

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**OBCHODNÁ FAKULTA**

Evidenčné číslo: 102002/I/2023/36122163737284356

**ALTERNATÍVNE POHONY V CESTNEJ**  
**DOPRAVE V PODMIENKACH SLOVENSKEJ**  
**REPUBLIKY**

**Diplomová práca**

**2023**

**Bc. Michal Tanáč**

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**OBCHODNÁ FAKULTA**

**ALTERNATÍVNE POHONY V CESTNEJ**  
**DOPRAVE V PODMIENKACH SLOVENSKEJ**  
**REPUBLIKY**

**Diplomová práca**

**Študijný program:** marketingový a obchodný manažment  
**Študijný odbor:** ekonómia a manažment  
**Školiace pracovisko:** Katedra marketingu  
**Vedúci záverečnej práce:** doc. Ing. Róbert Rehák, PhD.

**Bratislava 2023**

**Bc. Michal Tanáč**

## Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že som moju záverečnú prácu vypracoval samostatne a uviedol som všetku použitú literatúru.

**Dátum:**

.....

**Michal Tanáč**

## **Pod'akovanie**

Chcel by som sa poďakovať pánovi doc. Ing. Róbert Rehák, PhD., vedúcemu mojej diplomovej práce za trpezlivosť, venovaný čas, zodpovedanie otázok a rady, ktoré mi pomohli pri písaní práce. Tak isto sa chcem poďakovať mojej rodine za podporu.

**Dátum:**

.....  
**Michal Tanáč**

## **ABSTRAKT**

TANÁČ, Michal: *Alternatívne pohony v cestnej doprave v podmienkach Slovenskej republiky* – Ekonomická univerzita v Bratislave. Obchodná fakulta; Katedra marketingu. – Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Róbert Reháč, PhD. – Bratislava: OF EU, 2023, 66 s.

Cieľom záverečnej práce bolo zhodnotiť súčasný stav a vývoj problematiky alternatívnych pohonov v cestnej doprave v podmienkach Slovenskej republiky s dôrazom na vodíkový pohon. Práca bola rozdelená do štyroch kapitol. Obsahuje 3 grafy, 4 tabuľky a 15 obrázkov. Prvá kapitola bola zameraná na teoretické východiská riešenej problematiky. Poskytuje poznatky o vývoji, premene a možnosti využívania alternatívnych pohonov v cestnej doprave a tiež analyzuje aktuálny stav a vývoj za posledné obdobia v podmienkach Slovenskej republiky. Umožňuje nám pochopiť zmysel využívania alternatívnych pohonov ako aj ich výhody či nevýhody. V druhej kapitole našej práce sa uvádza hlavný cieľ a tiež čiastkové ciele. Tretia kapitola opisuje použitú metodiku a metódy vykonaného skúmania. Posledná kapitola bola zameraná na vyhodnotenie použiteľnosti vodíkoveho pohonu v podmienkach Slovenskej republiky i jeho porovnanie s inými pohonmi v rámci rovnakého automobilového segmentu. Ďalej táto kapitola opisuje vodíkové stratégie Slovenska a Európskej Únie, ktoré nám umožňujú pochopiť postoje významných činiteľov k tejto problematike, a tak aj chápať budúce smerovanie spoločnosti v rámci tejto témy. Zároveň kapitola rieši porovnanie vodíkovej infraštruktúry Slovenska s krajinami V4 a Japonskom a opisuje navrhnuté, vyrobené a verejnosti predstavené vodíkové vozidlá práve v automobilovej krajine, akou Slovensko je. Výsledkom riešenia spomínanej problematiky je identifikácia nedostatkov, ktorými v súčasnosti trpíme, ako aj odporúčania týkajúce sa efektívnejšieho a širšieho využívania vodíkoveho pohonu.

### **Kľúčové slová:**

alternatívne pohony, vodík, vodíkový pohon, Národná vodíková stratégia, Európska vodíková stratégia

## **ABSTRACT**

TANÁČ, Michal: *Alternative propulsions in road transport in the conditions of the Slovak Republic* – University of Economics in Bratislava. Faculty of Commerce; Department of Marketing. – Thesis supervisor: doc. Ing. Róbert Rehák, PhD. – Bratislava: OF EU, 2023, 66 p.

The aim of the final thesis was to evaluate the current state and development of the topic of alternative propulsions in road transport in the conditions of the Slovak Republic, with a focus on hydrogen propulsion. The thesis was divided into four chapters. Contains 3 charts, 4 tables and 15 images. The first chapter was focused on the theoretical basis of the solved problem. It provides knowledge about the development, transformation and the possibility of using alternative propulsions in road transport and also analyzes the current state and development over the last period in the conditions of the Slovak Republic. It allows us to understand the meaning of using alternative propulsions as well as their advantages and disadvantages. In the second chapter of our thesis, the main goal and sub-goals are presented. The third chapter describes the methodology used and the methods of the research carried out. The last chapter was focused on the evaluation of the usability of the hydrogen propulsions in the conditions of the Slovak Republic and its comparison with other fuels within the same automotive segment. Furthermore, this chapter describes the hydrogen strategies of Slovakia and the European Union, which allow us to understand the attitudes of policy makers towards this issue, and thus to understand the future direction of society within this topic. At the same time, the chapter deals with the comparison of the hydrogen infrastructure of Slovakia with the V4 countries and Japan and describes the hydrogen vehicles designed, manufactured and presented to the public in the automobile country that Slovakia is. The result of solving the mentioned problem is the identification of the shortcomings that we currently suffer from, as well as recommendations regarding the more efficient and wider use of hydrogen propulsion.

### **Key words:**

alternative propulsions, hydrogen, hydrogen propulsion, National Hydrogen Strategy, European Hydrogen Strategy

# OBSAH

Úvod.....	10
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí .....	11
1.1 Teoretické vymedzenie alternatívnych pohonov v cestnej doprave .....	11
1.1.1 Vodíkový pohon .....	11
1.1.2 Elektrický pohon.....	13
1.1.3 CNG, LNG a LPG pohon .....	16
1.1.4 Bionafta.....	19
1.2 Využívanie alternatívnych pohonov na Slovensku.....	20
1.2.1 Osobná doprava .....	20
1.2.2 Nákladná doprava .....	22
1.2.3 Autobusová doprava .....	24
1.3 Typy vodíkových pohonov .....	25
1.3.1 Vodíkové vozidlo s elektromotorom .....	26
1.3.2 Vodíkové vozidlo so spaľovacím motorom.....	27
1.4 Výhody a nevýhody vodíkového pohonu .....	28
1.4.1 Výhody vodíkového pohonu.....	28
1.4.2 Nevýhody vodíkového pohonu.....	30
2 Cieľ práce .....	32
3 Metodika práce a metódy skúmania .....	33
4 Výsledky práce a diskusia .....	34
4.1 Nabíjanie vodíkových vozidiel .....	34
4.1.1 Cena vodíku ako paliva .....	34
4.1.2 Možnosti nabíjania vodíkového vozidla.....	35
4.2 Porovnanie dostupného vodíkového automobilu na Slovensku.....	37
4.2.1 Porovnanie parametrov vozidiel .....	38
4.2.2 Porovnanie nákladov na 100 kilometrov .....	40
4.3 Vodíková podpora .....	41
4.3.1 Podpora zo strany Slovenskej republiky.....	41
4.3.2 Slovenská národná vodíková stratégia.....	43
4.3.3 Akčný plán k národnej vodíkovej stratégii.....	47
4.3.4 Európska vodíková stratégia.....	53
4.4 Vodíková situácia v cestnej doprave v zahraničí .....	55
4.4.1 Japonsko .....	56
4.4.2 Krajiny V4 .....	56
4.5 Slovenská výroba vodíkových vozidiel .....	57
4.5.1 Športový automobil MH2 .....	58
4.5.2 Vodíkový mikrobús od Rošero – P.....	58
4.5.3 Vodíkový midibus od Mobility & Innovation Production .....	59
4.6 Diskusia.....	60
Záver .....	63

# Zoznam tabuliek, grafov a obrázkov

## Zoznam tabuliek

Tabuľka 1	<b>Porovnanie vodíkového modelu Toyota Mirai</b> .....	37
Tabuľka 2	<b>Porovnanie spotreby vybraných modelov</b> .....	40
Tabuľka 3	<b>Rozdelenie finančných prostriedkov podľa Akčného plánu NVS</b> .....	47
Tabuľka 4	<b>Porovnanie vodíkovej situácie v krajinách V4</b> .....	57

## Zoznam grafov

Graf 1	<b>Celkový počet osobných vozidiel s alternatívnymi pohonmi v SR</b> .....	21
Graf 2	<b>Celkový počet nákladných vozidiel s alternatívnymi pohonmi v SR</b> .....	23
Graf 3	<b>Celkový počet autobusov s alternatívnymi pohonmi v SR</b> .....	25

## Zoznam obrázkov

Obrázok 1	<b>Vodíkový pohon podľa F. Isaac de Rivaz</b> .....	12
Obrázok 2	<b>Jeden z taxi v New York-u</b> .....	14
Obrázok 3	<b>Osobný automobil s plynovým vakom</b> .....	16
Obrázok 4	<b>Autobus s plynovým vakom</b> .....	16
Obrázok 5	<b>Automobil s plynovou bombou</b> .....	17
Obrázok 6	<b>Plánované vodíkové čerpacie stanice spoločnosti BCF Energy</b> .....	36
Obrázok 7	<b>Vodíkový model Toyota Mirai</b> .....	38
Obrázok 8	<b>Vodíková infraštruktúra</b> .....	44
Obrázok 9	<b>Indikatívne vodíkové ciele 2030</b> .....	48
Obrázok 10	<b>Zoznam opatrení realizovaných v rámci Akčného plánu NVS</b> .....	49
Obrázok 11	<b>Harmonogram realizácie opatrení z Akčného plánu NVS</b> .....	49
Obrázok 12	<b>Výber z pripravovaných projektov vodíkového reťazca v SR</b> .....	53
Obrázok 13	<b>Slovenský vodíkový automobil MH2</b> .....	58
Obrázok 14	<b>Slovenský vodíkový mikrobus od Rošero-P</b> .....	59
Obrázok 15	<b>Slovenský vodíkový midibus od Mobility &amp; Innovation Production</b> .....	60

## Zoznam skratiek

CNG	Stlačený zemný plyn
CZ	Česká republika
EK	Európska komisia
EÚ	Európska Únia
IDS	Integrovaný dopravný systém
LNG	Skvapalnený zemný plyn
LPG	Skvapalnený ropný plyn
MDaV SR	Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky
MH SR	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
MŠVVaŠ SR	Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky
NVS	Národná vodíková stratégia
SARIO	Slovenská agentúra pre rozvoj investícií a obchodu
SAV	Slovenská akadémia vied
SIEA	Slovenská inovačná a energetická agentúra
SOŠ	Stredná odborná škola
SR	Slovenská republika
SSSR	Zväz sovietskych socialistických republík
TTSK	Trnavský samosprávny kraj
TUKE	Technická Univerzita v Košiciach
UPJŠ	Univerzita Pavla Jozefa Šafárika
V4	Vyšehradská štvorka
VÚC	Vyšší územný celok
ZSE	Západoslovenská energetika

## Úvod

Udržateľnosti, zeleným témam, ochrane životného prostredia a podobným oblastiam záujmu sa dostáva čoraz väčšej pozornosti. Nie je sa čomu čudovať, nakoľko všetky predikcie aktuálneho vývoja sú pre naše ľudstvo katastrofálne. Práve z tohto dôvodu sa svetové mocnosti, politici, odborníci, akademici i široká verejnosť rozhodli konať. Za posledných niekoľko rokov vzniklo množstvo nových organizácií, firiem či skupín, pričom každého zámerom je určitým spôsobom dopomôcť zlepšiť aktuálne podmienky. Či už to je na úrovni konkrétnej firmy, krajiny alebo organizácie akou je Európska Únia.

Jedným z najväčších znečisťovateľov ovzdušia a producentom CO<sub>2</sub> je segment dopravy. Práve dopravu využíva takmer každý človek na našej planéte, a preto dáva veľký zmysel sa tejto téme venovať, nakoľko i tie najmenšie rozhodnutia môžu priniesť obrovskú zmenu. S pokračujúcim výskumom, narastajúcimi investíciami do vývoja a hlavne odhodlaním rôznych osobností, je čoraz väčšia pozornosť venovaná alternatívnym pohonom. Tie dokážu čiastočne až úplne nahradiť bežne využívané agregáty. Najmä v cestnej doprave pozorujeme najvýraznejší nárast zmien, ktorý je okrem zvýšeného záujmu koncových spotrebiteľov podporený aj štátnymi peňažnými i nepeňažnými formami pomoci. Dotácie, prípadne iné zvýhodnenia sú už dnes aplikované aj v rámci Slovenskej republiky, pričom najväčší dôraz je kladený najmä na elektromobilitu. No okrem toho postupne upriamujeme pozornosť aj na vodík, ktorý môže byť v určitých momentoch výhodnejšou voľbou.

