWh) Intens	52,0	64,3	23,7
Seat Mii electric Plus	32,3	37,8	17,0
Smart Forfour EQ passion	17,6	18,9	7,4
Tesla Model 3 Longe Range AWD	75,0	89,5	19,3
Tesla Model 3 Standard Range Plus	53,0	60,0	13,2
Tesla Model X 100D	100,0	108,3	8,3
VW e-up! Style	32,3	36,7	13,6
VW ID.3 Pro Performance 1st Max	58,0	64,8	11,7

VW ID.4 Pro Performance (77 kWh) Max	77,0	88,5	14,9
Průměr	56,8	65,3	15,5
Medián	53,0	64,3	14,9

Poznámka: Tabulka obsahuje pouze vybrané modely, které jsou mimo jiné, dostupné na německém trhu. Měření probíhalo při konstantní teplotě 23°C, při nabíjení střídavým proudem do plné kapacity baterie, a probíhalo na rychlonabíječce o výkonu 22 kW, jak uvádí Wieler (2021). Hodnoty pro ztráty elektrické energie jsou získány prostým podílem hodnot v předchozích sloupcích.

Zdroj: Wieler (2021), vlastní zpracování