

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

Evidenčné číslo: 104005/B/2023/36145173762560260

TREND VYUŽITIA VODÍKA V AUTOMOBILOVEJ PREPRAVE

Bakalárska práca

2023

Natália Gálová

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

**TREND VYUŽITIA VODÍKA V AUTOMOBILOVEJ
PREPRAVE**

Bakalárska práca

Študijný program: ekonomika a manažment podniku

Študijný odbor: ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: katedra manažmentu výroby a logistiky

Vedúci záverečnej práce: Ing. Patrik Richnák, PhD.

Bratislava 2023

Natália Gálová

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcela pod'akovať vedúcemu bakalárskej práce Ing. Patrikovi Richnákovi, PhD. za jeho čas, rady a cenné pripomienky, ktoré mi poskytol počas vypracovávania bakalárskej práce.

Abstrakt

GÁLOVÁ, Natália: *Trend využitia vodíka v automobilovej preprave*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta podnikového manažmentu; Katedra manažmentu výroby a logistiky. Vedúci/a záverečnej práce: Ing. Patrik Richnák, PhD. – Bratislava: FPM EU, 2023, 44 s.

Bakalárska práca sa venuje problematike využívania vodíka v automobilovej doprave. Alternatívne palivá sú vo svete čoraz diskutovanejšou témou, preto je dôležité dostať ich benefity do širšieho povedomia obyvateľstva. Cieľom práce je skúmať súčasné trendy v preprave s ohľadom na budúcnosť a životné prostredie. Prvá časť práce je zameraná na teoretické vymedzenie vodíka v doprave s ohľadom na jeho výhody a nevýhody. Praktickú časť práce tvorí dotazníkový prieskum. Predkladaná práca je rozdelená do piatich kapitol, ktoré poskytujú prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky v domácom a zahraničnom kontexte. Obsahuje 8 grafov, 5 obrázkov, 1 tabuľku a 1 prílohu. Prvá kapitola sa zaoberá súčasným stavom riešenej problematiky doma a v zahraničí. Druhá a tretia kapitola poskytuje prehľad cieľov práce a použitých metód skúmania. Štvrtá kapitola je venovaná interpretácii výsledkov práce a v piatej kapitole sú navrhnuté odporúčania. Výsledkom bakalárskej práce sú odporúčania, ktoré by zvýšili záujem o vodíkové vozidlá.

Kľúčové slová:

vodík, doprava, emisie, elektromobilita

Abstract

GÁLOVÁ, Natália: *Trend in Using Hydrogen in Automotive Transport*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of Business Management; Department of Production Management and Logistics. Tutor: Ing. Patrik Richnák, PhD. – Bratislava: Department of Production Management and Logistics of the University of Economics, 2023, 44 p.

Bachelor thesis focuses on issue about using hydrogen in automotive transport. Alternative fuels are becoming an increasingly discussed topic in the world, so it is important to raise awareness about their benefits among the general population. The aim of thesis is to examine actual trends in transport with regard to future and environment. The first part of thesis is focused on theoretical definition of hydrogen in transport with regard to its pros and cons. The practical part of thesis creates questionnaire survey. Presented thesis is divided into five chapters, that provide an overview of the current state of the addressed issue in domestic and international context. . The thesis contains 8 graphs, 5 images, 1 table and 1 attachment. The first chapter deals with current state of the problem at home and abroad. Second and third chapter provide an overview of goals of the thesis and used research methods. The fourth chapter is devoted to the interpretation of the results and in the fifth chapter recommendations are presented. The result of bachelor thesis is set of recommendations that would increase an interest in fuel cell vehicles.

Key words:

hydrogen, transport, emissions, electromobility

Obsah

Úvod	9
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí	10
1.1 Využitie vodíka v doprave	11
1.2 Komparácia vodíka s inými druhmi pohonu	16
1.3 Využívanie vodíka ako paliva vo svete, EÚ a v Slovenskej republike	21
2 Cieľ práce	25
3 Metodika práce a metódy skúmania	26
4 Výsledky práce	28
4.1 Vyhodnotenie prieskumu formou dotazníka	28
5 Diskusia	39
Záver	41
Zoznam použitej literatúry	42

Zoznam skratiek a značiek

Skratka/značka

Vysvetlenie

BEV

battery electric vehicle

CNG

compressed natural gas

CO₂

oxid uhličitý

CO

oxid uhoľnatý

EÚ

Európska únia

FCEV

fuel cell electric vehicle

HEV

hybrid electric vehicle

kg

kilogram

km

kilometer

kWh

kilowatthodina

LPG

liquefied/light petroleum gas

M1

osobné vozidlo s najviac 8 sedadlami

MHD

mestská hromadná doprava

NO_x

oxidy dusíka

PHEV

plug-in hybrid electric vehicle

REEV

range extended electric vehicle

SR

Slovenská republika

Úvod

„Verím, že voda sa raz bude používať ako palivo a vodík a kyslík, z ktorých sa skladá, budú samostatne alebo spoločne poskytovať nevyčerpatelný zdroj tepla a svetla, ktorého intenzita bude prekračovať možnosti uhlia.“

Jules Verne

V súčasnosti je zrejmé, že potreba hľadania nových energetických riešení je kľúčová pre našu budúcnosť. Vodík sa stáva stále populárnejším v oblasti dopravy a ako alternatíva k fosílnym palivám sa stáva dôležitým prvkom pre udržateľnú budúcnosť. Výhody využívania vodíka ako paliva sú mnohé, ako napríklad vysoká účinnosť a nízke, až nulové emisie. Napriek tomu stále existujú výzvy, ktoré je potrebné prekonať, aby sa vodík stal skutočne udržateľným a konkurencieschopným riešením pre dopravu.

Bakalárska práca je rozdelená do piatich hlavných kapitol. Cieľom tejto bakalárskej práce je preskúmať využitie vodíka ako paliva pre motorové vozidlá, zhodnotiť jeho vplyv na životné prostredie a poskytnúť prehľad o súčasnom stave využívania tejto technológie na svetovom a slovenskom trhu. Práca zahŕňa výskum, ktorý sa zameriava na prieskum názorov a postojov respondentov k využívaniu vodíka ako paliva v doprave. V druhej a tretej kapitole práce si zadefinujeme stanovené ciele a metódy skúmania. Budeme sa zaoberať postupom a návrhom dotazníka, ktorý bol použitý na zhromaždenie dát od respondentov. V štvrtej kapitole budeme interpretovať výsledky prieskumu a poskytneme analýzu získaných dát. V záverečnej kapitole sa budeme venovať zhodnoteniu výsledkov práce a navrhujeme odporúčania pre ďalšie výskumy v tejto oblasti.

Celkovo je cieľom práce poskytnúť čitateľovi ucelený prehľad o využití vodíka ako paliva pre motorové vozidlá, jeho vplyve na životné prostredie a jeho súčasnom využití ako vo svete, tak aj na Slovensku.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

V súčasnej klimatickej kríze sa mnohí odborníci zaoberajú otázkou, ako zmeniť technológie natoľko, aby sa nepoškodzovala planéta, no zároveň s tým sa ľudstvo nemuselo vracieť v čase, kedy sa o hromadnej preprave ešte nepočulo. Jednou odpoveďou na túto problematiku môže byť vodík a jeho všestranná využiteľnosť vo výrobe energie, ktorá sa dá potenciálne využiť v mnohých aspektoch života, kedy automobily nie sú výnimkou a to aj napriek náročnosti, s akou musia byť skonštruované. V aktuálnej situácii síce vodík nie je ešte naplno rozbehnutý, no výskum a vývoj stále napreduje a už aj dnes je možné si takéto vozidlo zaobstaráť. Rozvinutejšie sú však hromadné formy dopravy, kde sa už pomaly dostávajú do testovacej prevádzky práve autobusy s pohonom na vodík. Takéto autobusy už zažili testovaciu prevádzku v Bratislave a Trnave. Práve nákladná a hromadná doprava sú odvetvia, kde sa s vodíkom ako palivom pre vozidlá najviac počíta. No určite sa vodík dostane do povedomia aj ako možnosť pre osobnú dopravu, podobne ako sa rozvinuli aj elektromobily a to práve vďaka jeho jazdným vlastnostiam a akútnou potrebou vymyslieť spôsob, ako sa prepravovať bez emisií.

Súčasný trend v automobilovom priemysle sa zameriava hlavne na neustály vývoj a zlepšovanie práve vozidiel s elektrickým pohonom. Keďže aj tieto vozidlá majú svoje nevýhody, vodíkové pohony prinášajú vhodnú alternatívu na ceste k udržateľnosti. Vodíkových áut sa od roku 2011 síce na celom svete predalo len cca 56 000 kusov, no od počiatku sa prihliada na to, aby autá tankovali vodík vyrobený šetrne k prírode a aby mali vodiči dostatok staníc na dočerpanie paliva do nádrží. To robí vodík slušným konkurentom pre elektromobily a silným hráčom na ceste k udržateľnosti. Pred vodíkovou mobilitou je ešte dlhá cesta, no ak má šancu presadiť sa, tak to bude hlavne vďaka racionálnemu prístupu k jej rozvoju.

Obsahom prvej kapitoly bude teoretické vymedzenie pojmu vodík a základné vysvetlenie princípu fungovania vodíka ako paliva. Zároveň prvá kapitola poskytne informácie o rozdieloch vodíka v porovnaní s inými druhmi pohonu ako z funkčného, tak aj z ekonomického hľadiska.

1.1 Využitie vodíka v doprave

V súčasnosti sa ako alternatívne palivo využíva najmä elektrická energia, vodík je zatiaľ stále v úzadí. V podstate sa takýto druh vozidiel až tak od tých elektrických nelíši. Hlavným rozdielom je to, že kým elektrické automobily vyžadujú na chod lítium-iónové články, ktoré je nutné dobíjať, vodíkové automobily s palivovými článkami si za pomoci týchto článkov vedia reakciou kyslíka s vodíkom vytvoriť vlastnú elektrickú energiu, ktorá je ukladaná do batérie automobilu. Jednou z výhod, ktorou vodíkové automobily oplyvajú, je určite dojazd, ktorý je na rozdiel od elektromobilov, porovnateľný s klasickými spaľovacími autami. Preto sa v súčasnosti o vodíku uvažuje ako o pohonnej hmote, ktorá má budúcnosť v diaľkovej doprave.

Hlavnou otázkou v súvislosti s prevádzkou vodíkových vozidiel je výroba samotného vodíka v súlade s cieľom znižovania uhlíkovej stopy a boja proti klimatickým zmenám: *„Vodík môže byť vyrábaný mnohými spôsobmi zo širokého spektra vstupných surovín, pevných, kvapalných i plynných; v súčasnej dobe dominuje výroba vodíka z fosílnych palív¹.“*

Najväčší potenciál v doprave má vodík vyrobený elektrolýzou vody. Takto vyrobený vodík má zatiaľ najmenší podiel z celkovej svetovej produkcie, predstavuje len okolo 5 %. No pri využívaní elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov má výroba nulové CO₂ emisie. Aj keď je elektrolýza využívaná už skoro storočie, vývoj a výskum s cieľom produkcie zeleného vodíka z obnoviteľných zdrojov stále prebieha. Pri procese elektrolýzy sa využíva elektrická energia, ktorá rozloží vodu na vodík a kyslík. Takáto reakcia prebieha v jednotke, ktorá sa nazýva elektrolyzér. Elektrolyzér je zariadenie, ktoré môžu mať rôznu veľkosť od malých zariadení až po veľké centrálné zariadenia, kde je výroba priamo viazaná na obnoviteľné zdroje².