V našej práci sa zameriavame na porovnanie alternatívnych pohonov, ich využitie v jednotlivých typoch dopravy a následne sa venujeme už primárne vodíkovému pohonu. Najskôr si priblížime jeho druhy a zanalyzujeme výhody a nevýhody, ktoré spolu so sebou vodík prináša. Tiež v práci popisujeme metodiku písania práce a metódy skúmania. V praktickej časti zhodnotíme infraštruktúru a možnosti nabíjania vodíkového automobilu na Slovensku. Porovnáme tiež vybraný vodíkový model Toyota Mirai s bežnými pohonmi i elektromobilom z rovnakého segmentu. Následne sa zameriavame na podporu vo forme rôznych plánov a stratégií zo strany Slovenskej republiky i Európskej Únie. Na záver porovnáваме našu vodíkovú situáciu s krajinami V4 a Japonskom, ktoré je svetovou jednotkou v počte vodíkových automobilov na cestách. Následne sa zameriame na konkrétne modely, ktoré vznikli práve u nás. Po analýzach a porovnaníach ponúkame naše odporúčania pre možné zlepšenie vodíkovej situácie v podmienkach Slovenskej republiky.

# 1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

V práci sa budeme venovať alternatívnym pohonom, ktorým sa v posledných rokoch dostáva čoraz väčšej pozornosti. Na to, aby sme dokázali efektívne a adekvátne porovnať jednotlivé typy pohonov, detailnejšie sa zameriame na vodíkový, elektrický, CNG, LNG, LPG pohon či na bionaftu. Každý z nich si definujeme, charakterizujeme, na akom princípe fungujú, akú históriu majú za sebou a taktiež si porovnáme ich najvýznamnejšie výhody a nevýhody. Okrem toho zanalyzujeme ich situáciu na Slovenskom trhu, aby sme výsledky následne mohli porovnávať s lídrami a bližšie sa zamerať na typ pohonu s veľkým potenciálom do budúcnosti. Naším primárnym cieľom je priblížiť vodíkový pohon, jeho typy či porovnanie s konkurenciou a zistiť tak jeho potenciál pre nasledujúce obdobia vzhľadom na dostupné podmienky.

## 1.1 Teoretické vymedzenie alternatívnych pohonov v cestnej doprave

Alternatívne pohony sú veľmi dôležitou súčasťou cestnej dopravy už niekoľko desiatok rokov. Výskumníci z celého sveta sa tejto problematike neustále venujú a to hneď z viacerých dôvodov. Samozrejme, je to súčasť prirodzeného vývoja, kedy sa odborníci neustále snažia zlepšovať produkty, avšak vplýva na to aj fakt, že Európska Únia výrazne tlačí na výrobcov i krajiny, aby minimalizovali produkciu CO<sub>2</sub>. Práve z tohto dôvodu možno povedať, že Európa je miestom, kde sa alternatívnym pohonom prikladá najväčšia pozornosť. Medzi alternatívne palivá zaraďujeme tie, ktoré nahrádzajú tzv. klasické automobilové benzíny a motorové nafty. Medzi to patria napríklad vodík, elektrická energia, CNG, LNG, LPG či bionafta.

### 1.1.1 Vodíkový pohon

Prvý motor na čiastočný vodíkový pohon s elektrickým spaľovaním sa datuje do roku 1807, kedy ho zostrojil švajčiar Françoise Isaac de Rivaz. Už o rok neskôr bol tento motor vložený do vozidla, ktoré pripomínalo dnešné automobily. Po dvoch rokoch od zostrojenia si Françoise Isaac de Rivaz nechal tento motor patentovať.

Obrázok 1: Vodíkový pohon podľa F. Isaac de Rivaz



Zdroj: [www.automostory.com](http://www.automostory.com)

Do roku 1933 bol vodík ako palivo v pomerne vysokej miere utláčaný do pozadia. Až do momentu, kedy hydroelektrárnska spoločnosť predstavila svoje nákladné vozidlo s pohonom na vodík. Ďalším míľnikom v histórii vodíkového pohonu bola druhá svetová vojna. Pri dlhom obliehaní Leningradu nastal nedostatok benzínu, ktorý ani nebolo možné doviesť. Preto sa Boris Schelishch, vojenský technik, rozhodol prerobiť 200 nákladných vozidiel práve na spomínaný vodíkový pohon. Nasledujúcim prelomovým obdobím bol rok 1959, kedy vzniklo prvé vozidlo, ktoré nespáľovalo vodík v motore ako doteraz ale v palivových článkoch. Išlo o traktor Allis-Chalmers. Prvým vozidlom s týmito palivovými článkami bol GM Electrovan, ktorý vznikol o 7 rokov neskôr a od tej doby sa začalo s týmto pohonom výrazne experimentovať, najmä v USA. (Automostory, 2021) Neskôr, v roku 1977 bolo zostavené vozidlo, ktoré sa už podobalo dnešným automobily. Vtedy to bol model Cadillac Seville. (Billings E., 2008) Následne na to v deväťdesiatych rokoch sa už do výskumu a najmä aj sériovej výroby zapojila väčšina svetových značiek, ktorými sú BMW, Mazda či Toyota. V súčasnosti sa téme vodíku venujú najmä automobilky Hyundai, Toyota, čo úzko súvisí s krajinou ich pôvodu. Práve tam je téma vodíku ako alternatívneho pohonu veľmi výraznou, oproti pozornosti, ktorej sa jej dostáva napríklad v rámci Európy.

Na to, aby vozidlo dokázalo byť poháňané vodíkom, je samozrejme potrebné ho najskôr vyrobiť. Vodík sa vyrába dvoma hlavnými spôsobmi, ktoré sa vzájomne od seba odlišujú hneď v niekoľkých záležitostiach.

1. Fosílné palivá – pri vysokej teplote reaguje zmes metánu a vodnej pary, pričom vzniká vodík a oxid uhličitý. Pri výrobe 1kg vodíku sa zároveň vyrobí 5,5kg oxidu uhličitého.

2. Obnoviteľné zdroje – výroba z biomasy, elektrolýza vody, parná elektrolýza.

Vodík môžeme na základe produkcie CO<sub>2</sub> počas výroby rozdeliť podľa čistoty do dvoch skupín, nízkouhlíkový a vysokouhlíkový. Nízkouhlíkový vodík je ten, kedy pri jeho výrobe vznikne maximálne 36,4g CO<sub>2</sub>/MJ<sup>2</sup>. Sem zaraďujeme vodík vyrobený elektrolýzou z elektrickej energie obnoviteľných zdrojov, z jadrových zdrojov, tiež vodík vyrobený pyrolyzným rozkladom zemného plynu alebo organického odpadu. Medzi ostatný vodík patria všetky ďalšie spôsoby výroby ako sú napríklad z ropných zbytkov či uhlia. (ČEZ, 2020)

### *1.1.2 Elektrický pohon*

V posledných rokoch sa stretávame s pojmom elektrický pohon v automobilovom priemysle akoby to bolo niečo úplne nové. Avšak prvé vynálezy takéhoto pohonu sa datujú už do tridsiatych rokov 19. storočia, kedy boli zostrojené zmenšené verzie vozidiel i prvé reálne vozidlá. (Chan C.C., 2013; Richard, 2018) V tom čase to spoločnosť nebrala príliš vážne, nakoľko batérie samotné neboli dobíjateľné, čo znamenalo, že to boli jednorazové kusy. Až v druhej polovici 19. storočia vymyslel francúzsky fyzik Gaston Planet dobíjateľné batérie s ešte väčšou kapacitou. Tento moment spôsobil výraznejší rozvoj elektro automobilov a zaslúžil sa o prvý výraznejší komerčný úspech. (Moore E., 2009) Po tomto momente nasledoval doslova boom v tomto odvetví, najmä v posledných rokoch 19. storočia. Firma Electric Carriage and Wagon Company of Philadelphia začiatkom roku 1897 dokázala pre mesto New York vyrobiť celú flotilu známych taxíkov.

Obrázok 2: Jeden z taxi v New York-u



Zdroj: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Medzitým v Európe už prebiehali súboje o vytvorenie najrýchlejšieho elektrického automobilu. Po tom čo sa jednému z výrobcov podarilo prekonať métu 100km/h, prišla nová éra, ktorou bola snaha vyrobiť automobil s najdlhším dojazdom. Už v roku 1901 bolo vyrobené vozidlo elektrického pohonu s dojazdom až 307km. (Manz V., 2016) Začiatkom 20. storočia bol napríklad podiel elektromobilov v USA neuveriteľných 38%. Avšak krátko potom prichádzala rana za ranou, kedy spaľovacie motory tento typ jednoznačne vytlačili z trhu. Budovala sa infraštruktúra, prepájali sa vzdialenejšie mestá, objavili sa ložiská ropy v Texase a nakoniec prišiel na trh Henry Ford s modelom T, ktorý bol trojnásobne lacnejší ako vtedajšie elektromobily. Opäť sa elektromobilita prihlásila o slovo až v 80. rokoch 20. storočia, kedy boli vynájdené iónové batérie. Následne až koncom deväťdesiatych rokov začali automobilky zriaďovať výskumné tímy a investovať do rozvoja. Ubehlo pár rokov a prišli prvé výsledky, konkrétne prvý sériovo vyrábaný model na svete Tesla Roadster z Kalifornskej Tesly. (Ze'ev D., 2008)

Elektrinu na pohon automobilu, resp. celkovo energiu možno vyrobiť hneď viacerými spôsobmi. Všetky sa používajú už niekoľko rokov, a teda ich vlastnosti, výhody či nevýhody sú veľmi dobre známe. V priebehu rokov sa rôzne menili ich preferencie, no v odlišných pomeroch sa všetky z nich využívajú až dodnes.

1. Uhoľné elektrárne – tu vzniká energia z rozdrveného uhlia na uhoľný prach, ktorý je následne spaľovaný. Teplo, ktoré je vytvorené zo spaľovania, ohrieva upravenú vodu meniacu sa postupne na paru. Táto para je vedená turbínou

spojenou s alternátorom, ktorý roztáča jej lopatky. Elektrická energia je nakoniec vytvorená v alternátore.

2. Jadrové elektrárne – jadrové elektrárne fungujú na podobnom princípe ako uhoľné. Energia získaná jadrovým reaktorom sa používa k výrobe pary, ktorá následne poháňa parné turbíny. Tieto turbíny zase poháňajú alternátory určené na výrobu konečnej elektrickej energie.
3. Obnoviteľné zdroje – do tejto kategórie zaraďujeme vodné elektrárne, slnečné elektrárne a veterné elektrárne. Výroba z obnoviteľných zdrojov je tou najvýhodnejšou, resp. najekologickejšou. A to hlavne z dôvodu toho, že v takomto prípade by auto s elektrickým pohonom nevytváralo počas celého životného cyklu žiadnu uhlíkovú stopu.

### Výhody

- ekologickosť, produkcia CO<sub>2</sub>,
- nulové priame emisie,
- jednoduchšia elektronická riadiaca jednotka a jednoduchší prevodový systém
- kladné vlastnosti li-ion batérií z hľadiska recyklácie,
- takmer nulová hlučnosť,
- lacnejšia prevádzka,
- dotácie, úľavy a výhody. (E-mobility, 2020)

### Nevýhody

- vyššia hmotnosť vozidla,
- riziko uvoľnenia látok z batérie po konci životného cyklu, hrozba pre životné prostredie,
- nedostatočná sieť nabíjajúcich staníc,
- vyššia obstarávacia cena,
- zdĺhavé nabíjanie,
- kratší dojazd,
- malý akčný rádius. (Moravčík E., 2010)

### 1.1.3 CNG, LNG a LPG pohon

Prvé vozidlá s plynovým pohonom siahajú na začiatok tridsiatych rokov 20. storočia, kedy vyzerali pomerne odlišne od tých súčasných. Najväčším rozdielom bol takzvaný balón, ktorý bol upevnený na streche vozidla a využíval nestlačený plyn, pričom tento balón slúžil ako nádrž na plyn. To, kto prišiel s takýmto nápadom a kedy konkrétne, bohužiaľ, známe nie je. No známym je dôvod, prečo niekto prišiel s nápadom využitia práve tohto alternatívneho pohonu. Tým bol jednoducho nedostatok benzínu na trhu v dôsledku prvej svetovej vojny. Počas tejto vojny sa vyrábali autá tohto druhu najmä v krajinách akými sú Francúzsko, Nemecko, Anglicko či Holandsko. Systém plynového pohonu nebol použitý len v osobných automobiloch, ale aj v autobusoch či nákladných automobiloch. Pri vozidle osobného typu išlo o dojazd približne 50km, ktorý bol ovplyvnený najmä katastrofálnou aerodynamikou a následnou vysokou spotrebou.