Účinnosť elektrolýzy v premene dodanej elektrickej energii na vodík sa pohybuje v rozmedzí 70-95%. Na vyprodukovanie 1 kilogramu vodíka je potrebných až 55 kWh elektriny a 8,9 kg vody. Práve kvôli týmto skutočnostiam je zatiaľ výroba elektrolýzou 3 až 4 krát nákladnejšia ako výroba zo zemného plynu. V súčasnosti sa priemysel zameriava na vysokoteplotnú elektrolýzu, kde sú takéto elektrolyzéry schopné vyprodukovať vodík aj

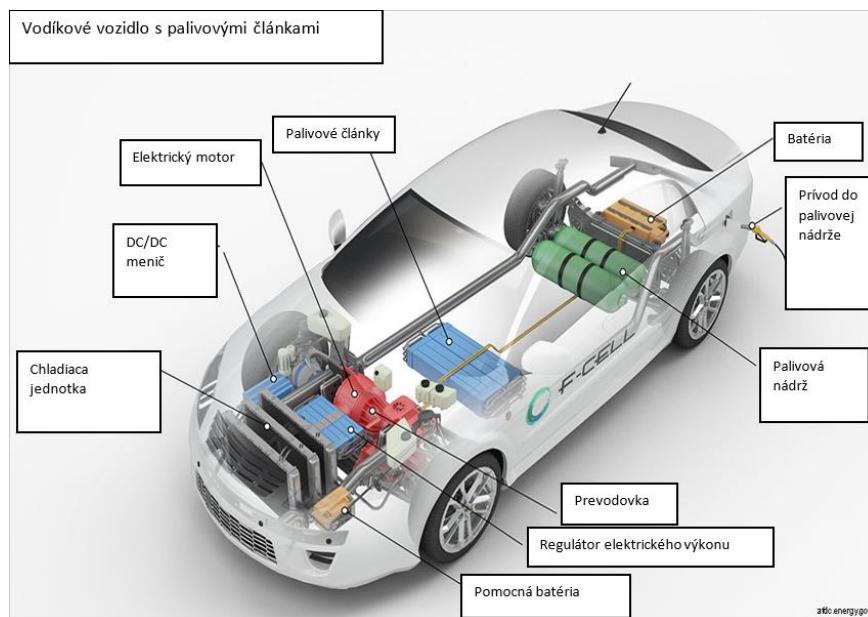
¹ BIČÁKOVÁ, Olga. *Netradiční zdroje energie, čistá paliva a nové metody spalování*. 1. vyd. Praha: Academia, 2016. s. 21. ISBN 978-80-200-2665-1.

² KAFKOVÁ, Valentína – KARAS, Denis – CYPRICHOVÁ, Veronika. *Vodík*. 1.vyd. Leopoldov: Centrum výskumu a vývoja, 2021. s. 43. ISBN 978-80-973973-0-2.

z vodnej pary, čím sa zvyšuje účinnosť celého procesu. Takýto multi-megawattový elektrolyzátor sa plánuje postaviť do konca roka 2024 v rafinérii Neste v Rotterdame. Za zmienku stojí aj elektrolyza, pri ktorej sa využíva fotovoltaika ako jeden z potenciálnych obnoviteľných zdrojov. V tomto procese sa použije slnečná energia, ktorá je priamo premenená na elektrickú energiu pomocou fotovoltaičských článkov, v ktorých sa nachádzajú polovodiče. V týchto polovodičoch sa po dopade slnečnej energie uvoľnia viazané elektróny. Najpoužívanejším vodičom sú monokryštály kremíka, avšak takáto výroba článkov je drahá a energeticky náročná. Tok elektrickej energie medzi fotovoltaičským panelom, akumulátorom a elektrolyzátorom je riadený prostredníctvom solárneho regulátora. Vodík, ktorý sa vyprodukuje, je uložený v palivovom článku, kde sa dá následne využiť. Hlavnou výhodou je fakt, že k výrobe je použitá čisto elektrická energia vyrobená zo slnečného žiarenia. Vďaka uskladneniu vyrobeného vodíka v palivovom článku je takáto elektrolyza určite vhodnou možnosťou, ako vyrobiť vodík, ktorý bude bez emisií a bude využiteľný v doprave.

Ako už bolo spomenuté, vodík spolu s kyslíkom vyrába v automobiloch elektrickú energiu za pomoci palivových článkov, ktoré sú v podstate malými generátormi. Vodík je uchovávaný v palivovej nádrži. Palivový článok je stavbou podobný batériám. Nájdeme v ňom anódu, katódu a membránu s katalyzátorom. Vodík sa na anóde rozloží na elektrón a vodíkový protón, ktorý sa transportuje membránou ku katóde, tam reaguje s prítomným kyslíkom. Produktom tejto elektrochemickej reakcie je iba destilovaná voda, ktorá do ovzdušia uniká vo forme vodnej pary, nie sú vyprodukované žiadne emisie. Táto technológia sa tiež nazýva aj reverznou elektrolyzou, pretože dochádza k opačným dejom ako pri elektrolyze vody. Priemerná účinnosť palivových článkov sa pohybuje medzi 50 – 60 %. Z 1 kg vodíka je tak palivový článok schopný vyrobiť približne 16 kWh elektriny, ktorá sa uloží do batérie automobilu. Pre bližšiu predstavu nám popisuje stavbu vodíkového automobilu Obrázok 1. Ďalšou veľkou výhodou je aj prevádzka takéhoto automobilu v chladnom počasí, pretože palivové články nepodliehajú kvôli chladu degradácii, ako batériové akumulátory. Takisto je ušetrená energia na kúrení, keďže auto si vystačí s teplom, ktoré vzniklo pri reakcii v palivovom článku. Čo sa týka tankovania, je rýchle a jednoduché, funguje rovnako ako pri spaľovacích motoroch. Vďaka jeho vysokému dojazdu sa v súčasnosti výskum a vývoj zameriava na nákladnú dopravu, kde je hlavnou výhodou aj absencia ťažkých akumulátorov, čím sa zvyšuje užitočná hmotnosť vozidla: „Získané

výsledky naznačujú, že technológie na vodík a palivové články sú ideálne na dekarbonizáciu nákladnej a diaľkovej dopravy³.“



Obrázok 1 Stavba vozidla s palivovými článkami

Zdroj: vlastné spracovanie podľa *Alternative Fuels Data Center*. [online]. [cit. 2023-04-21]. Dostupné na: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work>

Aj napriek tomu, že značná časť úsilia sa v súčasnosti vkladá do vozidiel s palivovými článkami, nevylučuje sa ani priame spaľovanie vodíka v motoroch. V tomto smere je priekopnícka najmä spoločnosť Toyota, ktorá vyvíja aj takýto druh pohonu. Takýto pohon zabudovaný do Toyoty Yaris upravenej pre preteky rely už otestoval aj samotný šéf spoločnosti Akio Toyoda na belgickej rely v okolí mesta Ypres⁴. Avšak, takýto pohon má aj svoje nevýhody, ktoré bránia v implementácii spaľovacích motorov na vodík. Predovšetkým je to nižšia účinnosť ako u palivových článkov. Ďalšou nevýhodou je to, že aj keď produktom spaľovania vodíka je čistá voda, pri jeho spaľovaní vo vzduchu vznikajú emisie oxidu dusného, a keďže sa musí mazať olejom, ten produkuje emisie pevných častíc. Katalytické filtre síce odstránia veľkú časť týchto látok, ale nie všetky. Vozidlá so spaľovaním vodíka sú teda menej účinné a menej čisté ako tie s palivovými článkami. Ak sa

³ KAFKOVÁ, Valentína – KARAS, Denis – CYPRICHOVÁ, Veronika. *Vodík*. 1.vyd. Leopoldov: Centrum výskumu a vývoja, 2021. s. 53. ISBN 978-80-973973-0-2.

⁴ SUCHÝ, Lukáš. *Na belgické rallye se prohněla Toyota Yaris s vodíkovým spalovacím motorem*. [online]. 2022. [cit. 2023-03-26]. Dostupné na <https://autoroad.cz/zajimavosti/103468-na-belgicke-rallye-se-prohanela-toyota-yaris-s-vodikovym-spalovacim-motorem>

však spoločnostiam podarí odstrániť tento problém s emisiami, spaľovací vodíkový pohon je taktiež dobrou alternatívou na ceste k zelenej doprave.

Dôležitou, zatiaľ veľmi diskutovanou otázkou, je aj samotné skladovanie vodíka. Vzhľadom na jeho chemické vlastnosti, ako je napríklad výbušnosť, si skladovanie vo vozidlách vyžaduje určité opatrenia. Vodík môže byť uskladnený podobne ako plyn alebo tekuté palivá. Uskladnenie vyžaduje vysokotlakové nádrže (okolo 700 barov), pričom vozidlo dokáže uniesť štyri až päť kilogramov plynu. Avšak, kvôli veľkosti a váhe sú takéto nádrže neefektívne, preto sa výskum zameriava najmä na uskladnenie vodíka v aute inými spôsobmi. Takouto možnosťou môže byť vysoko porézny materiál na báze hliníka. Jeho názov je NU-1501 a vyrobili ho z organických molekúl a kovových iónov, ktoré vytvárajú vysoko kryštalickú, poréznu štruktúru, ktorá dokáže zadržiavať a vypúšťať molekuly vodíka pri potrebe nižšieho tlaku, a teda aj nákladov, čo je v otázke budúcnosti vodíkových vozidiel dôležitý aspekt⁵.

Ako každá technológia, aj vodík má určité výhody a nevýhody⁶, ktoré viac či menej môžu ovplyvniť jeho nasledujúci vývin v automobilovom priemysle. Výhody a nevýhody vodíkovej technológie sú zhrnuté v Obrázku 2.

Medzi hlavné **výhody** patrí:

- *čistá energia*: Vodíkové automobily produkujú iba vodu a teplo ako vedľajší produkt, čo znamená, že sú čistejšie ako klasické benzínové alebo naftové vozidlá a neprodukujú emisie CO₂, ktoré prispievajú ku globálnemu otepľovaniu,
- *vysoký dojazd*: Vodíkové automobily majú vysoký dojazd, ktorý môže byť až dvojnásobný v porovnaní s elektrickými vozidlami, ktoré sú závislé na nabití batérie,
- *rýchle tankovanie*: Tankovanie vodíka je podobné ako u benzínových automobilov a trvá iba niekoľko minút, zatiaľ čo nabíjanie batérie elektrického vozidla trvá oveľa dlhšie,
- *pokročilá technológia*: Vodíkové automobily sú najmodernejšie vozidlá na ceste a majú technológiu, ktorá umožňuje vysokú efektivitu a výkon.

⁵ DUMÉ, Isabelle. *Ultraporous metal-organic frameworks could make clean energy carriers*. [online]. 2020. [cit. 2023-03-24]. Dostupné na: <https://physicsworld.com/a/ultraporous-metal-organic-frameworks-could-make-clean-energy-carriers/>

⁶ STURZENBERGER, Nicole. *Hydrogen fuel cell vehicles: pros and cons*. [online]. 2022. [cit. 2023-03-24]. Dostupné na: <https://sustainableamerica.org/blog/hydrogen-fuel-cell-vehicles-pros-and-cons/>

Medzi **nevýhody** patria najmä:

- *vysoké náklady*: Vodíkové automobily sú momentálne pomerne drahé, a to nielen kvôli vysokým nákladom na výrobu, ale aj kvôli nedostatku infraštruktúry pre vodíkové tankovanie,
- *nedostatok infraštruktúry*: Súčasná sieť vodíkových čerpacích staníc je stále pomerne malá a zvyšuje náklady a obmedzenia využitia vodíkových automobilov,
- *bezpečnostné riziká*: Vodík je vysoko horľavý plyn, ktorý vyžaduje špeciálne bezpečnostné opatrenia pri skladovaní, preprave a tankovaní,
- *energetická náročnosť výroby*: Výroba vodíka vyžaduje veľké množstvo energie a zdroje, ktoré sú potrebné na jeho výrobu, môžu mať negatívny vplyv na životné prostredie.



Obrázok 2 Hlavné výhody a nevýhody vodíkových vozidiel

Zdroj: vlastné spracovanie

1.2 Komparácia vodíka s inými druhmi pohonu

Vodíkové automobily a konvenčné vozidlá majú niekoľko zásadných rozdielov v mnohých oblastiach, ako napríklad v spôsobe pohybu, spotrebe paliva a emisiách. Najskôr je však potrebné zadať členenie vozidiel. Podľa pohonu sa vozidlá delia na 3 základné kategórie: efektívne spaľovacie, hybridné a elektrické. Kým k spaľovacím vozidlám zaraďujeme všetky všeobecne najrozšírenejšie druhy pohonov, ako je spaľovanie benzínu, nafty alebo zemného plynu, elektrifikácia vozidiel priniesla široké spektrum rôznych spôsobov poháňania vozidla.