Obrázok 3: **Osobný automobil s plynovým vakom**



Zdroj: [www.cngslovensko.sk](http://www.cngslovensko.sk)

Obrázok 4: **Autobus s plynovým vakom**



Zdroj: [www.cngslovensko.sk](http://www.cngslovensko.sk)

Stláčať plyn síce bolo možné už v tom čase, no nevyužívalo sa to v cestnej doprave, nakoľko technológie neboli na dostatočnej úrovni. Dochádzalo k úniku plynného vodíku cez steny kovovej nádrže a druhá zložka, oxid uhoľnatý, sa pomaly rozkladal pri stlačení. No

existovala jedna výnimka, ktorou boli tlakové plynové fľaše. Tie sa využívali vo Francúzsku už počas druhej svetovej vojny, pričom umožňovali lepší dojazd najmä z dôvodu výrazne menšej palivovej nádrže. Jednalo sa o zemný plyn, ktorý bol výhodnejší na stláčanie ako svietiplyn. No na druhej strane bolo jeho použitie podmienené vyšším rizikom nebezpečenstva a vyššou obstarávacou cenou. (CNG Slovensko, 2019) CNG sa vyrába zo zemného plynu, nakoľko ide o stlačený zemný plyn. Tento plyn je zložený z 95% z metánu a jeho stlačenie kompresorom sa uskutočňuje pri hodnote tlaku 200 barov. V stlačenej podobe, teda už ako CNG je plnený do tlakových nádob vozidiel. (SPPCNG, 2016)

Obrázok 5: Automobil s plynovou bombou



Zdroj: [www.cngslovensko.sk](http://www.cngslovensko.sk)

### Výhody

- využíva obnoviteľný zdroj energie,
- stála a vysoká kvalita zemného plynu,
- neobsahuje DPF filtre,
- nízka hlučnosť,
- úľavy a výhody,
- CNG ušetrí minimum miesta z batožinového priestoru.

### Nevýhody

- nedostatočná sieť staníc,
- vyššie obstarávacie náklady,
- inšpekcia nádrže každé 4 roky,
- finančne náročná prestavba vozidla. (CNG Slovensko, 2019)

Prvé použitie skvupalneného zemného plynu v doprave siaha do 50. rokov 20. storočia, kedy bol skvupalnený zemný plyn použitý v bývalom SSSR ako palivo pre poľnohospodárske traktory. Postupom času sa tento typ pohonu neustále skúmal a vyvíjal tak, aby mohol byť úplnou alternatívou k súčasným pohonom, ktoré sa na trhu nachádzajú. Jeho použitie prevláda najmä v nákladnej a autobusovej doprave v porovnaní s osobnou automobilovou. (Budín J., 2015) Výroba LNG sa odlišuje od CNG i keď samotný zemný plyn je hlavným zdrojom energie v oboch prípadoch. Skvupalnený zemný plyn je zemný plyn, ktorý prešiel premenou do kvapalnej formy z dôvodu uľahčenia uskladnenia či prepravy, pričom bol chladený na približne  $-162^{\circ}\text{C}$ . (LNG, 2020)

### Výhody

- jednoduchšia preprava ako v prípade CNG,
- oproti CNG dlhší dojazd,
- nižšia hmotnosť nádrží,
- väčší úložný priestor.

### Nevýhody

- dlhšie odstavenie vozidla môže spôsobiť odparovanie,
- špecifické podmienky skladovania sa odzrkadľujú na cene,
- zásobovanie staníc cisternami, čo je rizikovejšia preprava. (Budín J., 2015)

Skvupalnený ropný plyn (LPG) bol prvýkrát použitý v USA v roku 1920. No do Európy sa dostal až o niekoľko desiatok rokov neskôr, konkrétne išlo o obdobie 60. rokov. Nakoľko sa postupne zistilo, že takýto typ pohonu je veľmi zaujímavým riešením, dostávalo sa mu čoraz väčšej pozornosti. Najvýraznejším obdobím výskumu, vývoja a výroby bol v osemdesiatych rokoch 20. storočia. LPG sa získava ťažbou zemného plynu a ropy alebo tiež ako vedľajší produkt, keď je ropa spracovávaná v rafinériách. Vyrába sa stlačením butánu a propánu, pričom dochádza k zmene zo skupenstva plynného na skupenstvo kvapalné, čo umožňuje jeho jednoduchšie používanie. (Renault, 2017)

### Výhody

- nižšie náklady na pohonné hmoty,
- nižšie emisie,
- lepší dojazd,
- možnosť využívania dvoch typov paliva súčasne,
- pomerne dostupná sieť čerpacích staníc. (ISPS, 2022)

### Nevýhody

- rôzna kvalita plynu,
- vyššia spotreba,
- nejedná sa o obnoviteľný zdroj,
- zmenšujúci sa objem výroby LPG automobilov.

#### *1.1.4 Bionafta*

Prvé použitie rastlinných olejov ako paliva sa začalo objavovať už približne štyri desaťročia pred fungovaním prvého dieselového motoru. V Nemeckom Augsburgu v roku 1893 bol prvýkrát automobil poháňaný rastlinným olejom, konkrétne išlo o arašidový olej. V roku 1977, brazílsky vedec Expedito Parente vynášiel a požiadal o patent na prvý priemyselný proces výroby bionafty. Tento proces je podľa medzinárodných noriem klasifikovaný ako bionafta, čo poskytuje štandardizovanú identitu a kvalitu. Žiadne iné navrhované biopalivo dovtedy nebolo potvrdené automobilovým priemyslom. (Parente E., 2007) Prvý výrobný závod na bionaftu bol postavený v Rakúsku v roku 1985. V nasledujúcich rokoch sa postupne otvárali ďalšie výrobné závody v rámci Európy a neskôr aj v iných kútoch sveta. (Van Gerpen, 2019)

Bionaftu možno vyrábať z akéhokoľvek rastlinného oleja. Môže ísť o olej repkový, slnečnicový, sójový a ďalšie. V našich končinách sa najčastejšie používa olej získaný z repky olejnej, ktorá je nenáročnou rastlinou. Samotný proces výroby teda začína extrakciou spomínaného oleja. Po rafinácii nasleduje transesterifikácia na FAME alebo bionaftu, pričom sa pridáva katalyzátor a metanol. Bionaftu je možné tiež miešať v spojení s fosílnou naftou v rozličných pomeroch bez výraznejších zmien motora. (Portillo, 2021) Všeobecne poznáme bionaftu dvoch generácií. Tou prvou je bionafta I. generácie, ktorá sa už dnes nepoužíva, nakoľko postupom času, s pribúdajúcim výskumom a poznatkami bola

v roku 1997 vyvinutá nová, lepšia a kvalitnejšia bionafta s názvom bionafta II. generácie. (Euro.cz, 2016)

### Výhody

- obnoviteľný zdroj,
- možnosť použitia v existujúcich motoroch,
- menej emisií,
- lokálna samostatnosť, znižovanie logistických nákladov,
- vysoká mazacia schopnosť, znižuje opotrebovanie motora.

### Nevýhody

- účinky rozpúšťadla na niektoré materiály v motore,
- produkuje oxid uhličitý,
- nižšia cena oproti naftu. (Portillo, 2021)

## **1.2 Využívanie alternatívnych pohonov na Slovensku**

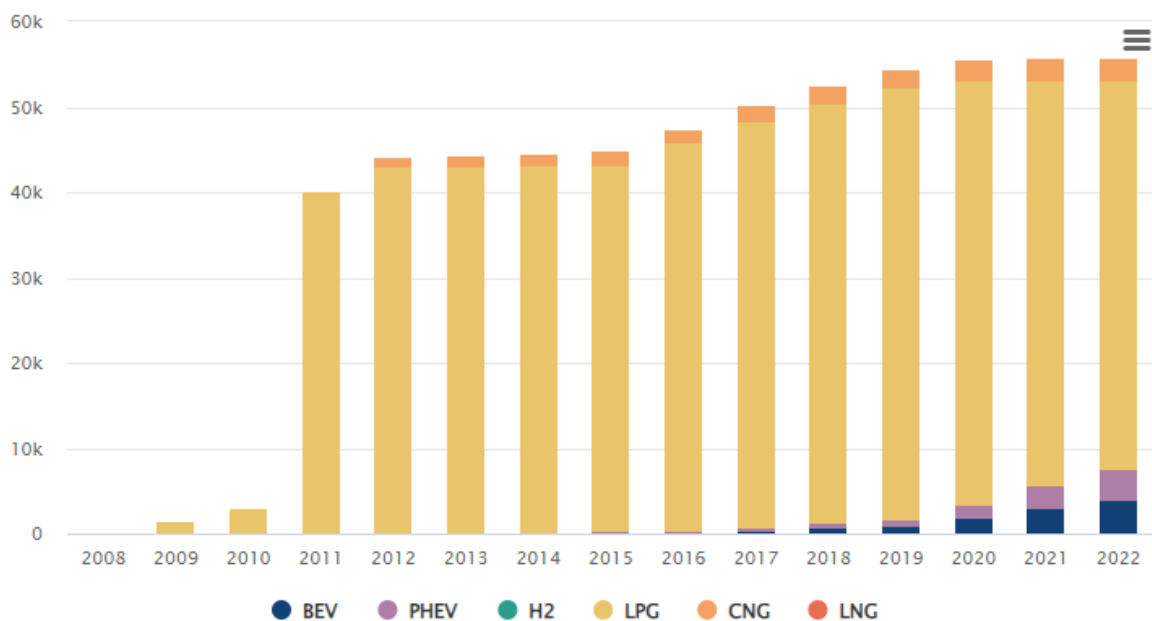
V súčasnosti sa celý svet a najmä Európa pozerá na to, ako sa dostávame do čoraz väčších problémov z ekologického hľadiska. Sledujeme zrýchlené globálne otepľovanie či znečistené ovzdušie a to hlavne ako dôsledok premeny našej planéty podľa potrieb ľudí. Nakoľko vymeniť svoje pohodlie za lepší stav planéty nie je pre ľudí jednoduché, snažia sa krajiny, odborníci i samotní jednotlivci hľadať riešenia ako zlepšiť tento stav. Z tohto dôvodu postupom času výskumníci vytvorili niekoľko typov alternatívnych pohonov pre všetky druhy dopravy. Zatiaľ rozhodne nie sú využívané do takej miery, akej by mali, resp. akej by sme potrebovali, avšak situácia sa postupom času zlepšuje. To, ako je tomu na Slovensku, priblížime v nasledujúcej časti.

### *1.2.1 Osobná doprava*

Alternatívne pohony sa začali riešiť primárne pri osobnej doprave, nakoľko práve to zaberá najvýraznejšiu časť na cestách a tieto automobily tvoria najväčšie množstvo. V osobnej doprave poznáme viacero využívaných zdrojov energie. Sú to napríklad elektrický pohon, hybridný pohon, automobily na vodíkový pohon, či automobily so stlačeným zemným plynom, skvapalneným zemným plynom alebo skvapalneným ropným

plynom. Každý má, tak ako všetko, svoje výhody aj nevýhody. Všetky pohonné látky spomínaných alternatívnych pohonov sú cenovo prijateľnejšie. Avšak problém nastáva najmä pri obstarávacej cene takéhoto automobilu a dostupnej infraštruktúry. Cena automobilov s alternatívnymi pohonmi je o niekoľko desiatok percent vyššia a sieť staníc na dopĺňanie pohonných látok je veľmi riedka. I keď sa vďaka dostatočnému množstvu investícií vo výskume situácia podstatne zlepšuje, stále je nevýhodou menší dojazd. Na nasledujúcich grafoch sa postupne zameriame na situáciu na trhu, kde sa bližšie pozrieme na podiel využívania jednotlivých pohonov v osobnej doprave (M1) na Slovensku.