Vozidlá s čiastočným elektrickým pohonom sa označujú ako hybridné. Ich využitie je najmä v meste pri pomalšej jazde, kde sa vozidlo dokáže prepínať zo spaľovacieho do elektrického motora podľa potreby. Patria sem⁷:

- **plug-in hybridný elektromobil (PHEV)** – elektromobil s čiastočne elektrifikovaným pohonom a možnosťou dobíjania batérie z elektrickej siete,
- **hybridný elektromobil (HEV)** – označujú sa nimi elektromobily poháňané spaľovacím motorom, ktorému môže najmä pri rozbiehaní čiastočne asistovať elektrický motor. Akumulátor takýchto vozidiel nie je možné nabíjať z elektrickej siete a využíva iba elektrickú energiu získanú pri spomaľovaní (tzv. rekuperácií) automobilu.

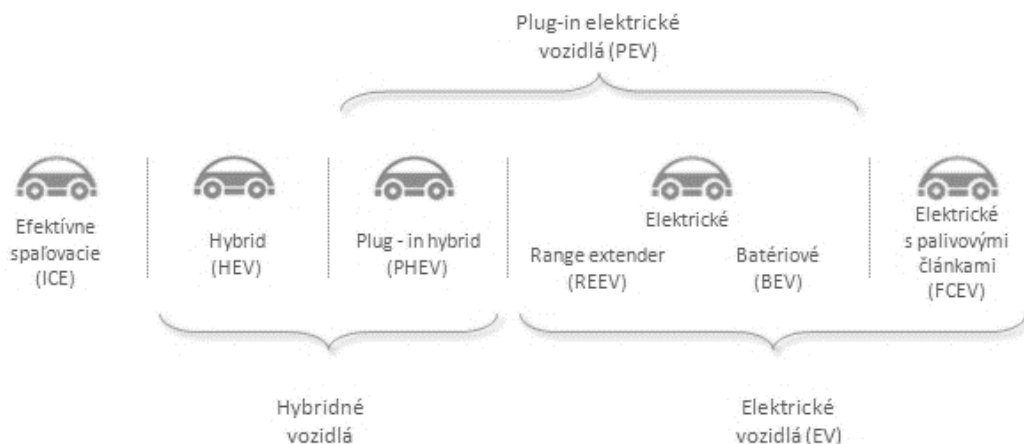
Medzi elektromobily zaraďujeme⁸:

- **batériové (BEV)** – označujú sa nimi len plne elektrické vozidlá, ktoré používajú batériu ako jediný zdroj energie,
- **batériové s predĺženým dojazdom (REEV)** – označujú sa nimi elektromobily vybavené elektrickým aj spaľovacím motorom, ktorý je používaný výlučne na dobíjanie batérie za účelom predĺženia dojazdu,
- **elektromobily vybavené palivovými článkami (FCEV)** – označujú sa nimi elektromobily vybavené elektrickým motorom, ktorý je poháňaný

⁷ KOLEKTÍV AUTOROV. *Veľký slovník elektromobility: Tieto pojmy musíte poznať!*. [online]. 2022. [cit. 2023-03-25]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/velky-slovník-elektromobility-pojmy/>

⁸ KOLEKTÍV AUTOROV. *Veľký slovník elektromobility: Tieto pojmy musíte poznať!*. [online]. 2022. [cit. 2023-03-25]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/velky-slovník-elektromobility-pojmy/>

elektrickou energiou vyprodukovanou v palivových článkoch. Práve pre tento elektromobil je typické využívanie vodíka v palivových článkoch.



Obrázok 3 Delenie vozidiel podľa pohonu

Zdroj: *EnergiePortal* [online]. 2016. [cit. 2023-02-24] Dostupné na:

<https://www.energie-portal.sk/Dokument/elektromobily-su-vyhodnejšie-ako-spaľovacie-motory-102419.aspx>

Každé z vyššie uvedených vozidiel má svoje výhody ale aj nevýhody, preto je ťažké s určitosťou povedať, ktorý druh pohonu je najlepší. V ďalšej časti textu sa teda pozrieme na komparáciu týchto rôznych typov vozidiel.

Vozidlá na spaľovací motor využívajú konvenčné palivá ako benzín a naftu, ktoré spôsobujú emisie škodlivých látok do ovzdušia a prispievajú ku globálnemu otepľovaniu. Elektromobily majú nesporné výhody, nakoľko je pomerne jednoduché technologicky zabezpečiť výrobu energie z obnoviteľných zdrojov. Toto riešenie eliminuje emisie priamo z vozidla, ale vyžaduje si vysoké náklady na výrobu a recykláciu batérií. Práve výroba batérií je jednou z najväčších nedostatkov elektromobilov, nakoľko je potrebné lítium, ktoré sa zatiaľ ťaží veľmi neekologicky. Rovnako stále nie je doriešená otázka likvidovania týchto batérií, pretože obsahujú nebezpečné látky, ktorých recyklácia je finančne aj logisticky veľmi náročná. Odhaduje sa, že na svete je aktuálne recyklovaných len 5% zo všetkých lítium-iónových batérií. Ostatné sú buď odložené na skládkach alebo neekologickým spôsobom likvidované. Pritom takýto prístup môže mať za následok presiaknutie elektrolytu a vzácnych materiálov do pôdy, z ktorej sa následne znečistia podzemné vody a môže dôjsť

k ekologickej katastrofe⁹. Aj vo FCEV automobiloch je použitá lítium-iónová batéria, no opotrebuje sa výrazne menej ako v BEV vozidle, pretože vodíkové vozidlá nemajú vysoké nároky na batériu ako elektromobily - elektrická energia sa vyrába priamo v palivových článkoch. Batérie sú použité len ako pomocné zdroje energie a nie sú hlavným zdrojom pohonu. Z tohto pohľadu je podľa nášho názoru FCEV ekologickejšia voľba ako elektromobil.

Keďže porovnávame vozidlá s rôznymi druhmi pohonu, najväčšie rozdiely sú v samotnom dojazde. Dojazd vozidla je pre väčšinu potenciálnych kupujúcich základné kritérium, na ktoré pri výbere nového automobilu pozerajú. Kým tradičné spaľovacie motory majú podľa druhu paliva – benzín, nafta, LPG/CNG - dojazd od 600 až do 900 km, nové elektromobily prinášajú s čistou jazdou aj výrazne skrátený dojazd, ktorý sa pohybuje priemerne okolo 400 km. Na rozdiel od spaľovacích motorov však dojazd výrazne skráti aj chladné počasie, keďže na vykúrenie auta je spotrebovaná energia, ktorá by mohla byť využitá práve pri dojazde. V tomto má oproti elektromobilom výhodu práve vodík a vozidlá s vodíkovými palivovými článkami, keďže takýto automobil si elektrickú energiu vyrába sám a na vykurovanie samotného interiéru je použité prebytočné teplo, ktoré spolu s vodnou parou vzniká pri reakcii ako vedľajší produkt. Samotný dojazd vodíkového vozidla je taktiež výrazne vyšší ako u elektromobilov, za priaznivých podmienok môže dosiahnuť hranicu až 600 km. V porovnaní so spaľovacími motormi to je síce menej, no obrovskou výhodou je jazda bez emisií. Tie majú vodíkové autá spolu s elektromobilmi nulové. Pri vodíku nám do ovzdušia uniká len vodná para, ktorá pri reakcii v automobile vzniká ako vedľajší produkt, kdežto pri spaľovacích pohonoch unikajú do ovzdušia známe látky ako sú CO₂, CO a NO_x. Trojicu najdôležitejších parametrov uzatvára čas potrebný na natankovanie, keďže to je v kombinácii s dojazdom faktor, ktorý u mnohých kupujúcich závaží. Týka sa to najmä elektromobilov, keďže jedno nabitie trvá od 30 minút až do niekoľkých hodín, čo je v mnohých situáciách značne nepraktické. Tu zas v novej ére dopravy vyhráva vodík, nakoľko tankovanie trvá približne rovnaký čas ako pri klasických fosílnych palivách.

Keďže vodík je v automobilovom priemysle niečo nové, odráža sa to aj na vstupných investíciách do takéhoto vozidla. Náklady sú tak jedným z kľúčových parametrov v ekonomickej komparácii druhov vozidiel. Za rok 2022 cena ropy výrazne kolísala, čo sa

⁹ HECL, David. *Čo bude s batériami elektromobilov po ich zostarnutí a ako sa budú likvidovať?* [online]. 2021. [cit. 2023-02-18]. Dostupné na: <https://www.autoviny.sk/reportaze/122220/otazka-co-bude-s-bateriami-elektromobilov-po-ich-zostarnuti-a-ako-sa-budu-likvidovat>

odrazilo aj na cene pohonných hmôt. Benzín Natural 95 stál v priemere 1,692 €/liter, nafta 1,719 €/liter a LPG 0,833 €/kg¹⁰. Cena za vodík je na prvej slovenskej vodíkovej čerpacej stanici stanovená na 15,4 €/kg. Najznámejšie vodíkové vozidlo Toyota Mirai má spotrebu 0,55 kg/100 km¹¹, čo by znamenalo, že približne 600 km jazda nás vyjde v prepočte cca 51 €. Na porovnanie, pri dieselovej Škode Octavii s motorizáciou 2.0 TDI, ktorá má približne rovnaký výkon motora a s priemernou spotrebou 5 l/100 km nás prejdenných 600 km vyjde na rovnakých 51 €. Dá sa tak povedať, že v súčasnosti je vodík rovnako cenovo dostupným palivom. Rozdiel je samozrejme vo vyprodukovaných CO₂ emisiách, pri spomínanej Škode je to až 135g/km. Z tohto pohľadu pri dobudovaní infraštruktúry má vodík veľký potenciál. Avšak obrovskou nevýhodou všetkých doposiaľ predávaných vodíkových áut je ich cena, ktorá sa pohybuje od 60 000 € vyššie a preto aj pri potenciálne dobudovanej infraštruktúre bude určite výrazne zaostávať za elektromobilmi.

V nasledujúcej tabuľke je znázornené porovnanie vodíkového automobilu s dostupnými vozidlami. Keďže každý typ vozidla je iný, za kľúčový parameter sme vybrali výkon v kW. Z tabuľky vyplýva, že vodíkové vozidlo je úplne konkurencieschopné so všetkými na trhu dostupnými vozidlami. Nevýhodou je len cena vozidla, ktorá sa však v budúcnosti s napredujúcim výskumom určite zníži. V súčasnosti je však na trhu veľmi veľa vozidiel, ktorých obstarávacie náklady sú rovné nákladom, ktoré by sme vynaložili na obstaranie vodíkového automobilu. Preto je vyššia cena vozidla diskutabilná a v mnohých prípadoch záleží len na ochote kupujúceho ísť do niečoho neznámeho. Nemožno zabudnúť ani na čas tankovania, keďže v porovnaní FCEV pohonu, vodík natankujeme za 5 minút, pri BEV pohone je čas dobitia batéria až do 12 hodín, podľa rýchlosti prítoku energie zdroja. Ak sa podaria plány EÚ a cena zeleného vodíka do roku 2030 klesne na 1,8€/kg¹², náklady na palivo sa u FCEV ľahko vyrovnajú nákladom na prevádzku elektromobilov, ktoré momentálne vedú v porovnaní s ostatnými druhmi pohonu.

¹⁰ ŠTATISTICKÝ ÚRAD SLOVENSKEJ REPUBLIKY. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 2023-03-26].

Dostupné na: https://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_INTERN/sp0202ms/v_sp0202ms_00_00_00_sk

¹¹ SKOKAN, Radovan. *Vodíková Toyota Mirai má dojazd 1 000 km na jednu nádrž, ide o svetový rekord*. [online]. 2021. [cit. 2023-03-26]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/vodikova-toyota-mirai-ma-dojazd-1-000-km-na-jednu-nadrz-ide-o-svetovy-rekord/>

¹² KURMAYER, Nikolaus J. *Vodíková revolúcia v doprave? V roku 2030 má 17 percent nových nákladiakov jazdiť na vodík*. [Elektronický zdroj]. 2022. [cit. 2023-03-28]. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/zivotne-prostredie/news/vodikova-revolucia-v-doprave-v-roku-2030-ma-17-percent-novych-nakladiakov-jazdit-na-vodik/>

Tabuľka 1 Porovnanie vodíkového vozidla s inými typmi pohonu

	Výkon (kW)	Dojazd	Spotreba	Emisie CO₂	Cena paliva	Cena
Toyota Mirai (FCEV)	134 kW	650 km	0,55kg/100 km	0g/km	15,4€/kg	Od 64 990 €
Škoda Octavia RS (Diesel)	147 kW	Do 900 km	5l/100 km	135g/km	1,719€/l	Od 38 900 €
Citroen C4 X (BEV)	100 kW	360 km	20kWh/100 km	0g/km	0,39€/kWh	Od 35 490 €
Opel Astra (PHEV)	133 kW	700 km + 60 km na elektrický dojazd	4,9l/100 km 18kWh/100 km	23g/km (kombinované)	1,692€/l 0,39€/kWh	Od 34 490 €

Zdroj: vlastné spracovanie podľa dostupných technických špecifikácií

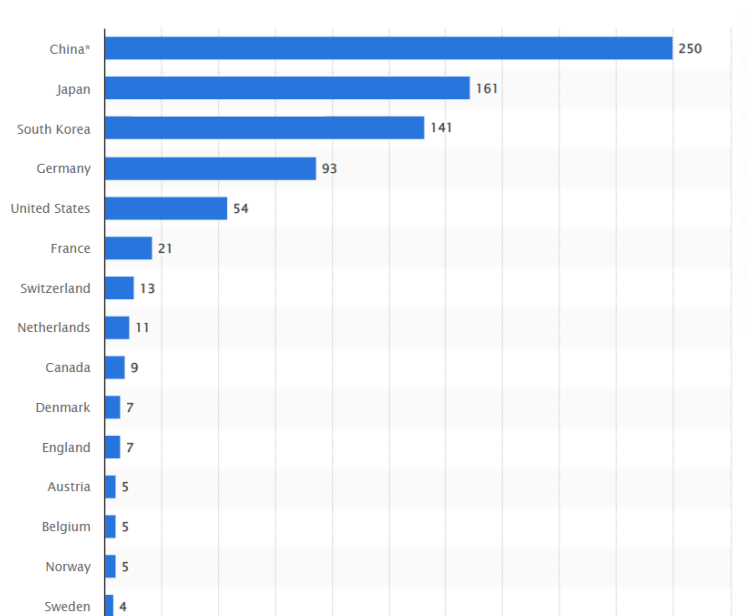
1.3 Využívanie vodíka ako paliva vo svete, EÚ a v Slovenskej republike

Trend využitia vodíka sa vo svete čoraz viac dostáva do širšieho povedomia. V súčasnosti sú ku kúpe dostupné tri vozidlá s palivovými článkami určené na osobnú dopravu: Toyota Mirai, Honda Clarity Fuel Cell a Hyundai Nexo. Z uvedeného obrázku vyplýva, že v budovaní infraštruktúry celosvetovo zatiaľ vedie Čína (250 čerpacích staníc), Japonsko (161) a Južná Kórea (141). Práve z Japonska a Južnej Kórey pochádzajú uvedené vodíkové vozidlá na trhu, preto nie sú žiadnym prekvapením vedúce priečky v tomto rebríčku. Podľa dostupných údajov¹³ sa do konca roka 2022 celosvetovo predalo viac ako 56 000 osobných vozidiel na palivové články, čo predstavuje necelé 0,4% z celkového počtu osobných vozidiel používaných vo svete. No napriek veľkému potenciálu a nesporným výhodám oproti elektromobilom sa väčšina automobiliek odvracia od vodíkových programov pre osobné automobily a využitie vidia hlavne v nákladnej doprave.

Spoločnosť Renault má napríklad podľa šéfa oddelenia alternatívnych pohonov, Phillipe Prevela, cieľ získať 30 %-ný podiel na trhu úžitkových áut na vodík. Podľa neho je vodíková technológia v nákladných autách výhodná, pretože nepotrebuje ťažké akumulátory, čo znamená vyššiu užitočnú hmotnosť vozidla, ktorá je v nákladnej doprave veľmi potrebná. Ak sa bude aj naďalej budovať vodíková infraštruktúra, je predpoklad, že väčšina sa využije práve na nákladnú dopravu než pre osobné automobily¹⁴.

¹³ HYDROGEN CENTRAL. *How many Hydrogen Passenger Vehicles Have Been Sold So Far? Over 56 Thousand*. [online]. 2023. [cit. 2023-03-18]. Dostupné na: <https://hydrogen-central.com/how-many-hydrogen-passenger-vehicles-have-been-sold-far-over-56-thousand/>

¹⁴ ANDREJČÁK, Tomáš. *Je vodík slepá ulička? Stále viac automobiliek si to myslí*. [online]. 2021. [cit. 2023-03-18]. Dostupné na: <https://auto.pravda.sk/magazin/clanok/581670-je-vodik-slepa-ulicka-stale-viac-automobiliek-si-to-mysli/>



Obrázok 4 Rebríček TOP 15 krajín s najvyšším počtom čerpacích staníc

Zdroj: Aizarani, J. Number of hydrogen fueling stations for road vehicles worldwide as of 2022, by country [online]. 2023. [cit. 2023-02-26]. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/1026719/number-of-hydrogen-fuel-stations-by-country/>

V Európe je situácia podobná. Napriek prvotnému nadšeniu Európskej únie z vodíka sa od pôvodných plánov už upustilo, pretože EÚ vidí budúcnosť najmä v elektromobilite. Vodík má potenciál, no ciele sa presmerujú na dekarbonizáciu ťažkého priemyslu, kde bude slúžiť ako zelená vstupná surovina. Európska komisia pripravuje celoeurópsku databázu, ktorej účelom bude sledovať uhlíkovú stopu rôznych typov vodíka a ďalších nízkouhlíkových palív. Cieľom tejto databázy je podporiť ich využívanie v rôznych sektoroch hospodárstva. Taktiež vzniklo Partnerstvo pre čistý vodík, ktoré zabezpečuje partnerstvo medzi EÚ a priemyslom s cieľom výroby zeleného vodíka za 1,5-3€/kg pre potreby dopravy¹⁵. Takýto vodík by bol efektívnym nástrojom pre potreby dopravy, nakoľko by sa z neho stalo veľmi lacné palivo a vodíkové automobily by jazdili za zlomok toho, čo stojí benzín alebo nafta pri zachovaní približne rovnakého dojazdu. Aj napriek nepriazni

¹⁵ HUBINSKÝ, René. Perspektívy rozvoja vodíka na Slovensku a v zahraničí. In *Elektromobilita 2022: Všetko čo potrebujete vedieť o elektromobilite v SR*. Bratislava: Digital Visions, 2022, roč. 4, č.1. s. 125. ISBN 978-80-973581-9-8

v podobe nedostatku infraštruktúry sa počet registrovaných FCEV vozidiel v EÚ zvyšuje. Ešte v polovici roka 2020 bolo registrovaných iba 1700 ks automobilov, no do konca roka 2021 sa tento počet takmer zdvojnásobil¹⁶. Postupne sa však vo všetkých vyspelých krajinách EÚ zapracúvajú stratégie na podporu zavedenia vodíka do praxe. Najväčší rozmach môžu zažiť práve taxíky, ktoré sa začínajú vyskytovať napríklad v Paríži, Londýne a Kodani. Práve Francúzsko je krajina, ktorá má začlenené takéto vozidlá do prepravy už od roku 2015. Vodík do týchto taxíkov je zatiaľ vyrábaný ako „modrý“, to znamená že sa pri výrobe uvoľňuje malé množstvo oxidu uhličitého, avšak do júna 2023 je naplánované vybudovať desiatky čerpacích staníc s kapacitou jednej tony lokálne vyrábaného zeleného vodíka. Počet prevádzkovaných taxíkov by tak mal postupne narastať¹⁷.

V Slovenskej republike sa vodík zatiaľ aktívne nevyužíva, no SR už disponuje dvoma čerpacími stanicami, čím sa zaraďuje k ostatným vyspelým krajinám Európy. Nachádzajú sa v Bratislave a Trnave. Tieto stanice boli otvorené len nedávno, presnejšie začiatkom roka 2022. Ich hlavným problémom je fakt, že disponujú len tlakom okolo 300 barov, pričom napríklad revolučná vodíková Toyota Mirai je stavaná na tlak až 700 barov, tým pádom je možné natankovať ju len na polovičný dojazd. Z tohto dôvodu sa už v súčasnosti uvažuje o dobudovaní dostupnejšej infraštruktúry. V roku 2022 sa spoločnosti BCF Energy podarilo zazmluvniť výstavbu 40 obslužných vodíkových čerpacích staníc po celom území Slovenska. Tieto stanice budú súčasťou koncernu BENZINOL Slovakia. Taktiež spoločnosť plánuje výrobu zeleného vodíka, a preto začne s výstavbou podnikov, ktoré túto potrebu zabezpečia. Podniky sa budú nachádzať v Trenčíne, Pezinku a Modrom Kameni, pričom odhadom dokážu všetky tri denne vyprodukovať 4000 kg vodíka¹⁸. Elektrická energia potrebná na výrobu bude čerpaná výlučne z obnoviteľných zdrojov. Spoločnosť taktiež pripravuje výstavbu solárnych elektrární, ktoré sa budú nachádzať na ploche viac ako 230 hektárov. Týmto sa na Slovensku začne nová éra v udržateľnom spôsobe života v súlade s prijatou Národnou vodíkovou stratégiou, v ktorej sú definované potrebné

¹⁶ BEZDĚKOVSKÝ, Jan. *Perspektiva vodíkové mobility v silniční dopravě*. [elektronický zdroj]. 2022. s. 108. [cit. 2023-03-27]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/363710455_Perspektiva_vodikove_mobility_v_silnicni_dopravePerspects_for_Hydrogen_Mobility_in_Road_Transport

¹⁷ HUDEC, Michal – MOUSSU, Nelly. *Po Európe sa širía vodíkové taxíky*. [online]. 2022. [cit. 2023-04-08]. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/doprava/news/po-europe-sa-siria-vodikove-taxiky/>

¹⁸ HUBINSKÝ, René, 2022. *Perspektívy rozvoja vodíka na Slovensku a v zahraničí*. In *Elektromobilita 2022: Všetko čo potrebujete vedieť o elektromobilite v SR*. Bratislava: Digital Visions, 2022, roč. 4, č.1. s. 124. ISBN 978-80-973581-9-8

úkony, ktoré má Slovenská republika splniť s cieľom zavádzania vodíkových technológií do praxe.



Obrázok 5 Plánované čerpacie stanice

Zdroj: BCF. Vodík [online]. 2021. [2023-03-27]. Dostupné na: <https://bcf.sk/vodik/>

2 Cieľ práce

Hlavným cieľom bakalárskej práce je preskúmať vnímanie využitia vodíka ako paliva v doprave z pohľadu obyvateľstva Slovenskej republiky pomocou dotazníkového prieskumu a vhodne zvolenej literatúry, ktorá teoreticky vymedzila pojem vodík v doprave v predchádzajúcej kapitole. Využitie vodíka ako paliva v doprave je jedným z mnohých riešení, ktoré sa ponúkajú pre zníženie emisií a zlepšenia kvality ovzdušia. S ohľadom na to, že doprava je jedným z hlavných zdrojov emisií skleníkových plynov na svete, využitie vodíka môže predstavovať významný krok v boji proti klimatickým zmenám.

V bakalárskej práci sa zameriavame na využitie vodíka ako paliva v doprave, kde vodík slúži ako zdroj energie pre vodíkové palivové články, ktoré následne poháňajú elektrické vozidlá. Cieľom prieskumu je zistiť, ako obyvatelia Slovenska vnímajú využitie vodíka v doprave a aké faktory by mohli ovplyvniť ich rozhodnutie pri kúpe nového vozidla.

Celkovo má táto práca za cieľ prispieť k lepšiemu porozumeniu vnímania využitia vodíka ako paliva v doprave u obyvateľstva Slovenska a identifikovať faktory, ktoré by mohli ovplyvniť kúpu nového vozidla. Výsledky prieskumu by mohli pomôcť pri zlepšovaní informovanosti verejnosti o využití vodíka ako paliva v doprave a podporiť prechod na udržateľnejšie spôsoby mobility.

Na naplnenie hlavného cieľa práce sme si zadefinovali nasledovné čiastkové ciele:

- teoretické objasnenie vodíkovej mobility,
- zadefinovanie pojmov súvisiacich s vodíkom,
- vymedzenie základných parametrov vodíkových vozidiel,
- analýza súčasného stavu vodíkovej mobility vo svete,
- analýza súčasného stavu vodíkovej mobility v Slovenskej republike,
- realizácia prieskumu pomocou dotazníka
- analýza a interpretovanie získaných dát
- stanovenie odporúčaní na zvýšenie záujmu o vodíkovú mobilitu

3 Metodika práce a metody skúmania

Objekt skúmania tvorilo 80 respondentov vo veku 18-60 rokov. Prieskum bol realizovaný v marci 2023 formou dotazníka. Vzorku tvorilo produktívne obyvateľstvo Slovenskej republiky. Približne rovnaké zastúpenie mali pracujúci občania spolu so študentmi stredných škôl. Výber bol zámerný, nakoľko sme zisťovali postoj k problematike z perspektívy bežného občana.