**Graf 1 Celkový počet osobných vozidiel s alternatívnymi pohonmi v SR (tis., 2008-2022)**



Zdroj: [www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu](http://www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu)

Na priloženom grafe môžeme vidieť údaje počtu automobilov s jednotlivými typmi alternatívnych pohonov. Najvýraznejšiu zmenu pozorujeme v roku 2011, kedy narástol celkový počet automobilov s alternatívnym pohonom o 1330%. Zároveň išlo aj o rok, kedy sa na našich cestách pohybovali aj iné automobily ako tie na LPG. Konkrétne pribudlo 25 elektrických a 17 typu plug-in-hybrid. V nasledujúcich 4 rokoch sa výrazné rozdiely neudiali, no pribudli prvé CNG automobily. Výraznejší kontinuálny nárast pozorujeme v rokoch 2016 až 2019. Najvýraznejší nárast zažili elektromobily z roku 2018 na 2019, kedy počet elektrických vzrástol z 956 na 1863, čo predstavuje 95%. Podobne na tom boli aj plug-in-hybridy, ktorých predané množstvo sa zvýšilo z pôvodných 826 na 1643, čo znamená nárast o 99%. V roku 2021 sme zaznamenali prvé automobily s vodíkovým pohonom, konkrétne 2 kusy. V období 2020 až 2022 sa celkový počet alternatívnych pohonov výrazne

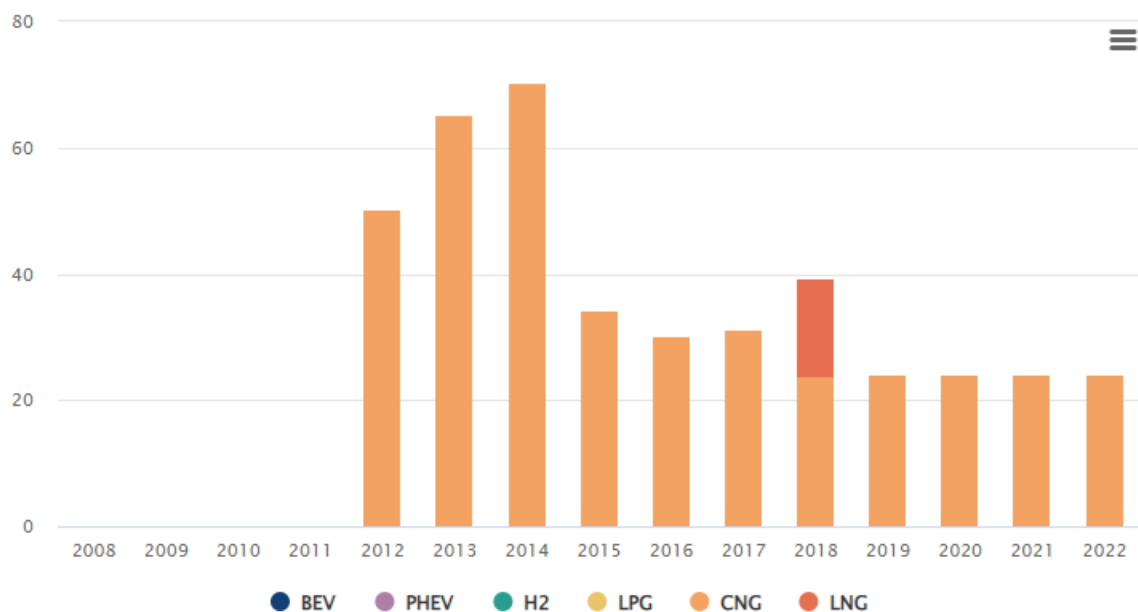
nemenil a to najmä z dôvodov pandémie, obmedzení a v 2022 aj vojny. Všetky tieto problémy s celosvetovým dosahom spomalili výrobu, logistiku, vývoj či ohrozili financie podnikov či jednotlivcov, a to sa samozrejme, premietlo aj do predaja automobilov. Čo sa ale výrazne zmenilo, bol nárast, resp. zmena jednotlivých typov pohonov. Zatiaľ čo rast elektrických, plug-in-hybrid alebo vodíkových výrazne narastal, CNG rástlo len minimálne a u LPG prišlo dokonca k výraznému poklesu.

### *1.2.2 Nákladná doprava*

Podobne ako v osobnej doprave, aj v nákladnej sa firmy či odborníci zaoberajú nadmerným znečisťovaním ovzdušia spôsobeným používaním naftových a benzínových nákladných vozidiel. Nakoľko cestná nákladná doprava tvorí obrovskú časť a bez ktorej by prakticky zlyhala celá logistika, bolo potrebné hľadať nové riešenia. Postupom času na trh prichádzali nákladné vozidlá s elektrickým pohonom, vodíkovým pohonom či LNG, CNG, pričom každé z nich prinieslo určité výhody i nevýhody. Vzhľadom k pomerne novému problému, resp. problému, ktorý sa intenzívne rieši až posledných zopár rokov prevažujú najmä tie menej pozitívne atribúty. Ak si priblížime pozitívne aspekty, hlavnou výhodou je minimálna, resp. nulová produkcia CO<sub>2</sub>, čo je primárnym dôvodom, prečo sa vôbec tento celosvetový problém rieši. Nákladná doprava z hľadiska bezpečnosti nesie so sebou niekoľko špecifických opatrení, ktorými sú napríklad aj povinné prestávky pre šoférov, na čo nadväzuje ďalší signifikantný problém. Tým je hlavne nedostatočná infraštruktúra. Priemerne dokáže šofér prejsť za povolený čas niečo cez 400km, čo už atakuje hranicu dojazdu elektrických alebo vodíkových nákladných vozidiel. V takom prípade je teda takmer nemožné si efektívne a bezpečne naplánovať cestu s doplnením palivovej hmoty. Pohon na LNG alebo CNG vynikajú predovšetkým možným dojazdom, ktorý je niekoľko násobný v porovnaní s elektrickým či vodíkovým pohonom. No ich nevýhodou, obzvlášť pri LNG je neekologickosť, ktorá sa príliš nelíši od tých klasických pohonných hmôt. Ako sme už spomínali, nevýhodou nákladných vozidiel poháňaných elektrickými batériami je nízky dosah, ktorý je približne iba 500km. Ďalším negatívom je obstarávacía cena, ktorá môže byť až na úrovni trikrát vyššej ako pri spaľovacích motoroch. V neposlednom rade treba spomenúť aj samotnú hmotnosť batérie, ktorá je v rozmedzí od 5400kg do 7500kg, čo značne vplyva na jazdné vlastnosti vozidla. Odborníci v Nemecku sa snažili nájsť odlišný spôsob na zlepšenie infraštruktúry pre elektrické nákladné vozidlá, a to tak, že namiesto budovania dobíjacích staníc, vymysleli a aj uvideli do testovacej fázy trolejové vedenie na

diaľnici A1 Schleswig-Holstein. Týmto spôsobom by bolo možné získať energiu aj počas jazdy samotnej a tým by sa aj predlžoval dojazd vozidla bez nutnosti zastavenia. Ešte väčší problém z hľadiska infraštruktúry, má vodíkový pohon, pre ktorý infraštruktúra v podstate u nás neexistuje, čo je pri jeho malom dojazde cca 400km nevyhnutné. Obstarávacie náklady vodíkových nákladných vozidiel sú dokonca až na úrovni štyroch násobkov oproti naftovým. No zo všetkých typov pohonov, ktoré momentálne poznáme, je práve ten vodíkový najšetrnejší k životnému prostrediu. (TIMOCOM, 2022)

**Graf 2 Celkový počet nákladných vozidiel s alternat. pohonmi v SR (tis., 2008-2022)**



Zdroj: [www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu](http://www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu)

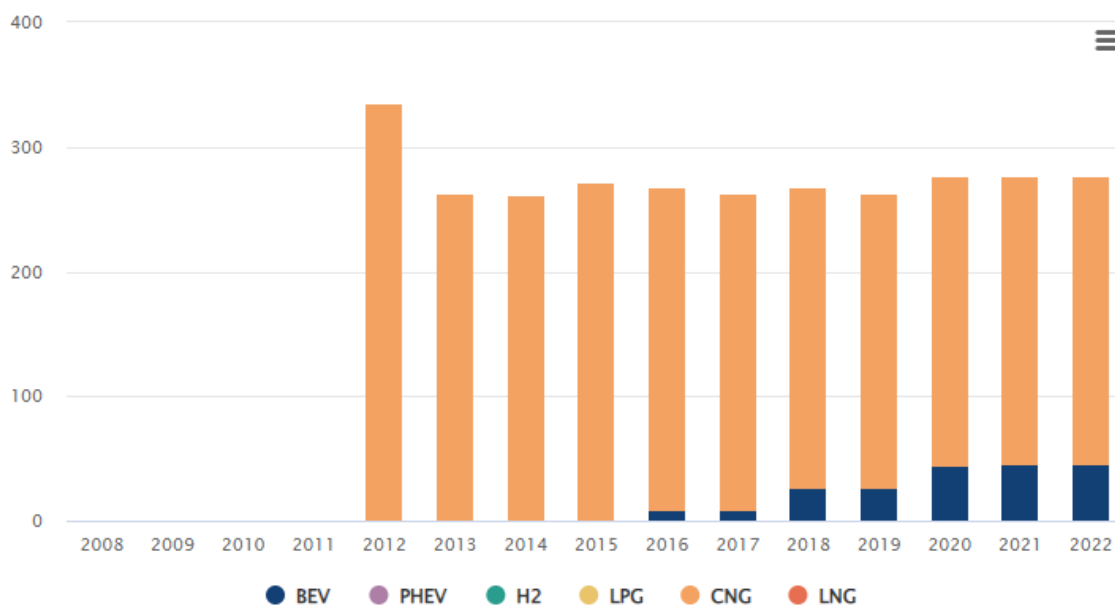
Na základe priloženého grafu z Európskeho observatória pre alternatívne palivá pozorujeme, že v Slovenskej republike sa zatiaľ obľube zrovna netešia. Z grafu vyplýva, že prvé nákladné vozidlá s alternatívnymi pohonmi u nás boli až v roku 2012. Nasledujúce dva roky ich množstvo pribúdalo ale následne sa opäť ich použitie výrazne okresalo. V podstate celé portfólio u nás tvoria len nákladné vozidlá s pohonom CNG a LNG. Jediných 15 LNG vozidiel pribudlo v roku 2018. Počas nasledujúcich rokov, teda od 2019 až po 2022 sa množstvo alternatívnych nákladných vozidiel nemenilo. Z tohto pozorovania je jasné, že Slovensko musí pristúpiť k výraznejšiemu záujmu o využívanie udržateľnejších foriem dopravy.

### 1.2.3 *Autobusová doprava*

Autobusová doprava je nemenej dôležitá ako ostatné, vyššie spomínané, a preto sa v nasledujúcich riadkoch venujeme aj jej. Ak hovoríme o autobusovej doprave a využití alternatívnych pohonov, je to v drvivej väčšine prípadov MHD. Je to z jednoduchého dôvodu, a to, že pri diaľkových autobusoch je to dojazd kritériom číslo jedna. No je samozrejmé, že elektrické či vodíkové autobusy v tomto naftovom konkurovať nedokážu. Tejto téme sa dostávalo pozornosti najmä vo vyspelejších krajinách Európy, avšak postupom času sa táto téma dostala aj ku nám. Elektroautobusy sú bezemisné a tiché, čo sú hlavné výhody pre ich využitie v meste. Ako sme už viackrát spomínali, nevýhodou je ich obstarávacia cena. Čím sa ale líši využitie elektroautobusov, prípadne vodíkových autobusov v meste, je infraštruktúra. Pri jazde v meste nie sú obavy o to, že sa vozidlo nedostane do určeného cieľa. Nabíjať sa dajú pri striedavom použití, prípadne v kombinácii s inými vozidlami tak, aby bol maximálne využitý ich potenciál. V Slovenských mestách sa elektrické autobusy začali objavovať postupne. Ten prvý bol vybraný do testovania v strategickej lokalite – v Tatrách. Dôvodov tohto rozhodnutia bolo hneď niekoľko. Je to miesto, na ktorom tvorba emisií má výrazne horší vplyv na okolie, teda prírodu. Taktiež sa pri tom testovali podmienky, pri ktorých dokáže takýto autobus jazdiť, či už je to zmena terénu alebo mrazivé počasie. Na začiatok bol uvedený jeden autobus, išlo o tzv. skibus, ktorý zväžal lyžiarov na svahy. Ďalším mestom, ktoré sa odvážilo k tomuto kroku, boli Košice, pričom hneď uviedli do prevádzky 5 kusov, ktoré následne postupne dopĺňali. Pochvaľovali si ich ekologickú hodnotu oproti klasickým autobusom a v porovnaní s trolejbusmi vyzdvihovali zase pohybovú flexibilitu. Bratislava uviedla do prevádzky v rámci prvého roka hneď 18 autobusov, ktoré boli nie len šetrnejšie ale poskytovali aj väčší komfort pre cestujúcich. Z menších miest zaviedla jeden takýto autobus napríklad Šaľa. Poprad pri zavedení elektro autobusov využil aj novú, jedinečnú a zaujímavú grafiku polepov, ktoré sú na ceste jasne rozpoznateľné. Nemožno spomenúť ani Žilinu, ktorá pri obnove vozového parku vsadila na kartu najmä hybridných autobusov. Konkrétne, za jeden rok zaobstaralo mesto 2 elektrické a 30 hybridných autobusov. Okrem už spomínaných dôvodov si mestá pochvaľujú aj jednoduchosť údržby elektrických autobusov, ktoré nedisponujú napríklad prevodovkou, spojkou, rozvodovkou a problémami ako chladenie či mazanie. Práve tu vzniká až 70% všetkých porúch. (Holčík, 2022) Koncom roka 2022 prišlo v Bratislave k testovaniu autobusu na vodíkový pohon, čím by mesto chcelo splniť svoj záväzok a rozšíriť svoju flotilu aj o autobusy tohto pohonu. Po úspešnom vyhodnotení

testovania by mesto malo dostať v roku 2023 až štyri kusy týchto autobusov. (DPB, 2023) V nadväznosti na testovanie, prebiehalo ďalšie testovanie aj v menšom slovenskom meste, a to konkrétne v Trnave. Tu si občania mohli skúsiť tento typ autobusu v rámci predvážzacej akcie, ktorá nesie názov HydrogenBusRoadshow. Takto sa Európske partnerstvo pre čistý vodík odhodlalo testovať autobus s vodíkovým pohonom v strednej Európe. (SITA, 2023)

**Graf 3 Celkový počet autobusov s alternatívnymi pohonmi v SR (tis., 2008-2022)**



Zdroj: [www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu](http://www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu)

Z vyššie uvedeného grafu je jasné, že i keď sa venuje pozornosť prechodu na alternatívne pohony v autobusovej doprave, v pomere ku všetkým autobusom na našich cestách je to stále len veľmi malá časť. Na základe dát z European Alternative Fuels Observatory je najčastejším alternatívnym pohonom využívaným u nás CNG. I keď CNG jednoznačne dominuje, na popularite postupom času stráca a čoraz viac sa do popredia dostávajú autobusy s elektrickým pohonom. Okrem toho môžeme v ďalších rokoch očakávať už aj príchod vodíkových autobusov. Najväčší nárast, teda zavedenie elektrických autobusov do prevádzky možno vidieť na grafe hlavne v roku 2018, kedy išlo o nárast v hodnote 200%. Ďalším výraznejším, i keď menej výrazným bol nárast v roku 2020.