Postup vypracovania bakalárskej práce pozostával z teoretického vymedzenia pojmu vodík v doprave a následnej prípravy na prieskum. Prieskum bol realizovaný prvotnou prípravou prostredníctvom štúdia vhodne zvolenej literatúry, prehliadania slovenských aj zahraničných výskumov a webových stránok. Po naštudovaní si potrebných materiálov bola ako adekvátna metóda prieskumu zvolená dotazník. Pri výbere metódy prieskumu sme zvažili niekoľko faktorov, ako napríklad počet respondentov, typ otázok, ktoré chceme položiť a spôsob zberu dát. V našom prípade sme sa rozhodli pre dotazník ako najvhodnejšiu metódu, pretože nám umožňuje získať veľké množstvo dát od vzorky respondentov a zároveň poskytuje štruktúrované odpovede, ktoré sú následne ľahko spracovateľné.

Bibliografiu tvorili sekundárne zdroje. Obsah tvorila domáca a zahraničná literatúra. Ostatné zdroje boli čerpané z aktuálnych článkov publikovaných v odborných časopisoch a na internete. Zdroje boli vyberané na základe dôveryhodnosti a aktuálnosti. Prvotne sme zdroje dôkladne preskúmali a následne sme pristúpili k ich selekcii a použitiu v práci. Pri samotnom prieskume tvorili hlavný zdroj informácií práve respondenti.

V rámci práce sme analyzovali dotazníkové odpovede, ktoré boli získané od vzorky obyvateľstva. Dotazník je zameraný na získanie informácií o tom, ako respondenti vnímajú využitie vodíka ako paliva v doprave, aké sú ich očakávania a obavy týkajúce sa vodíkových vozidiel a aké faktory by ovplyvnili ich rozhodnutie pri kúpe nového vozidla. Na základe výsledkov prieskumu budeme schopní poskytnúť informácie o tom, ako je vnímanie využitia vodíka ako paliva v doprave ovplyvnené rôznymi faktormi a aké sú hlavné dôvody pre a proti kúpe vodíkového vozidla. Výsledky prieskumu môžu byť nápomocné pre hospodársku prax pri rozhodovaní o podpore vývoja vodíkových vozidiel a infraštruktúry na ich nabíjanie.

Po vypracovaní prieskumu došlo k zberu potrebných údajov. Respondenti odpovedali na dotazník elektronickou formou. Dotazník pozostával z 15 uzatvorených otázok, z toho dve otázky boli demografické. Kvantitatívne spracovanie faktov bolo

realizované pomocou grafov a tabuliek, ktoré majú pre našu prácu značnú výpovednú hodnotu. Kvalitatívne sme výsledky spracovali kompletnou analýzou pomocou komparácie, dedukcie a syntézy. Komparáciou sme porovnali vekové rozloženie respondentov a ich postoj k vodíkovej mobilite. Následne sme pomocou syntézy a dedukcie vyvodili závery, ktoré vyplynuli z odpovedí respondentov.

4 Výsledky práce

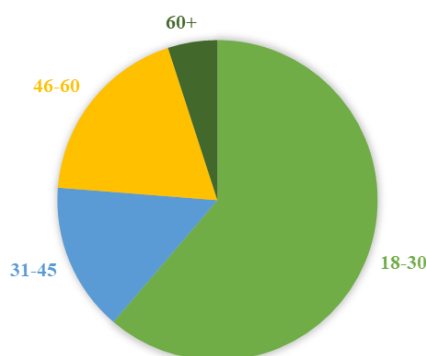
Zámerom výskumu bolo skúmanie postoju obyvateľstva k novým možnostiam dopravy. Rozmedzie vekovej kategórie bolo vybrané v súlade s možnosťou obdržania vodičského preukazu, keďže vzorku tvorili obyvatelia Slovenskej republiky v produktívnom veku. Otázky boli stavané s ohľadom na rozdielnu informovanosť respondentov o nových možnostiach pohonu. Dotazník sa zameriaval na postoj a otvorenosť k alternatívnym možnostiam prepravy, s cieľom zvýšenia povedomia o výhodách vodíka ako paliva v automobiloch. Na Slovensku majú elektromobily trhový podiel len 3,7%, čo je najmenej v Európe. Naopak, napríklad vo Švédsku je to až 56% a postupne toto číslo rastie. Preto je dôležité zvýšiť povedomie o alternatívnych a čistejších spôsoboch prepravy a to aj prostredníctvom tohto dotazníka.

4.1 Vyhodnotenie prieskumu formou dotazníka

Demografické údaje

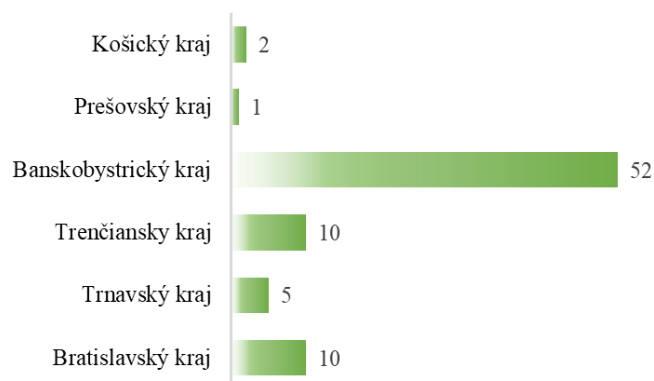
V úvodnej časti dotazníka sme sa zamerali na charakteristiku skúmaného súboru. Medzi identifikačné znaky sme zaradili vek a kraj, v ktorom daný respondent žije. Identifikátor bol zvolený z dôvodu zisťovania rozdielu vo vnímaní alternatívnych spôsobov pohonu na základe príslušnosti k určitej časti krajiny.

Do prieskumu bolo zapojených 80 respondentov v produktívnom veku. Najpočetnejšiu zložku tvorili respondenti vo vekovej kategórii 18-30 rokov a väčšina z nich pochádzala z Banskobystrického kraja. Demografické rozloženie je zhrnuté v nasledujúcich grafoch.



Graf 1 Vekové rozloženie respondentov

Zdroj: vlastné spracovanie



Graf 2 Rozloženie respondentov podľa bydliska

Zdroj: vlastné spracovanie

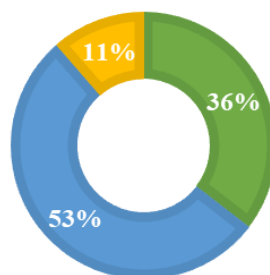
Využívanie motorových vozidiel

Ďalšia otázka bola orientovaná na zistenie, či respondenti vlastnia motorové vozidlo, a ak áno, s akým typom pohonu. Zo všetkých zúčastnených vlastnilo motorové vozidlo 61 opýtaných, čo predstavovalo 76,25%. Najčastejšie vlastneným vozidlom je vozidlo s benzínovým pohonom, vlastní ho 36,25% respondentov. Nasleduje ho dieslový pohon, ktorý je vlastnený 35% zúčastnených. Rozdiel v uvedených možnostiach bola len jedna odpoveď, a potvrdzuje fakt, že na Slovensku stále prevládajú automobily s klasickými spaľovacími motormi. Zvyšných 5% tvoril mix LPG (1) a hybridného pohonu (5). Práve fakt, že na Slovensku sa elektromobilita ešte len rozvíja, prispieva k tomu, aby sa medzi ostatné druhy pohonov mal možnosť integrovať aj vodík a prispel k postupne čoraz viac potrebnej redukcii emisií a uhlíkovej stopy v doprave. K tomu nadväzovala nasledujúca otázka, ktorá sa zaoberala priemerným počtom najazdených kilometrov za rok. V otázke mali respondenti na výber z troch možností – do 10 000 km, 10 000 – 20 000 km, 20 000+ km. Obe otázky mali za úlohu prepočítať priemerné množstvo uvoľnených emisií. Priemerný počet najazdených kilometrov u našich respondentov dosahoval hodnotu približne 12 000 kilometrov ročne. Modus bol na úrovni 15 000 kilometrov a medián sa taktiež rovnal hodnote 15 000 najazdených kilometrov. Priemerné množstvo CO₂ emisií z osobných vozidiel sa v roku 2020 pohybovalo v hodnote 120g/km. To znamená, že pri priemere 12 000 najazdených kilometrov je do ovzdušia vypustených až 1 440 kilogramov oxidu uhličitého každým automobilom na spaľovací pohon. Pri celkovom počte spaľovacích vozidiel registrovaných v SR je toto číslo obrovské. Preto je aj vodík jedným z potenciálnych riešení krízy, nakoľko ponúka jazdné vlastnosti konkurenčné s akýmkoľvek benzínovým motorom,

no zachováva si pri tom úplne nulové emisie. Podľa dostupných údajov¹⁹ bolo v SR k 30.3.2023 registrovaných takmer 2,6 milióna osobných vozidiel kategórie M1. Čisto elektrických vozidiel je ani nie 0,4% z uvedeného počtu, čo je približne 9 500 kusov. Ak by aspoň 10% vozidiel z celkového počtu bolo vodíkových, ročne vyprodukované emisie by sa dali znížiť o takmer 360 tisíc ton CO₂.

Ďalšia časť prieskumu sa venovala postoju respondentov k udržateľnej preprave a konkrétnym otázkam o využívaní a zavádzaní vodíka do praxe. Otázka „Aký je váš postoj k udržateľnejšiemu spôsobu dopravy?“ mala za cieľ zistiť, koľko % respondentov sa zaujíma o danú problematiku. Odpovede sú znázornené v Grafe 3.

- Vnímam to, ale aktívne pre to nič nerobím
- Vnímam to a snažím sa žiť udržateľne
- Nezaujíma ma to



Graf 3 Postoj k udržateľnosti

Zdroj: vlastné spracovanie

Pozitívom je fakt, že viac ako polovica opýtaných sa o túto problematiku zaujíma. V rámci dekarbonizácie dopravy by bolo vhodné v osвете obyvateľstva viac spomínať vodík ako alternatívu k súčasným elektromobilom, nakoľko veľká časť obyvateľstva odsudzuje elektromobilitu práve kvôli kontroverziám ohľadom ťažby a likvidácie lítia. Ako pri všetkom, ak bude mať obyvateľstvo väčšie možnosti výberu v oblasti udržateľných osobných dopravných prostriedkov, vrátane zatiaľ nerozvinutého vodíka, aj tí najväčší odporcovia prejavia záujem. Celkovo by sa však v súlade s klimatickými cieľmi EÚ a Slovenska, podľa nášho názoru, malo viac zameriavať na tú časť obyvateľstva, ktorá sa o danú problematiku vôbec nezaujíma, a to napríklad prostredníctvom podpory vybudovania

¹⁹ MINISTERSTVO VNÚTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. [elektronický zdroj]. 2023. [cit. 2023-04-30]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?celkovy-pocet-evidovanych-vozidiel-v-sr>

čerpacích staníc, podpory vo výskume a vývoji a osвете v oblasti využívania vodíka v doprave.