### 1.3 Typy vodíkových pohonov

V súčasnosti poznáme dva typy automobilov poháňaných vodíkom. Jedným je typ Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV), kde je využívaná reakcia kyslíka s vodíkom v palivovom článku. Takýmto spôsobom je pre elektromotor vyrábaná elektrina. Ďalším

typom je pohon s využívaním priameho spaľovania vodíka či už v rotačnom alebo piestovom spaľovacom motore. Vodíkové palivo je celkovo považované za vhodnú alternatívu, ktorá dopomáha dekarbonizácii v cestnej doprave. (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2019)

### *1.3.1 Vodíkové vozidlo s elektromotorom*

Ako sme už vyššie spomínali, v medzinárodnom ponímaní je tento typ pomenovaný Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV), čo možno preložiť ako Elektrické vozidlo s palivovým článkom. Tieto automobily sú zaradované medzi elektromobily, čo znamená, že od klasických elektromobilov sa výrazne neodlišujú. Podobne ako v prípade celoelektrických automobilov, aj tu je spaľovací motor nahradený elektrickým motorom.

Najväčší rozdiel medzi týmito elektromobilmi je zdroj elektrickej energie. Vozidlo s vodíkovým článkom si elektrickú energiu, ktorú potrebuje na pohon, vyrába samo. To takým spôsobom, že v palivovom článku je pri chemickej reakcii spotrebúvaný vodík, a teda sa musí dopĺňať – nedá sa nabíjať zo siete. S ohľadom na neustály vývoj by sa tak vodík mohol dostať na úroveň fosílnych palív, ktoré je možné v priebehu pár minút doplniť do tankovacej nádrže vozidla. V prípade, že by takéto rýchle doplnenie paliva bolo možné aj pri vodíku, išlo by o obrovskú konkurenčnú výhodu v porovnaní s dobíjaním celoelektrických automobilov, čo môže trvať až niekoľko desiatok minút. Na základe jazdnej situácie môže byť elektrická energia pochádzajúca z palivového článku použitá dvoma spôsobmi. Jedným z nich je možnosť priameho poháňania elektrického motoru. Tou druhou zase dobíjanie trakčnej batérie v situácii, kedy elektrickú energiu aktuálne motor nepotrebuje. Nakoľko článok umožňuje motor poháňať priamo, disponujú automobily menšími a ľahšími batériami, čo má priaznivé účinky ako z hľadiska ekologického i ekonomického.

Elektromobily s vodíkovými článkami majú niekoľko výrazných výhod oproti iným pohonom, resp. aj oproti samotným celoelektrickým elektromobilom. V porovnaní s nimi sú časovo efektívnejšie z pohľadu dopĺňania paliva. Ide taktiež o bez emisný typ pohonu, nakoľko nie sú do ovzdušia uvoľňované žiadne emisie. Tieto automobily sú menej ovplyvniteľné vonkajšími javmi a pre koncového užívateľa majú jasne lepší dojazd, čo je jedným z hlavných kritérií pri kúpe u bežného spotrebiteľa.

Samozrejme, aj vodíkové automobily s elektromotorom majú svoje nevýhody. Na trhu ich je veľmi malé množstvo, nakoľko len zopár výrobcov sa venuje ich komerčnej

výrobe. Medzi nevýhody možno tiež zaradiť nedostatočne rozvinutú a ťažko dostupnú sieť čerpacích staníc zameraných na vodík. A v neposlednom rade treba spomenúť aj vysokú cenu vodíka. (Nils, 2019)

### *1.3.2 Vodíkové vozidlo so spaľovacím motorom*

Automobily, ktoré spaľujú vodík, sa zatiaľ nezačali predávať na komerčnom trhu. Aktuálne sú alternatívou fosílnym palivám iba v segmente, akým je napr. vojenský priemysel. Je to tak primárne z dôvodu možnosti pomerne rýchlym a jednoduchým spôsobom prestavať bežný spaľovací motor na motor so spaľovaním vodíka v situácii, kedy by prišlo k výpadku v dodávkach fosílnych palív.

Z hľadiska konštrukcie automobilu spaľujúceho vodík, ide o veľmi podobné riešenie s automobilmi spaľujúcimi fosílnu palivú. Najvýraznejším a zároveň jediným výrazným rozdielom je skladovanie vodíka a jeho vedenie k motoru. Takáto technológia je podobná tým riešeniam, ktoré sú už známe z automobilov poháňaných skvapalneným ropným plynom či stlačeným zemným plynom. Vodík sa uskladňuje v palivovej nádrži, kde je v tekutom stave a pod neustálym tlakom. Za pomoci vysokotlakových vedení sa vstrekuje priamo alebo nepriamo do valcu motora, prípadne do karburátora. Karburátor následne mení skupenstvo vodíka z kvapalného na plynné. Akonáhle je vodík už v plynnom skupenstve, vstrekuje sa z karburátora do spaľovacieho motora. Tam dochádza k jeho stlačeniu a zapáleniu za pomoci elektrickej sviečky. (Shadidi, 2021)

Ak by sme prešli k porovnaniu z hľadiska energetickej hustoty na jednotku hmotnosti, je oproti najbežnejším fosílnym palivám jednoznačne vyššia. Ide o rozdiel viac ako dvojnásobný, dokonca niekedy až trojnásobný, no napriek tomu považovať to za významnú výhodu pri pohone automobilu vodíkom, nie je možné. Je tomu tak hlavne preto, že pri skladovaní by došlo k výraznému znevýhodneniu. (Fung, 2005)

Nevýhodou vodíkoveho pohonu v automobiloch môže byť aj menej efektívna premena energie v jeho spaľovacích motoroch. Táto efektivita sa pohybuje na úrovni približne 30%. Ďalšou z nevýhod vodíka je tiež jeho uskladnenie v nádržiach, keďže aj prípadná malá netesnosť môže spôsobiť únik, v horšom prípade výbuch. Z ekologického pohľadu nie je moc prívetivou ani produkcia škodlivých oxidov. Tieto oxidy sú nebezpečné tak pre ľudí, ako i životné prostredie. V neposlednom rade treba spomenúť aj nerozvinutú sieť čerpacích staníc s vodíkom. (Nils, 2019)

## 1.4 Výhody a nevýhody vodíkového pohonu

Diskusie o výhodách, resp. nevýhodách vodíku ako pohonnej látky sa vedú už niekoľko desaťročí. Samozrejme, tak ako aj pri iných záležitostiach, i tu sa odborníci či verejnosť rozdeľujú do dvoch skupín. Jednou je tá, ktorá vníma vodík ako budúcnosť, náhradu za fosílnu palivá. No a tá druhá zasa považuje vodík za akýsi falošný, neefektívny typ pohonu, ktorý sa fosílnym palivám zatiaľ nedokáže vyrovnáť z ekologického hľadiska, no hlavne ekonomického hľadiska. Preto, aby sme si vedeli lepšie vytvoriť názor na základe faktov, nižšie sme priblížili hlavné prednosti a nedostatky vodíkového pohonu.

### 1.4.1 Výhody vodíkového pohonu

#### Obnoviteľný a ľahko dostupný

Vodík je najrozšírenejším prvkom vo vesmíre a napriek problémom spojeným s jeho získavaním z vody je jedinečným, hojným a obnoviteľným zdrojom energie, ktorý je ideálny pre naše budúce potreby bezuhlíkovej výroby tepla a elektrickej energie.

#### Čistý a flexibilný zdroj energie

Vodíkové palivové články poskytujú prirodzene čistý zdroj energie bez nepriaznivého vplyvu na životné prostredie počas prevádzky, keďže vedľajšími produktmi sú len teplo a voda. Na rozdiel od biopalív alebo vodnej energie vodík nevyžaduje na svoju výrobu veľké plochy pôdy. NASA dokonca pracuje na využití vodíka ako zdroja, pričom voda, ktorá vzniká ako vedľajší produkt, sa používa ako pitná voda pre astronautov. To dokazuje, že vodíkové palivové články sú netoxickým zdrojom paliva, a preto sú v tomto smere lepšie ako uhlie, zemný plyn a jadrová energia, ktoré sú buď potenciálne nebezpečné, alebo ťažko dostupné. Výroba, skladovanie a využívanie vodíka budú zohrávať dôležitú úlohu pri podpore ďalšieho rozvoja energie z obnoviteľných zdrojov tým, že vyvážia ich nestále spôsoby dodávok s náročnými požiadavkami koncových užívateľov, čím sa predíde potrebe významných včasných investícií do modernizácie sieťovej infraštruktúry.

#### Výkonnejší a energeticky efektívnejší

Technológia vodíkových palivových článkov poskytuje zdroj energie s vysokou hustotou a dobrou energetickou účinnosťou. Vodík má spomedzi všetkých bežných palív najvyšší hmotnostný obsah energie. Vysokotlakový plyný a kvapalný vodík má približne

trikrát vyššiu gravitačnú hustotu energie (približne 120 MJ/kg) ako nafta a LNG a podobnú objemovú hustotu energie ako zemný plyn.

### Vysoko efektívny

Vodíkové palivové články sú efektívnejšie ako mnohé iné zdroje energie, vrátane mnohých ekologických energetických riešení. Takáto efektivita umožňuje vyrobiť viac energie na kilogram paliva. Napríklad konvenčná elektrárňa na báze spaľovania vyrába elektrickú energiu s účinnosťou 33 - 35% v porovnaní s účinnosťou vodíkových palivových článkov, kde je to až 65%. To isté platí pre vozidlá, kedy vodíkové palivové články využívajú 40 - 60% energie paliva a zároveň ponúkajú 50% zníženie spotreby paliva.

### Takmer nulové emisie

Vodíkové palivové články neprodukurujú emisie skleníkových plynov ako v prípade fosílnych zdrojov paliva, čím sa znižuje znečistenie a v dôsledku toho sa zlepšuje kvalita ovzdušia. V prípade, že ide o zelený vodík, teda vodík vyrobený z obnoviteľných zdrojov, definícia nulových emisií sa ešte umocňuje a nedochádza teda k znečisťovaniu ani pri samotnej výrobe.

### Znižuje uhlíkovú stopu

Vďaka takmer nulovým emisiám vodíkové palivové články neuvolňujú skleníkové plyny, čo znamená, že počas používania nevytvárajú uhlíkovú stopu. Teda aj za pomoci vodíka je možné dosiahnuť stanovený cieľ Európskej Únie stať sa uhlíkovo neutrálnym regiónom do roku 2050.

### Rýchle nabíjanie

Čas nabíjania pohonných jednotiek na vodíkové palivové články je veľmi rýchly, podobný ako pri bežných vozidlách so spaľovacím motorom a výrazne rýchlejší v porovnaní s elektrickými vozidlami poháňanými batériami. Ak elektrické vozidlá potrebujú na nabitie od 30 minút do niekoľkých hodín, vodíkové palivové články sa dajú nabiť za menej ako päť minút. Tento rýchly čas nabíjania znamená, že vozidlá na vodíkový pohon poskytujú rovnakú flexibilitu pre koncového užívateľa ako bežné vozidlá.

### Žiadny hluk

Vodíkové palivové články nevytvárajú hluk ako iné zdroje obnoviteľnej energie, napríklad veterná energia. To tiež znamená, že podobne ako elektromobily, aj vozidlá na vodíkový pohon sú oveľa tichšie ako vozidlá, ktoré používajú konvenčné spaľovacie motory.

### Dojazdová vzdialenosť

Vodíkové vozidlo má rovnaký dojazd ako vozidlá využívajúce fosílnu palivú. To je lepší dojazd, než aký v súčasnosti ponúkajú elektrické vozidlá. Na vodíkové palivové články tiež nemá výrazný vplyv vonkajšia teplota a ich funkčnosť sa na rozdiel od elektrických vozidiel v chladnom počasí nezhoršuje. Táto výhoda sa ešte zvýši v spojení s krátkym časom nabíjania.

### Zníženie závislosti

Vodíkové palivové články majú potenciál znížiť závislosť krajín od fosílnych palív. Táto väčšia nezávislosť sa ukáže ako prínos pre mnohé krajiny, ktoré sú v súčasnosti závislé od ich dodávok. Samozrejme, zabráni sa tým aj problému zvyšovania cien fosílnych palív, keďže ich zásoby sa znižujú.

## *1.4.2 Nevýhody vodíkoveho pohonu*

### Získavanie vodíka

Napriek tomu, že vodík je najrozšírenejším prvkom vo vesmíre, sám o sebe neexistuje, preto sa musí získavať z vody elektrolyzou alebo oddeľovať z uhlíkových fosílnych palív. Oba tieto procesy si vyžadujú značné množstvo energie, ktorá môže byť nakoniec vyššia ako energia získaná zo samotného vodíka a súčasne je i pomerne drahá. Okrem toho si táto extrakcia zvyčajne vyžaduje použitie fosílnych palív, čo oslabuje ekologický kredit vodíka.

### Potrebné investície

Vodíkové palivové články potrebujú investície, aby sa mohli vyvinúť do takej miery, aby sa stali skutočne životaschopným zdrojom energie. To si bude vyžadovať aj politickú vôľu investovať čas a peniaze do spomínaného vývoja s cieľom zlepšiť a zdokonaľiť technológiu. Zjednodušene povedané, globálnou výzvou pre rozvoj rozšírenej a udržateľnej vodíkovej energie je, ako najlepšie postupne vybudovať reťazec "ponuky a dopytu" čo najefektívnejším spôsobom z hľadiska nákladov.

### Náklady na suroviny

Vzácne kovy, ako napríklad platina a irídium, sa zvyčajne vyžadujú ako katalyzátory v palivových článkoch a niektorých typoch vodných elektrolyzéroch, čo znamená, že počiatočné náklady na palivové články môžu byť vysoké. Tieto vysoké náklady odrádzajú

niektorých od investovania do technológie vodíkových palivových článkov. Náklady je preto potrebné znížiť tak, aby sa vodíkové palivové články stali možným zdrojom paliva pre všetkých.

#### Celkové náklady

Náklady na jednotku energie z vodíkových palivových článkov sú v súčasnosti vyššie ako náklady na iné zdroje energie, vrátane solárnych panelov. To sa môže zmeniť s technologickým pokrokom, ale v súčasnosti sú tieto náklady prekážkou širokého využívania vodíka, aj keď je po výrobe účinnejší. Tieto náklady majú vplyv aj na ďalšie náklady, napríklad na cenu vozidiel poháňaných vodíkom, čo tak v súčasnosti znemožňuje ich široké rozšírenie.

#### Skladovanie vodíka

Skladovanie a preprava vodíka sú zložitejšie ako v prípade fosílnych palív. To znamená ďalšie náklady, ktoré je potrebné zohľadniť v prípade vodíkových palivových článkov ako zdroja energie. Napríklad, ak chceme, aby vodík ostal v požadovanom skupenstve, je nevyhnutné ho udržiavať pod tlakom 700 barov. Takáto predstava nie je ideálna pre vodičov, nakoľko hrozí potenciálna možnosť nebezpečenstva výbuchu.

#### Infraštruktúra

Keďže fosílna palivá sa používajú už desaťročia, infraštruktúra pre tento zdroj energie existuje. No rozsiahle prijatie technológie vodíkových palivových článkov pre automobily si bude vyžadovať novú infraštruktúru na ich podporu. Bude potrebné vybudovať novú sieť čerpacích staníc, v ideálnom prípade tiež prilákať investorov, podporiť kúpu automobilov koncových spotrebiteľov a tak sa dostať až na úroveň infraštruktúry fosílnych palív.

#### Vysoká horľavosť

Vodík je vysoko horľavý plyn a pri koncentrácii nad 4,6% je aj veľmi výbušný. Takéto vlastnosti tohto prvku, samozrejme, prinášajú pochopiteľné bezpečnostné obavy. Či už ide o obavy pri manipulácii s ním, pri preprave alebo v samotnom automobile. (TWI, 2021)

## 2 Ciel' práce

Hlavným cieľom našej diplomovej práce je zhodnotiť aktuálnu situáciu v oblasti alternatívnych zdrojov v podmienkach Slovenskej republiky s detailným zameraním na vodíkový pohon. Čiastkovými cieľmi, ktoré prispejú k naplneniu hlavného cieľa sú:

- systematizovať poznatky o alternatívnych pohonoch v cestnej doprave;
- zhodnotiť využívanie alternatívnych pohonov na Slovensku;
- charakterizovať jednotlivé typy vodíkových pohonov;
- popísať výhody a nevýhody vodíkového pohonu;
- priblížiť nabíjanie vodíkového vozidla;
- porovnať dostupný vodíkový automobil na Slovensku;
- zosumarizovať vodíkovú podporu na Slovensku a v EÚ;
- zhodnotiť vodíkovú situáciu v cestnej doprave v zahraničí;
- charakterizovať slovenskú výrobu vodíkových vozidiel;
- identifikovať možné riešenia a odporúčania.

### 3 Metodika práce a metody skúmania

Vypracovaniu diplomovej práce predchádzalo detailné preštudovanie veľkého počtu zdrojov tak, aby sme získali dostatočné množstvo informácií pre vytvorenie všeobecného prehľadu o danej problematike. Zdrojom pre písanie práce nám boli najmä elektronické zdroje, ktoré poskytujú aktuálnejšie informácie vzhľadom k našej rýchlo sa rozvíjajúcej téme alternatívnych pohonov.

V teoretickej časti našej diplomovej práce sme používali relevantné domáce i zahraničné webové zdroje. Informácie sme čerpali aj zo stránok Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky alebo Európskej komisie pre porovnanie potrebných údajov. Využívali sme výskumné metódy teoretického významu, keď sme s použitím abstrakcie identifikovali hlavné body našej práce, ktorým sme následne venovali detailnejšiu pozornosť. Taktiež sme využili indukciu, ktorá nám umožnila dospieť ku všeobecným tvrdeniam. Naopak, vyvodit' závery z popisovaných javov, nám pomohla dedukcia.

V praktickej časti našej práce sme opäť využili ako domáce, tak aj zahraničné zdroje. Pre analýzu vodíkovej infraštruktúry na Slovensku sme použili niekoľko zdrojov z domáceho prostredia, ktoré nám umožnili vyrátať náklady a zhodnotiť možnosti využitia takéhoto automobilu. Pre zistenie nielen aktuálnej situácie ale aj postojov Slovenska či EÚ k využitiu vodíka v budúcnosti, sme použili údaje z MH SR a EK, kde sme sa zamerali na konkrétne strategické plány. V práci sme využili aj prehľadnú tabuľku zobrazujúcu opis jednotlivých krokov a ich časového harmonogramu zapracovania. Za pomoci komparácie sme porovnali aktuálny dostupný vodíkový model Toyota Mirai s konkurenciou z rovnakého segmentu. Túto metódu sme využili aj pri analyzovaní predaja vodíkových vozidiel a hustoty výstavby čerpacích staníc v rámci Slovenskej republiky a ostatných krajín V4. Na záver sme identifikovali vodíkové prototypy vyvinuté v našej krajine, kde sme na opis využívali ako zdroj webové stránky výrobcov, resp. účastníkov, ktorí sa na vývoji podieľali.

## 4 Výsledky práce a diskusia

Po diskusii so školiteľom práce, sme sa dohodli na zameraní sa primárne na vodík ako alternatívny pohon v podmienkach cestnej dopravy. Z tohto dôvodu sme sa zamerali na zmapovanie aktuálnej situácii z hľadiska ceny vodíka a možnosti nabíjania. Neskôr sme si zvolili konkrétny model dostupný u nás, Toyota Mirai s vodíkovým pohonom a porovnali sme ho s vozidlami z rovnakej triedy ale s odlišnými typmi pohonu, aby sme tak dokázali porovnať ekonomickú i neekonomickú efektívnosť poriadenia si takéhoto automobilu. Preto, aby sme dokázali poznať budúcnosť a zámery Slovenska v postoji k vodíkovému ekosystému, opísali sme formy štátnej podpory, vodíkovú stratégiu a aj akčný plán, ktoré majú dopomôcť k rastu a vývoju. Taktiež bolo dôležité sa pozrieť aj na iné krajiny a ich vodíkový rozvoj, a preto sme si priblížili vodíkovú situáciu v Japonsku a našich blízkych krajinách V4. Na úplný záver sme sa obzreli za konkrétnymi vodíkovými modelmi, ktoré vznikli u nás ako práca nadšencov, profesionálov a súkromného sektora v spojení s akademickou pôdou, aby tak prezentovali Slovensko v tom najlepšom svetle na medzinárodných podujatiach.

### 4.1 Nabíjanie vodíkových vozidiel

Podobne ako automobily poháňané benzínom, dieslom, elektrinou či plynom, aj vodíkové musia byť nabíjané, resp. dopĺňané. Cena, možnosti a dostupnosť jednotlivých čerpacích staníc, prípadne iných miest, na ktorých je možné doplniť pohonné hmoty, sú jedným z najdôležitejších súčastí pri výbere typu pohonu. Jedným slovom infraštruktúra a s tým spojená aj cena pohonnej hmoty, konkrétne vodíku, sú témami, ktorým je potrebné sa venovať. Preto v podkapitolách nižšie budeme bližšie špecifikovať ceny vodíku ako pohonnej hmoty a možnosti, ktoré momentálne na Slovensku majú majitelia vodíkových automobilov k dispozícii.

#### 4.1.1 Cena vodíku ako paliva

Tak ako pri ostatných pohonoch, aj pri vodíku je dôležitým ukazovateľom jeho cena, ktorá ovplyvňuje rozhodovanie konečného spotrebiteľa. Cena nabíjania vodíkového vozidla závisí od mnohých faktorov, vrátane miesta, kde sa nachádza čerpacia stanica, množstva vodíka, ktoré si vozidlo vyžaduje, a samozrejme aktuálnej ceny vodíka. Na rozdiel od tradičných palív, je cena vodíka vyššia a často sa mení v závislosti od miesta a času.

Väčšina vodíkových čerpacích staníc funguje na základe modelu "pay-per-kilogram", kde sa cena vodíka určuje na základe hmotnosti vodíka, ktorú si vozidlo naberá. V USA sa cena vodíka pohybuje okolo 13 až 16 dolárov za kilogram, zatiaľ čo v Európe je cena na úrovni približne 9 až 20 eur za kilogram.