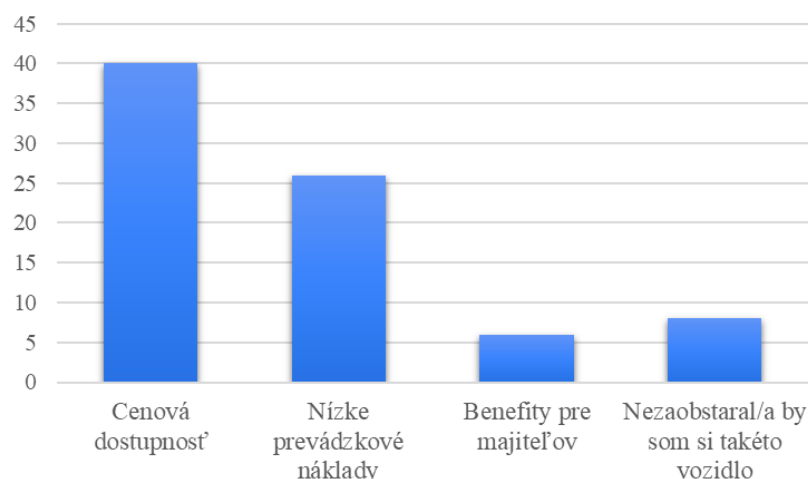
Vnímanie vodíka ako paliva

Šiesta otázka sa venovala už konkrétnej oblasti, a to, či respondenti už počuli o FCEV vozidlách. Rozloženie odpovedí na uvedenú otázku je znázornené v Grafe 4. Aj napriek dostupnosti informácií pre každého, či už prostredníctvom médií, tlače, výstavám a pod., našlo sa pár respondentov, ktorí FCEV vozidlá ešte nezaregistrovali. Konkrétne, v našom prieskume uviedlo zápornú odpoveď na otázku „Dopočuli ste sa už o vozidlách na vodíkový pohon?“ až 17,5%, čiže 14 opýtaných. Vzhľadom na široké spektrum možností čerpania informácií a priemerný vek našich respondentov, je toto číslo relatívne vysoké. Z bližšej analýzy prieskumu vyplýva, že zo všetkých záporných odpovedí bolo až 71,43% od respondentov vo veku 18-30 rokov. Vzhľadom na vekové rozloženie to však považujeme za miernu výhodu, nakoľko títo respondenti sa môžu stať potenciálnymi užívateľmi FCEV vozidiel. Naopak, kladne odpovedalo 40,91% respondentov vo veku 30-60+ rokov, čo považujeme najmä u vekovej kategórie 46+ za veľké pozitívum. Znamená to, že aj uvedenej vekovej kategórii nie je otázka udržateľnosti v doprave ľahostajná a zaujíma sa o nové technologické možnosti.

Vodíkové vozidlá majú nesporné výhody z pomedzi ostatných elektromobilov. Keď nebudeme brať do úvahy zatiaľ nevybudovanú infraštruktúru čerpacích staníc, dostaneme na výber niekoľko kritérií, na ktoré sa potenciálni kupujúci budú pri výbere nového vozidla zameriavať. Cieľom nasledujúcej otázky bolo zistiť, na ktoré faktory sa kupujúci zameriava najviac. V našom prieskume sa na prvé miesto dostala cenová dostupnosť, ktorú označilo presne 50% respondentov. Okrem Toyoti Mirai, ktorú sme už spomínali v kapitole 1, a ktorej cena začína na sume 64 990 € je na trhu ešte vozidlo od spoločnosti Hyundai. Hyundai Nexo sa zatiaľ na slovenský trh ešte nedostal, no napríklad v Českej republike už je dostupný a jeho cena začína na 76 800 €. Cenové rozpätie uvedených vozidiel ich zatiaľ radí do vyššej kategórie, teda okruh kupujúcich sa kvôli počiatočným nákladom zreteľne zúži. Druhá polovica respondentov však cenovú dostupnosť ako hlavné kritérium neuviedla, a preto je hypoteticky aj dnes možné zaviesť vodík do bežnej ponuky pre spotrebiteľov, nakoľko cena týchto vozidiel sa až tak nelíši od základných modelov vozidiel spoločností ako je napríklad Mercedes Benz alebo BMW.

Ako druhú najčastejšiu odpoveď na otázku, ktoré kritérium pri vodíkovom vozidle je najdôležitejšie, respondenti uviedli nízke prevádzkové náklady. Pri odmyslení slabej infraštruktúry sú prevádzkové náklady porovnateľné s akýmkoľvek benzínovým či dieslovým pohonom. Až 56,3% respondentov nevedelo o porovnateľných nákladoch na FCEV vozidlo a fakte, že samotná prevádzka sa nákladovo rovná konvenčným vozidlám. Pozitívnym faktom je ale informovanosť zvyšných 43,7 % o tejto skutočnosti. Znamená to, že obyvateľstvo sa o nové trendy zaujíma a otázka budúcnosti automobilovej dopravy mu nie je ľahostajná. Pokiaľ sa plány EÚ podaria a cena vodíka pre potreby dopravy sa naozaj zníži na priemerné 2€/kg, prevádzkové náklady sa s ľahkosťou vyrovnajú dnešným elektromobilom, nakoľko cena elektriny potrebnej na nabitie oproti predošlým rokom stúpla.

Ako posledné kritérium respondenti uviedli poskytnutie benefitov pre majiteľov týchto vozidiel. Z údajov Ministerstva vnútra sme zistili, že pár benefitov je poskytnutých ako pre elektromobily, tak aj pre vodíkové vozidlá. Jedná sa napríklad o znížený správny poplatok za prihlásenie vozidla, kedy sa znižuje až o 50%²⁰. Zníženie povinných poplatkov pri zaobstaraní FCEV vozidla je z nášho pohľadu účinný krok, ako obyvateľstvo motivovať ku kúpe týchto vozidiel. Pri reálnom zavádzaní vodíka do dopravy však bude nutné nastaviť systém a poskytnuté výhody tak, aby kupujúci bol motivovaný ku kúpe nielen zníženým poplatkom, ale aj rôznymi inými benefitmi, ktoré budú uspokojovať jeho potreby. Skrátene povedané, bez kvalitnej stratégie obyvateľstvo nebude mať vo veľkom dobrovoľný záujem o nové vodíkové vozidlá.



Graf 4 Hlavné kritériá pre kúpu FCEV

Zdroj: vlastné spracovanie

²⁰ MINISTERSTVO VNÚTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. [elektronický zdroj]. 2023. [cit. 2023-04-30]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?spravne-poplatky-1>

V nasledujúcej otázke sme skúmali samotné výhody FCEV vozidla. Cieľom otázky bolo zistiť, ktoré z výhod respondentov najviac oslovili a na základe nich by sa potom rozhodli pre kúpu. Odpovede respondentov boli v tomto prípade rozložené viac-menej rovnomerne, len 7,5% odpovedí bolo negatívnych, to znamená, že daných respondentov nezaujala žiadna z nami uvedených výhod. Ako najčastejšiu odpoveď respondenti uviedli obnoviteľnosť zdrojov výroby vodíka. Vďaka tejto odpovedi môžeme tvrdiť, že respondenti ktorí majú skutočný záujem o zaobstaranie vozidla, sa zaujímajú o to, aby vodík, ktorý je tankovaný, pochádzal z obnoviteľných zdrojov. Táto požiadavka je splniteľná, nakoľko EÚ dbá na to, aby všetok vodík určený na využitie pre dopravu bol čisto z obnoviteľných zdrojov, jedná sa teda o zelený vodík.

Ako ďalšiu výhodu respondentov zaujal dojazd, ktorú označilo 25% respondentov. Je to práve dojazd, čo zaujíma každého potenciálneho kupujúceho a čím je vyšší, tým sa kupujúci skôr rozhodne pre daný model. Pri FCEV môže dojazd dosiahnuť až 600 km, čím určite zaujme aj tých spotrebiteľov, ktorých od elektromobility odrádza práve skrátenej dojazd a potrebné častejšie nabíjanie, čo môže značne skomplikovať hlavne dlhšiu jazdu. Vyšší dojazd by bol užitočný aj v podnikateľskej sfére, ako je napríklad prevádzka taxislužieb, kde je časté nabíjanie elektromobilu určitou komplikáciou, prípadne pri rôznych kuriérskych službách, kde je tiež potrebné, aby dodávka niečo vydržala.

Nie je prekvapením, čím bola uzatvorená trojica najčastejších odpovedí, a tou je výhoda nulových emisií, ktorú označilo 23,8% respondentov. Z uvedeného vyplýva fakt, že spotrebiteľia vyžadujú od nových áut práve kombináciu, ktorá im poskytne dlhý dojazd, čistú jazdu a obnoviteľné zdroje. Práve preto je FCEV z nášho pohľadu ako vhodná alternatíva pre týchto konzumentov.

13,8% respondentov označilo ako zaujímavú výhodu rýchle tankovanie vozidla. Podobne ako pri dojazde je táto výhoda užitočná pre tých užívateľov, ktorí jazdia dlhé trasy, prípadne je dobre využiteľná rovnako v podnikateľskej sfére. FCEV tak v kombinácii dlhého dojazdu s rýchlym tankovaním ponúka vozidlo, ktoré by dokázalo plne nahradiť spaľovacie pohony.

Následne sme sa zaoberali otázkou, čo konkrétne považujú respondenti za najväčšie nevýhody FCEV. V otázke mali na výber maximálne dve možné odpovede. Odpovede sú znázornené v Grafe 5. Ako odpoveď žiadne z uvedených možností označilo 1,55% respondentov, čiže väčšina mala aspoň jednu výhradu.

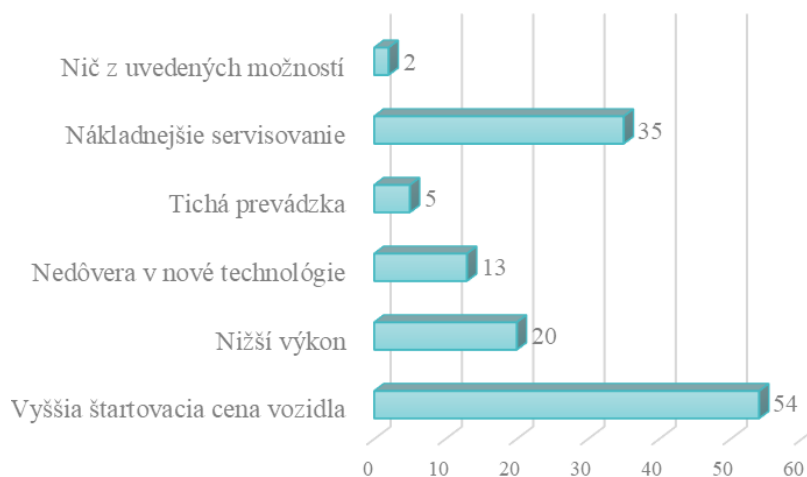
Ako najpočetnejšiu nevýhodu respondenti uviedli znova vyššiu štartovaciu cenu

vozidla. Nie je to prekvapením, uvedená nevýhoda je typická pre tieto vozidlá a bude s nimi ešte pár rokov určite spájaná. Ako druhú najpočetnejšiu nevýhodu sme zaevidovali nákladnejší servis vozidla, ktorá sa vyskytla v 27,13% odpovedí. Avšak, v porovnaní s bežnými automobilmi, vodíkové autá majú menej súčiastok, ktoré by mohli potrebovať servis, napríklad nie sú tam žiadne ventily, trysky alebo katalyzátory. Vodíkové palivové články ale vyžadujú presné a pravidelné údržby, aby sa potvrdilo, že vozidlo funguje správne a aby sa predišlo poruchám. V súčasnosti je však vývoj vodíkových áut a ich servis ešte stále v plnom prúde, a preto môžu byť náklady na servis vodíkových áut vyššie ako pri bežných vozidlách, najmä ak sa vyžaduje špeciálna kvalifikácia technikov a špeciálne zariadenia na údržbu a opravy. S narastajúcim počtom vodíkových áut na cestách a zvyšujúcim sa záujmom o tieto vozidlá by mohli náklady na servis v budúcnosti klesnúť v dôsledku väčšej konkurencie a zlepšovania technológií.

15,5% respondentov uviedlo ako nevýhodu nižší výkon vozidla a 10,1% má celkovú nedôveru voči novým technológiám. Čo sa týka výkonu, pravda je niekde inde a na tejto otázke sme zistili, že spotrebitelia sú o vodíkových technológiách informovaní veľmi slabo. Nami spomínaná Toyota Mirai má výkon 128kw/172 koní. V porovnaní s niektorými elektromobilmi to môže byť menej, no daný výkon sa podobá úplne bežnému spaľovákovi. Prekvapením bolo zistenie, že 69% odpovedí s označením nedôvera v nové technológie bolo od respondentov vo vekovej kategórii 18-30 rokov.

Posledná z možností bola tichá prevádzka vozidla, ktorú označilo 3,9% respondentov. S touto možnosťou označenou ako nevýhoda sa stotožňujeme aj my, pretože hlučnosť vozidla je svojím spôsobom istý bezpečnostný prvok, ktorý elektromobilom chýba a z nášho pohľadu môžu byť potenciálne nebezpečné.

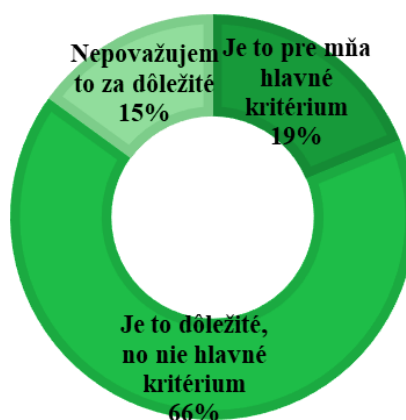
Ako aj pri ostatných otázkach, v rámci zavádzania vodíka do dopravy odporúčame zvyšovať povedomie o výhodách FCEV a vyvracať mýty, ktoré sú s touto novou technológiou veľmi často spájané.



Graf 5 Nevýhody FCEV

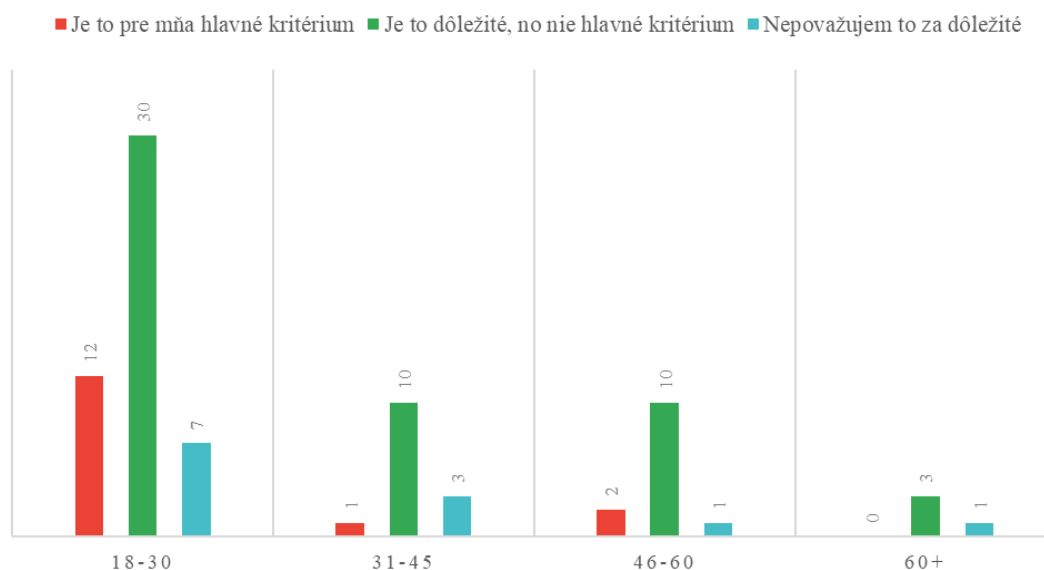
Zdroj: vlastné spracovanie

Následne sme sa zaoberali otázkou, aké dôležité je pri výbere nového vozidla pre respondentov kritérium nulových emisií. Len 18,8% odpovedí bolo uvedených ako hlavné kritérium, čo značí 15 respondentov. V rámci elektromobilizácie a zavedenia čistej dopravy by bolo vhodné záujem o nulové emisie zvýšiť, rovnako ako aj zvýšiť povedomie o dopade emisií na životné prostredie. 53 odpovedí, čiže 66,3% označilo ako odpoveď dôležitú, no nie hlavné kritérium. Na základe tohto môžeme tvrdiť, že spotrebitelia sa aspoň snažia pri výbere vozidla zameriavať aj na tento aspekt. 15% respondentov označilo možnosť nepovažujem to za dôležitý aspekt. Rovnako aj pri tejto otázke záporne odpovedalo 58,33% respondentov vo veku 18-30 rokov. Odpovede a vekové rozloženie sú znázornené v Grafe 6 a 7



Graf 6 Kritérium nulových emisií pre spotrebiteľov

Zdroj: vlastné spracovanie



Graf 7 Vekové rozloženie odpovedí

Zdroj: vlastné spracovanie

V ďalšej otázke sme mali za cieľ zistiť, čo si respondenti myslia o environmentálnych dôsledkoch zavádzania vodíka do dopravy. 62,5% respondentov si myslí, že zavedenie vodíka ako ďalšieho druhu pohonu s nulovými emisiami výrazne dopomôže k redukcii uhlíkovej stopy a celkovému zlepšeniu klimatických podmienok. Podľa rôznych štúdií FCEV nielenže jazdia bez emisií, ale aj čistia ovzdušie, pretože predtým ako sa vzduch dostane do palivových článkov tak je prečistený špeciálnymi filtermi schopnými zachytávať mikročastice od veľkosti PM_{2,5}, ale aj nebezpečný oxid dusný a siričitý. Vozidlá teda fungujú v podstate ako veľké čističky vzduchu.

37,5% respondentov si však myslí, že ak sa podobné opatrenia nezavedú aj do iných druhov dopravy, nebude to mať žiaden vplyv. Sčasti majú pravdu, pretože okolo 11% emisií z dopravy je vyprodukovaných práve lodnou dopravou. Rovnako ďalších 12% pochádza z dopravy leteckej a predpokladá sa, že do roku 2050 sa objem vyprodukovaných emisií pochádzajúcich z letectva zdvojnásobí²¹. Našťastie, aj tu existuje riešenie v podobe zavedenia vodíka do týchto foriem dopravy. Tu sa však kvôli dĺžke trás bude viac ako palivové články využívať priamo skvapalnený vodík. Dá sa teda tvrdiť, že až po zavedení

²¹ ALVERA, Marco. *The Hydrogen Revolution*. 1 vyd. Londýn: Hodder & Stoughton. 2021. s. 189. ISBN: 9781529360288

vodíka do ostatných foriem dopravy sa uhlíková stopa naozaj zníži a bude to mať pozitívny dopad v globálnom meraní.

Následne sme zisťovali, v akej forme dopravy má podľa našich respondentov vodík najlepšie uplatnenie. Viac ako polovica (52%) z nich si myslí, že najlepšie uplatnenie vodíka je práve v nákladnej doprave. Ich aktívne využívanie nie je tak v nedohľadne ako napríklad u osobných vozidiel. Nákladné vodíkové vozidlá sa môžu stať konkurencieschopnými do roku 2027, ak cena vodíka klesne na 6 eur za kilogram. Ak by zároveň klesli aj náklady spojené s vodíkovými technológiami, na európskych cestách by mohlo v roku 2030 jazdiť zhruba 60-tisíc nákladiakov na vodík²².

U druhej polovici respondentov boli odpovede rozložené viac-menej rovnomerne. 26% z nich si myslí, že najlepšie využitie je vo verejnej doprave, ako je MHD alebo vlaková doprava. Je to práve MHD, kde sa o zavedení vodíka aktívne uvažuje už aj v Slovenskej republike, pričom prvé testovacie autobusy už jazdili v Bratislave aj Trnave. Zvyšných 22% respondentov uviedlo ako odpoveď osobnú dopravu.

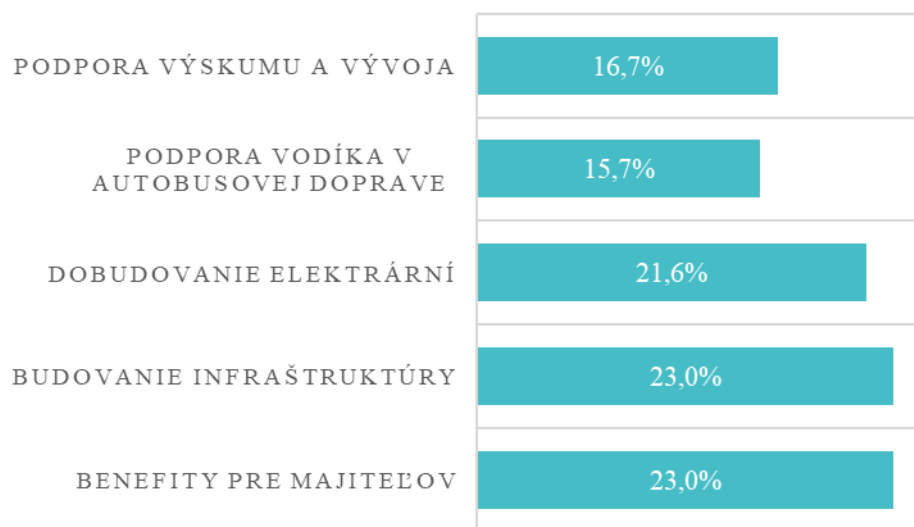
Budúcnosť vodíkových vozidiel

V predposlednej otázke sme zisťovali názor respondentov na angažovanie sa vlády v zavádzaní vodíka do dopravy. Najpočetnejšie odpovede sme zaznamenali pri možnostiach podpora budovania infraštruktúry čerpacích staníc a poskytnutie rôznych benefitov pre majiteľov, ako je okrem iného aj príspevok na kúpu, zľava z PZP a iné. V 21,6% odpovedí respondenti označili možnosť dobudovanie elektrární, ktoré budú vyrábať vodík z obnoviteľných zdrojov, tzv. zelený vodík. 15,7% a 16,7% odpovedí pripadlo možnostiam podpora využitia vodíka v autobusovej doprave, napríklad formou rôznych príspevkov pre samosprávy a taktiež aj podpora výskumu a vývoja vodíkového pohonu v SR.

Môžeme tvrdiť, že v každej z uvedených oblastí sa už vláda v spolupráci s Národnou vodíkovou asociáciou angažuje, či už je to plánovaná výstavba fotovoltickej elektrárne,

²² KURMAYER, Nikolaus J. *Vodíková revolúcia v doprave? V roku 2030 má 17 percent nových nákladiakov jazdiť na vodík* [online]. 2022. [cit. 2023-03-28]. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/zivotne-prostredie/news/vodikova-revolucia-v-doprave-v-roku-2030-ma-17-percent-novych-nakladiakov-jazdit-na-vodik/>

alebo vývoj konceptu vlastného vodíkového autobusu, ktorý bol spolu s konceptom vodíkového vozidla MH2 predstavený na výstave Expo Dubai 2020.



Graf 8 Stratégia zavádzania vodíka do dopravy v SR

Zdroj: vlastné spracovanie

Záverečná otázka sa zaoberala budúcnosťou vodíka v doprave. Cieľom bolo zistiť subjektívny názor respondenta na vývoj vodíka ako paliva v budúcnosti.

Takmer polovica (48,8%) opýtaných si myslí, že vodíkové vozidlá sa plynule adaptujú do dopravy ako ďalšia možnosť pohonu. 23,8% respondentov si myslí, že vodík bude aj v budúcnosti zaostávať za čoraz viac populárnymi elektromobilmi. 13,8% označilo možnosť vodíka s väčšinovým podielom v doprave a 13,7% respondentov je presvedčených, že sa vodík vôbec do dopravy nezačlení.

Podľa nášho názoru celá budúcnosť vodíka závisí od toho, ako sa k novej možnosti prepravy postavia nielen spotrebitelia, ale práve štát spolu s ostatnými ekonomickými subjektmi ako hlavní iniciátori podpory budovania vhodných podmienok pre zavádzanie vodíka.

5 Diskusia

V práci sme sa zaoberali témou využitia vodíka v automobilovej doprave a na základe vybranej vzorky občanov sme zrealizovali prieskum, ako je vodík vnímaný širokou verejnosťou. Jednou z najväčších výhod vodíka v doprave je jeho nízka emisná hodnota. Vodíkové palivové články umožňujú vozidlám jazdiť na čistú energiu, čím sa znižuje negatívny dopad dopravy na životné prostredie. Ďalšou výhodou vodíka je jeho vysoká energetická účinnosť a dlhá životnosť palivových článkov.

Na základe zhotoveného prieskumu môžeme navrhnúť niekoľko opatrení, ktoré sú potrebné k adaptácii vodíka do dopravy. Zároveň navrhujeme spôsoby, ako zvýšiť povedomie o vodíku medzi širokou verejnosťou.