Momentálne máme na Slovensku dve vodíkové čerpacie stanice, avšak len jedna z nich, bratislavská, je dostupná pre bežných užívateľov, teda majiteľov osobných vodíkových automobilov. Táto stanica dokáže plniť osobné automobily a autobusy s tlakom na úrovni 200 barov. Cena je momentálne 15,40€ za 1kg vodíku. Ak by sme rátali s priemernou spotrebou 0,95kg/100km, tak vzdialenosť 100km by stála 14,63€. (Mudroň, 2022) Pre porovnanie, v Nemecku, kde je najhustejšia sieť vodíkových staníc z krajín Európy, sa cena za 1kg vodíka pohybuje na úrovni 9,50€. V takom prípade by náklady na prejedenie 100km boli vo výške 9,03€. Cenový rozdiel možno demonštrovať na príklade využitia vodíkového Hyundai Nexu s objemom nádrže 6,3kg. Výrobca pre tento model uvádza dojazd 666km, a tak by natankovanie plnej nádrže pre túto vzdialenosť bolo v Nemecku 56,90€ a na Slovensku momentálne 92,2€. Tu môžeme jasne vidieť, ako dôležité je vybudovať infraštruktúru a ako veľmi potrebná je investícia zo strany štátu. Iba tak môže dôjsť k postupnému zlacňovaniu vodíka aj u nás. (NVAS, 2022)

#### *4.1.2 Možnosti nabíjania vodíkového vozidla*

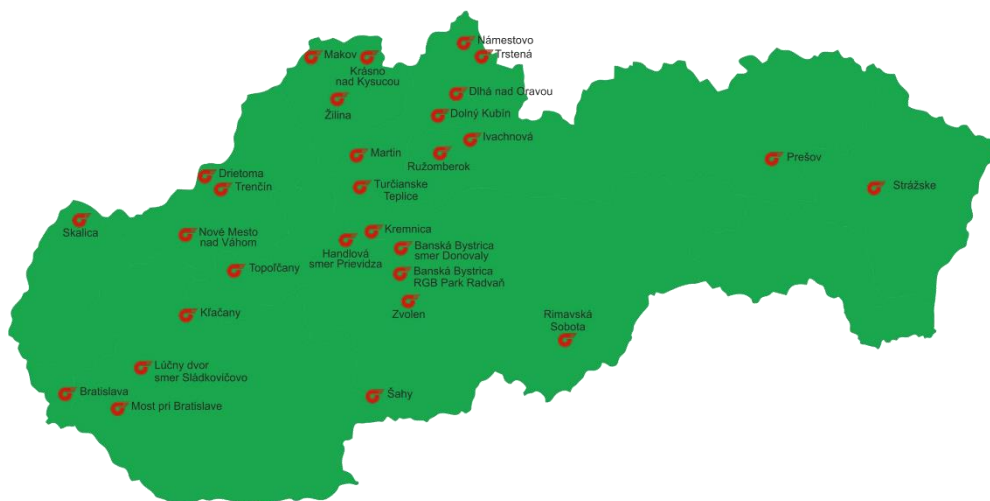
Miest, na ktorých možno nabiť vodíkový automobil, je na Slovensku výrazný nedostatok. V podstate ešte len teraz sa začína s budovaním vôbec prvých takýchto čerpacích staníc u nás. Pôvodne sa v médiách spomínalo vybudovanie prvých staníc už v roku 2021, čo sa však realitou nestalo. No následne vo februári 2022 boli predstavené hneď dve nové vodíkové stanice.

Tou prvou bola stanica v Bratislave, za ktorou stojí spoločnosť Messer Tatragas. Lokalizovaná je v areáli Slovnaftu, ktorý do nej zároveň dodáva potrebný vodík. Ako sme už v predchádzajúcej podkapitole spomínali, stanica je dostupná ako pre osobné vozidlá, tak aj pre autobusy s plniacim tlakom hodnoty 200 bar. Ak opäť uvedieme ako príklad Hyundai Nexu, tak tento model dokáže byť na bratislavskej stanici dobitý na približne tretinu svojej kapacity, čo znamená dojazd približne 222km. Nevýhodou tejto stanice je zatiaľ nepraktické a nekomfortné povinné objednávanie sa na doplnenie paliva až 3 pracovné dni dopredu, kde musia byť aj údaje o počte áut či objeme vodíka. Zároveň samotný presný čas určuje dodávateľ.

V poradí druhá vodíková stanica na Slovensku sa nachádza tiež v západnej časti Slovenska, konkrétne v Trnave. No od tej bratislavskej sa líši hneď v niekoľkých veciach. Predovšetkým sa jedná o prvú mobilnú vodíkovú stanicu na Slovensku a tiež bola predstavená pod záštitou SEIA. Zároveň treba dodať, že ide o stanicu, ktorá je v praxi využívaná na prezentačné účely. Doplniť palivo si tam môžu dva automobily, ktoré zaobstarala SEIA, pričom jedno z nich je využívané predsedom TTSK Jozefom Viskupičom. Plniaci tlakový výkon stanice je 350 bar, čo je takmer dvojnásobok v porovnaní s bratislavskou jednotkou. (Mudroň, 2022)

Spoločnosť BCF Energy sa v roku 2021 začala zaoberať výstavbou vodíkových čerpacích staníc so zameraním na konečného spotrebiteľa i komerčné účely. Momentálne pracuje na príprave projektovej dokumentácie k novým vodíkovým rafinériám v Pezinku, Modrom Kameni, Trenčíne a Malackách, ktoré by mali byť schopné denne vyprodukovať asi 4000kg zeleného vodíka. BCF Energy už začala s odkupovaním pozemkov, rokovala so samosprávami, dovozcami aj štátnou správou. A v neposlednom rade už prišlo aj k podpísaniu dohody s firmou Benzinol, ktorá bude zodpovedná za distribúciu vodíka a na ktorej pobočkách budú tieto nové stanice. Nakoľko ide o skutočný zámer byť “zelený“, aj samotná flotila cisterien, ktoré budú vodík distribuovať, bude vodíková. BCF Energy plánuje začať s produkciou i predajom vodíka už v rokoch 2023 – 2024. (BCF, 2022)

Obrázok 6: Plánované vodíkové čerpacie stanice spoločnosti BCF Energy



Zdroj: [www.bcf.sk](http://www.bcf.sk)

## 4.2 Porovnanie dostupného vodíkového automobilu na Slovensku

V nasledujúcej kapitole budeme porovnávať jeden z dvoch dostupných automobilov s vodíkovým pohonom na Slovenskom trhu, aby sme tak čo najreálnejšie demonštrovali jeho porovnanie s ostatnými pohonmi v rovnakej triede. Týmto vozidlom je osobný automobil Toyota Mirai, ktorý sa u nás predáva od polovice roku 2021 a radí sa do vyššej strednej triedy. Preto aj vozidlá vybrané do porovnania sú z kategórie vyššej strednej triedy, okrem Tesly Model 3, ktorá je radená do strednej triedy. Mimo spomínaného modelu od výrobcu Toyota je u nás dostupný tiež vodíkový Hyundai Nexa, avšak ten by bolo náročnejšie porovnať so všetkými nami vybranými pohonmi z dôvodu špecifického segmentu, do ktorého spadá.

Tabuľka 1: Porovnanie vodíkového modelu Toyota Mirai

Model	Toyota Mirai	Tesla Model 3	Volkswagen Arteon 2,0 TDI BMT	Škoda Superb 2,0 TSI AP
Cena od	64 990 €	41 990 €	47 690€	41 120 €
Typ paliva	vodík	elektrina	nafta	benzín
Výkon	128 kW	239 kW	147 kW	140 kW
Max. rýchlosť	175 km/h	225 km/h	237 km/h	240 km/h
Zrýchlenie 0-100km/h	9.2 s	6.1 s	7.4 s	7.7 s
Kombinovaná spotreba	0,76 kg/100km	15 kWh/100km	4.4 l/100km	6.2 l/100km
Dojazd	650 km	490 km	1050 km	900 km
Čas dobitia/tankovania	5 min	Supercharger 45 min, doma 8-20 h	5 min	5 min
Emisná norma	x	x	Euro 6	Euro 6
CO2	0 g/km	0 g/km	117 g/km	140 g/km
Dĺžka x výška v mm	4975 x 1470	4694 x 1443	4862 x 1450	4869 x 1468
Objem kufru	300 l	561 l	563 l	625 l
Hmotnosť	1930 kg	1684 kg	1664 kg	1535 kg

Zdroj: vlastné spracovanie podľa [www.autohled.cz](http://www.autohled.cz), [www.tesla.com](http://www.tesla.com), [www.vw.sk](http://www.vw.sk), [www.skoda-auto.sk](http://www.skoda-auto.sk)

Do nášho porovnania vodíkového automobilu Toyota Mirai s ostatnými pohonmi sme si vybrali automobil Tesla Model 3 s elektrickým pohonom, Volkswagen Arteon 2,0 TDI BMT s dieslom a Škoda Superb 2,0 TSI AP s benzínom. V ďalších podkapitolách si priblížime ich špecifické parametre so zameraním na prednosti, prípadne nedokonalosti vodíkového modelu.

Obrázok 7: Vodíkový model Toyota Mirai



Zdroj: [www.techbox.sk](http://www.techbox.sk)

#### 4.2.1 Porovnanie parametrov vozidiel

V našom porovnaní máme obsiahnuté vozidlá s vodíkovým pohonom, pohonom na elektrickú energiu, dieselovým pohonom a benzínom. Z hľadiska maximálnej rýchlosti ja na tom vodíková Toyota Mirai jednoznačne najhorie. Rozdiel v maximálnej rýchlosti medzi ňou a druhou najpomalšou, teda Teslou, je priepastných 50km/h, pričom Toyota dosahuje limit na úrovni 175 km/h. Veľmi podobný výsledok pozorujeme aj v zrýchlení z 0 na 100 km/h, kde automobil s vodíkovým pohonom zaostáva o 1,5 sekundy za benzínovou Škoda Superb. Tieto čísla jednoznačne ukazujú, že vodíkový pohon nie je vhodnou alternatívou pre šoférov preferujúcich agresívnejšiu, športovejšiu jazdu, či už to je z hľadiska zrýchlenia alebo celkovej maximálnej rýchlosti. Naopak, vodíkový pohon v podaní Toyoty je ideálny pre vodičov, ktorým viac záleží na ekonomickom a ekologickom dopade ich jazdy. Potvrzuje to fakt, že po prepočítaní spotreby 0,76 kilogramu na 100 kilometrov na litre, sa dostaneme na hranicu pod 3l na 100km. To je výrazne menej ako je spotreba pri elektrickom alebo naftovom pohone, dokonca oproti benzínovému pohonu je to až o polovicu nižšia spotreba.

Pri pohľade na dojazd vozidiel s alternatívnymi pohonmi je úplne jasné, že práve tento parameter je hlavnou nevýhodou oproti klasickým spaľovacím motorom. Zatiaľ čo benzínový Superb alebo dieselový Arteon majú dojazd vyšší ako 900km, Toyota odhaduje dojazd na 650km. To je síce výrazne nižšie číslo, no zároveň ide o veľmi slušný výsledok ak by sme porovnávali s elektrickými vozidlami. Napríklad nami porovnávaná Tesla Model 3 má dojazd o viac ako 150km menší. Ďalším bodom, kde elektromobil jednoznačne prehráva je nabíjanie. Pri použití nabíjačky Supercharger, ktorá je priamo od značky Tesla,

je možné dobiť Model 3 na 80% za približne 15 minút, a ak by sme ho chceli dobiť až na 100%, tak by to trvalo viac ako 45 minút. Tieto údaje nie sú vyslovene katastrofálne, avšak je potrebné poznamenať, že vybudovaná sieť takýchto nabíjačiek u nás nie je hustá a okrem toho aj samotné časté využívanie rýchlonabíjačiek nie je priaznivé pre životnosť batérie. Preto ďalšou možnosťou je dobíjanie automobilu doma, čo je síce lacnejšie i vhodnejšie pre batériu, no čas nabíjania sa predlžuje na 8 až 20 h v závislosti od výkonu nabíjačky, ktorá je využívaná. V porovnaní s tým, doplnenie nádrže pri vodíkovom pohone nezaberie viac času ako tankovanie benzínu či dieselu. Tým sa v tomto smere vodík úplne doťahuje na tzv. tradičné pohonné hmoty a je to ďalšou z výhod oproti pohonu na elektrickú energiu.

Hlavným dôvodom, prečo sa v posledných rokoch spoločnosť stále intenzívnejšie zaoberá novými alternatívnymi pohonmi je eliminácia produkcie CO<sub>2</sub>. Z hľadiska priamych emisií, teda emisií, ktoré vznikajú pri samotnej jazde, spaľovacie vozidlá jednoznačne zaostávajú. Porovnávaný Arteon produkuje 117g CO<sub>2</sub> za kilometer a Škoda až 140 g CO<sub>2</sub> za kilometer. Obe alternatívne varianty neprodukurujú žiadne CO<sub>2</sub>, ktoré by znečisťovalo okolité ovzdušie. V prípade vodíkoveho pohonu je jediným odpadom, ktorý automobil za jazdy vytvára vodná para a teplá vzdušná zmes. To znamená, že z výfukoveho potrubia vozidla vychádza voda, ktorá je v podstate čistá a neškodná pre životné prostredie.

Toyota Mirai je v porovnaní s ostatnými nami vybranými vozidlami tým najväčším, či už to je pri pohľade na dĺžku alebo výšku vozidla. Vo väčšine prípadov by to automaticky znamenalo aj výrazne väčší objem batožinoveho priestoru. No práve pri tomto parametri vodíkový pohon výrazne zaostáva za ostatnými či už alternatívnymi alebo tradičnými pohonmi. Zatiaľ čo má Mirai objem kufra 300 litrov, pri Model 3 aj Arteon je to približne 560 litrov a Superb má dokonca viac ako dvojnásobne väčší kufor až na úrovni 625 litrov. Tak obrovské rozdiely sú najmä z dôvodu umiestnenia palivových nádrží u vodíkových automobilov, ktoré musia byť dostatočne veľké, aby vozidlo bolo schopné prejsť dostatočné množstvo kilometrov. Našťastie technológie a výskum umožňujú ich neustále znižovanie pri narastajúcom objeme, a tak sa do budúcnosti predpokladá postupné približovanie sa až na úroveň ostatných pohonných hmôt. Bohužiaľ, prítomnosť palivových nádrží zvyšuje aj celkovú hmotnosť vozidla, ktorá je v prípade Toyoty 1930 kg, čo je o 25% viac ako v prípade Škody, ktorá váži len 1535 kg. V podaní konkurentov Volkswagen a Tesla ide v oboch prípadoch o hmotnosť na úrovni mierne vyššej oproti Škode, čo je 1664 kg resp. 1684 kg, no zároveň je to stále výrazne menej oproti váhe Toyoty.