- **Zníženie nákladov výroby vodíka** – zníženie výrobných nákladov na vodík by viedlo k zníženiu prevádzkových nákladov na vodíkové vozidlo. K tomuto znižovaniu by mohla dopomôcť Európska únia prostredníctvom podpory výskumu, vývoja a následnej výstavby elektrární, ktoré by vyrábali elektrickú energiu z obnoviteľných a teda aj lacnejších zdrojov, z ktorej by následne bol vyrábaný čisto zelený vodík. Následne by o vodíkové automobily bol výrazne vyšší záujem, pretože by boli menej nákladné na prevádzku na rozdiel od elektromobilov, ktorých základná surovina – elektrina, stále cenovo rastie.
- **Zabezpečenie potrebnej infraštruktúry** – na postupné zavádzanie vodíka do dopravy je potrebná silne vybudovaná infraštruktúra. V súčasnosti sú na Slovensku dve plniace stanice na vodík – v Bratislave a Trnave. Cieľom by mala byť postupná výstavba čerpacích staníc v prvom rade na najvyťaženejších trasách – diaľnice, cesty prvej triedy, medzinárodné trasy. Vybudovaná infraštruktúra bude potrebná najskôr pre potreby nákladnej dopravy, keďže nákladná doprava bude pravdepodobne prvá, kde bude vodík využívaný aktívne.
- **Podpora výskumu a vývoja** - k aktívnemu využívaniu vodíka je potrebný určitý technologický vývoj, ktorý zabezpečí zníženie nákladov potrebných na obstaranie. V súčasnosti je na slovenskom trhu dostupné jediné vozidlo, no zároveň je vyvíjaný aj vlastný koncept auta. Čím vyššia konkurencia sa vybuduje, tým bude cena vozidiel

klesať a stanú sa lákavou voľbou pre obstaranie. Zároveň je potrebné podporovať aj výskumy zamerané na bezpečnosť a zlepšovanie technológie vďaka ktorej sa vodíkové automobily stanú plnou náhradou za vozidlá, ktoré poznáme dnes.

- **Zavedenie regulačných opatrení** - regulačné opatrenia môžu pomôcť podporiť zavádzanie vodíka do dopravy, napríklad zavedením daňových úľav alebo stimulov pre vodíkové vozidlá. Pri poskytnutých benefitoch by sa FCEV stali spotrebiteľsky veľmi lákavé. Zároveň môžu byť zavedené aj prísnejšie emisné normy pre vozidlá na spaľovanie fosílnych palív, aby sa podporil prechod na čistejšie alternatívy, vrátane vodíka.
- **Vytváranie partnerstiev** - Spolupráca a partnerstvá medzi vládou, priemyslom a akademickým sektorom môžu pomôcť zabezpečiť úspešné zavedenie vodíka do dopravy. Tieto partnerstvá môžu pomôcť pri financovaní výskumu a vývoja, ktorý je potrebný k vyššie spomenutému znižovaniu nákladov na výrobu a následné obstaranie, výstavbe infraštruktúry a podpore zavedenia nových technológií.
- **Zlepšovanie informovanosti a povedomia o vodíku ako palive, aby sa stal pre spotrebiteľov zaujímavý** – vďaka prieskumu sme zistili, že princípy fungovania vodíkového pohonu sú širokej verejnosti pomerne neznáme. Aby sa vodík úspešne zaviedol do dopravy, je potrebné informovať spotrebiteľov o jeho výhodách a vyvracať mýty, ktoré sa s vodíkom veľmi často spájajú. Po vybudovaní infraštruktúry navrhujeme pripraviť rozsiahlu kampaň, ktorá zabezpečí, aby každý spotrebiteľ mal kompletný prehľad o fungovaní vodíka ako paliva.
- **Poskytovanie benefitov pre majiteľov takýchto áut** – z ekologického hľadiska je dôležité, aby v blízkej budúcnosti čo najviac spotrebiteľov prešlo na spôsob prepravy s nulovými emisiami. Preto by bolo vhodné motivovať potenciálneho záujemcu rôznymi benefitmi. Či už finančné, v podobe rôznych príspevkov a úľav od poplatkov, alebo môžu mať podobu aj určitých výhod, ako napríklad vyhradené parkovanie bez poplatkov. Poskytnutie benefitov by mohlo dopomôcť k rozšíreniu FCEV medzi populáciu.

Záver

Problematika klimatických zmien je vo svete čoraz viac spomínanou témou. S nárastom populácie priamo rastie aj počet využívaných vozidiel. Vodíková mobilita nám otvára nové možnosti, ako vyriešiť problém s produkciou emisií pri zachovaní štandardu, na ktorý sme si ako ľudstvo zvykli pri fosílnych palivách. V súčasnosti sa vodík využíva hlavne v nákladnej doprave a v niektorých krajinách ako Japonsko a Južná Kórea. No v posledných rokoch sa zvyšuje záujem o využitie vodíka aj v osobnej doprave. Z hľadiska trhu a jeho potenciálu je však ťažké predpovedať, aký bude vývoj v budúcnosti.

V prvej kapitole sme sa zaoberali teoretickým vymedzením pojmu vodík v doprave. Zdefinovali sme pojmy, ktoré sa s vodíkom spájajú, vysvetlili sme ako vodíkové vozidlo funguje. Porovnali sme vodík s batériovými elektromobilmi a následne sme porovnali parametre so všetkými bežnými druhmi pohonov. Taktiež sme objasnili súčasné využitie vodíka ako paliva vo svete, Európskej únii a v Slovenskej republike.

V druhej kapitole sme definovali hlavný cieľ práce. V tretej kapitole sme charakterizovali použitú metodiku práce.

Štvrtá kapitola bola venovaná výsledkom samotnej práce. Rozobrali a interpretovali sme výsledky prieskumu, ktorý bol realizovaný na vzorke obyvateľstva. Vypočítali sme priemerný počet najazdených kilometrov a následne sme z neho zistili množstvo vyprodukovaných emisií na jedno vozidlo. Zaujímali sme sa aj o názory respondentov na vodíkovú mobilitu, zisťovali sme ich osobné preferencie. Skúmali sme, na čo sa spotrebitelia zameriavajú pri výbere vozidla, objasnili sme nepravdivé fakty.

V piatej kapitole sme zhodnotili výsledok prieskumu a na základe neho navrhli niekoľko odporúčaní, ktoré by zvýšili záujem o vodíkovú mobilitu.

Zoznam použitej literatúry

Knižné publikácie

BIČÁKOVÁ, Olga. *Netradiční zdroje energie, čistá paliva a nové metody spalování*. 1. vyd. Praha: Academia, 2016. 54 s. ISBN 978-80-200-2665-1.

KAFKOVÁ, Valentína – KARAS, Denis – CYPRICHOVÁ, Veronika. *Vodík*. 1.vyd. Leopoldov: Centrum výskumu a vývoja, 2021. 196 s. ISBN 978-80-973973-0-2.

ALVERA, Marco. *The Hydrogen Revolution*. 1 vyd. Londýn: Hodder & Stoughton. 2021. 292 s. ISBN: 9781529360288

Elektronické zdroje:

STURZENBERGER, Nicole. *Hydrogen fuel cell vehicles: pros and cons*. [online]. 2022. [cit. 2023-03-24]. Dostupné na: <https://sustainableamerica.org/blog/hydrogen-fuel-cell-vehicles-pros-and-cons/>

KOLEKTÍV AUTOROV. *Veľký slovník elektromobility: Tieto pojmy musíte poznať!*. [online]. 2022. [cit. 2023-03-25]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/velky-slovník-elektromobility-pojmy/>

ENERGIEPORTAL [online]. 2016. [cit. 2023-02-24]. Dostupné na: <https://www.energieportal.sk/Dokument/elektromobily-su-vyhodnejšie-ako-spalovacie-motory-102419.aspx>

HECL, David. *Čo bude s batériami elektromobilov po ich zostarnutí a ako sa budú likvidovať?* [online]. 2021. [cit. 2023-02-18]. Dostupné na: <https://www.autoviny.sk/reportaze/122220/otazka-co-bude-s-bateriami-elektromobilov-po-ich-zostarnuti-a-ako-sa-budu-likvidovat>

ŠSTATISTICKÝ ÚRAD SLOVENSKEJ REPUBLIKY. [Elektronický zdroj]. 2022. [cit. 2023-03-26]. Dostupné na: https://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_INTERN/sp0202ms/v_sp0202ms_00_00_00_sk

SKOKAN, Radovan. *Vodíková Toyota Mirai má dojazd 1 000 km na jednu nádrž, ide o svetový rekord.* [online]. 2021. [cit. 2023-03-26]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/vodikova-toyota-mirai-ma-dojazd-1-000-km-na-jednu-nadrz-ide-o-svetovy-rekord/>

KURMAYER, Nikolaus J. *Vodíková revolúcia v doprave? V roku 2030 má 17 percent nových nákladiakov jazdiť na vodík.* [online]. 2022. [cit. 2023-03-28]. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/zivotne-prostredie/news/vodikova-revolucia-v-doprave-v-roku-2030-ma-17-percent-novych-nakladiakov-jazdit-na-vodik/>

ANDREJČÁK, Tomáš. *Je vodík slepá ulička? Stále viac automobiliek si to myslí.* [online]. 2021. [cit. 2023-03-18]. Dostupné na: <https://auto.pravda.sk/magazin/clanok/581670-je-vodik-slepa-ulicka-stale-viac-automobiliek-si-to-mysli/>

AIZARANI, Jessica. *Number of hydrogen fueling stations for road vehicles worldwide as of 2022, by country.* [online]. 2023. [cit. 2023-02-26]. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/1026719/number-of-hydrogen-fuel-stations-by-country/>

BEZDĚKOVSKÝ, Jan. *Perspektiva vodíkovej mobility v silniční dopravě.* [elektronický zdroj]. 2022. 111s. [cit. 2023-03-27]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/363710455_Perspektiva_vodikove_mobility_v_silnicni_dopraveProspects_for_Hydrogen_Mobility_in_Road_Transport

HUDEČ, Michal – MOUSSU, Nelly. *Po Európe sa širía vodíkové taxíky.* [online]. 2022. [cit. 2023-04-08]. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/doprava/news/po-europe-sa-siria-vodikove-taxiky/>

BCF. *Vodík* [online]. 2021. [cit. 2023-03-27]. Dostupné na: <https://bcf.sk/vodik/>

MINISTERSTVO VNÚTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. [Elektronický zdroj]. 2023. [cit. 2023-04-30]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?celkovy-pocet-evidovanych-vozidiel-v-sr>

MINISTERSTVO VNÚTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. [Elektronický zdroj]. 2023. [cit. 2023-04-30]. Dostupné na: <https://www.minv.sk/?spravne-poplatky-1>

DUMÉ, Isabelle. *Ultraporous metal-organic frameworks could make clean energy carriers.* [online]. 2020. [cit. 2023-03-24]. Dostupné na: <https://physicsworld.com/a/ultraporous-metal-organic-frameworks-could-make-clean-energy-carriers/>

HYDROGEN CENTRAL. *How many Hydrogen Passenger Vehicles Have Been Sold So Far? Over 56 Thousand.* [online]. 2023. [cit. 2023-03-18]. Dostupné na: <https://hydrogen-central.com/how-many-hydrogen-passenger-vehicles-have-been-sold-far-over-56-thousand/>

MUDROŇ, Miroslav. *Slovensko má dve čerpace stanice na vodík. Mobilná sa nachádza v Trnave.* [online]. 2022. [cit. 2023-03-19]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/slovensko-ma-prvu-mobilnu-cerpaci-u-stanicu-na-vodik-nachadza-sa-v-trnave/>

REDAKCIA. *Mohli by byť vodíkové spaľovacie motory skutočnou alternatívou aj pre osobné autá?* [online]. 2022. [cit. 2023-05-01]. Dostupné na: <https://www.nextech.sk/a/Mohli-by-byt-vodikove-spalovacie-motory-skutocnou-alternativou-aj-pre-osobne-auta>

SUCHÝ, Lukáš. *Na belgické rallye se proháněla Toyota Yaris s vodíkovým spalovacím motorem.* [online]. 2022. [cit. 2023-03-26]. Dostupné na <https://autoroad.cz/zajimavosti/103468-na-belgicke-rallye-se-prohanela-toyota-yaris-s-vodikovym-spalovacim-motorem>

ULTIMATESPECS. [online]. 2023. [cit. 2023-03-26]. Dostupné na: <https://www.ultimatespecs.com/>

Iné zdroje:

HUBINSKÝ, René. Perspektívy rozvoja vodíka na Slovensku a v zahraničí. In *Elektromobilita 2022: Všetko čo potrebujete vedieť o elektromobilite v SR*. Bratislava: Digital Visions, 2022, roč. 4, č.1. 144 s. ISBN 978-80-973581-9-8