#### 4.2.2 Porovnanie nákladov na 100 kilometrov

V nasledujúcej časti sme porovnávali náklady jednotlivých pohonov na prejdenú vzdialenosť 100 kilometrov. Práve v takomto pomere je možné čo najpresnejšie porovnať spotrebu. Tú sme vynásobili priemernou cenou paliva, vyplývajúcou z údajov Štatistického úradu za rok 2022. Pri elektromobile sme vychádzali z dát staníc ZSE ako hráča na trhu s najväčším počtom staníc, kde v tabuľke uvádzame priemernú cenu dobíjania bez členstva a z Greenway, kde rátame s cenou stredne rýchleho nabíjania. Taktiež je v tabuľke premietnutá aj možnosť nabíjania doma. Samozrejme, všetky ceny palív sa môžu meniť a závisia hneď od niekoľko premenných. Porovnáваме totožné vozidlá ako v predchádzajúcej tabuľke a neberieme v úvahu údržbové náklady a opotrebovanie automobilu.

Tabuľka 2: Porovnanie spotreby vybraných modelov

Model	Toyota Mirai	Tesla Model 3	Volkswagen Arteon 2,0 TDI BMT	Škoda Superb 2,0 TSI AP
Typ paliva	vodík	elektrina	nafta	benzín
Spotreba na 100km	0,76 kg	15 kWh	4,4 l	6,2 l
Cena paliva	15,40 €/kg	ZSE 0,49 €/kWh Greenway 0,65 €/kWh Doma 0,13 €/kWh	1,720 €/l	1,692 €/l
Cena na 100km	11,70 €	ZSE 7,35 € Greenway 9,75 € Doma 1,95 €	7,57 €	10,50 €

Zdroj: vlastné spracovanie podľa [www.mhsr.sk](http://www.mhsr.sk)

Na základe údajov v tabuľke vieme porovnať spotrebu jednotlivých druhov. V čase porovnania a v lokálnych podmienkach, na Slovensku, vychádza elektromobil ako najlepšia alternatíva. Ak by sme rátali s možnosťou iba nabíjania doma, cez noc, kedy auto aj tak nie je potrebné a jeho batériu to nepoškodzuje, stálo by nás doplnenie plnej nádrže, teda v tomto prípade nabitie necelé 2 eurá. V porovnaní s druhou najlacnejšou možnosťou, teda naftou, je takýto pohon jednoznačne výhodnejší, presne o 288%. Ak by sme však porovnávali cenu stredne rýchleho nabíjania v staniách Greenway, celková cena nabíjania je vyššia ako u naftového pohonu a približujúca sa benzínovému pohonu. Naopak, cena nabíjania u ZSE, teda na najrozšírenejších čerpacích staniách na Slovensku sa pohybuje na úrovni naftového paliva. Z nášho porovnania je jednoznačne najdrahšou alternatívou vodíkový pohon, pri ktorom je suma za 100km vyššia o viac ako 1€ oproti druhému, benzínovému modelu.

Taktiež je dôležité podotknúť, že cena vodíkového pohonu je výrazne nižšia v zahraničí, kde už je vybudovaná infraštruktúra a trhovú cenu je ovplyvnená aj existujúcou konkurenciou. Preto v porovnaní so Slovenskom je cena na Nemeckom trhu približne 9,50€/kg. V takom prípade by výsledná suma nášho testu bola namiesto 11,70€ iba 7,22€. To už je na nižšej úrovni ako je dobíjanie elektromobilu na staniách ZSE, pričom treba tiež brať do úvahy aj rýchlosť nabíjania, ktorá hrá v prospech vodíka. Ak by sme nebrali do úvahy domáce dobíjanie elektromobilu, v budúcnosti by bol práve vodíkový pohon najvýhodnejšou alternatívou z ekonomického i časového hľadiska.

### **4.3 Vodíková podpora**

Na úrovni vlád, odborníkov, či bežných spotrebiteľov sa najmä v posledných rokoch rozpráva čoraz intenzívnejšie o obrovskom prerode v automobilovom priemysle. Ide nielen o technologický pokrok v oblasti digitalizácie, využívania IT prvkov či AI ale predovšetkým je tlak na transformáciu na alternatívne pohony. Európska Únia vytvorila hneď niekoľko opatrení ako dosiahnuť zníženie emisií CO<sub>2</sub> či ako zabrániť resp. aspoň minimalizovať tvorbu škodlivých látok. Preto bol napríklad v roku 2020 zavedený limit pre výrobcov na priemerné emisie CO<sub>2</sub>. Ten bol stanovený na úroveň 95 g/km, čo predstavuje očividný pokles z predchádzajúcej hodnoty 130 g/km. (MHSR, 2014) No ešte výraznejším opatrením má byť tiež zákaz predaja vozidiel so spaľovacími motormi do roku 2035, s ktorým nie všetky krajiny EÚ úplne súhlasia. Práve preto, aby všetky podobné novinky v automobilovom priemysle nevyzerali len ako obmedzovanie výrobcov a spotrebiteľov, existuje hneď niekoľko foriem podpory či už zo strany Slovenskej republiky alebo EÚ. Práve týmto rôznym spôsobom podpory alternatívnych palív sa budeme venovať v nasledujúcich podkapitolách.

#### *4.3.1 Podpora zo strany Slovenskej republiky*

Z dôvodu zvýšenia záujmu a zlepšenia infraštruktúry na Slovensku bolo implementovaných niekoľko foriem podpory, ktoré sa prejavili v opatreniach Národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami. Tieto opatrenia zahŕňajú nielen finančné, ale aj nefinančné prvky.

### Stimulácia podpory predaja nízko emisných vozidiel

Bola poskytnutá podpora nákupu vozidiel s nízkymi emisiami prostredníctvom priamych finančných podnetov cez projekt celoštátnej podpory predaja elektromobilov a hybridných vozidiel.

### Podpora infraštruktúry alternatívnych palív

Medzi tieto formy patrí napríklad podpora výstavby a rozvoja dobíjacích staníc pre elektromobily, financovanie projektov využívania plynu ako alternatívneho paliva pre dopravu a podpora rozvoja vodíkových technológií alebo aj rôzne získavanie finančných prostriedkov z európskych fondov na podporu rozvoja infraštruktúry pre alternatívne palivá.

### Zníženie poplatku pri zápise do evidencie

Držiteľom motorových vozidiel kategórie M1 a N1 s alternatívnym pohonom (CNG, LNG, vodík a hybridné vozidlá) je umožnené získať zvýhodnenie poplatku za prvý zápis do evidencie vozidiel v Slovenskej republike. Konkrétne, poplatok sa zníži o 50 %, pričom minimálna hodnota zvýhodnenia je stanovená na 33 eur a uplatňuje sa pri zápise držiteľa vozidla s hybridným pohonom, hybridným elektrickým vozidlom, vozidlom s pohonom na stlačený zemný plyn (CNG), vozidlom s pohonom na skvapalnený zemný plyn (LNG) a vozidlom na vodíkový pohon.

### Zavádzanie nízko emisných zón

Podľa novely zákona o ovzduší z roku 2017 je v Slovenskej republike možné vytvoriť nízko emisné zóny, avšak len na základe súhlasného stanoviska cestného správneho orgánu - okresného úradu. Pred zriadením nízko emisnej zóny musí byť zabezpečená dostatočná príprava a odborná diskusia, pretože takéto riešenie si vyžaduje vypracovanie odbornej štúdie o realizovateľnosti nízko emisnej zóny. Zavádzanie nízko emisných zón má výhody ako pre mesto, tak aj pre majiteľov vozidiel s alternatívnymi pohonmi. V prvom rade tak dochádza k obmedzeniu znečistenia ovzdušia, no pre majiteľov to môže znamenať tiež oslobodenie od obmedzení vjazdu do vyznačenej zóny, rýchlejší a lepší prístup na vybrané cestné komunikácie či zvýhodnené alebo bezplatné parkovanie.

### Informovanie účastníkov premávky o staniciach

Systemy IDS by mali zabezpečiť, že účastníci cestnej premávky budú informovaní o umiestnení, type a vybavení nabíjacích a plniacich staníc. Na konci roku 2016 Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky spustilo portál "Národný systém dopravných informácií" ([www.odoprave.info](http://www.odoprave.info)), ktorý poskytuje aktuálne informácie o dopravnej situácii v krajine, a tiež informácie o špecifickom type a presnom umiestnení nabíjacích a plniacich staníc.

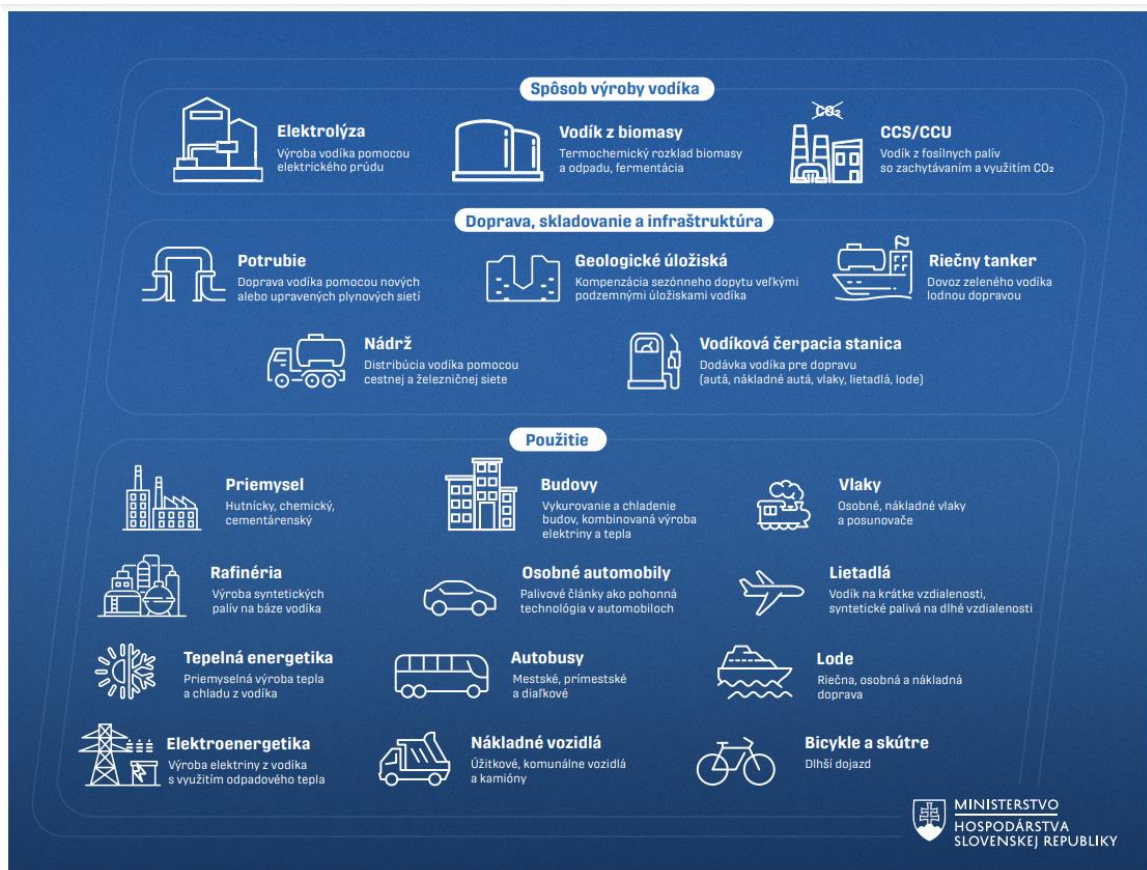
### Osveta v školstve

MŠVVaŠ podporuje rozšírenie a implementáciu inovatívnych a aktuálnych učebných osnov na SOŠ týkajúcich sa alternatívnych palív, elektromobility, elektrickej trakcie, ekologických vplyvov týchto palív a znižovania emisií, najmä CO<sub>2</sub> v ovzduší. Podporuje aj implementáciu nových osnov na vysokých školách a zavedenie duálneho vzdelávania v spolupráci s automobilovým priemyslom a súvisiacimi odvetvami na stredných školách. Tento prístup je súčasťou študijných programov príslušných technických odborov na VŠ, ako napríklad na Žilinskej univerzite, Slovenskej technickej univerzite v Bratislave a Technickej univerzite v Košiciach. (MHSR, 2014)

#### *4.3.2 Slovenská národná vodíková stratégia*

Národná vodíková stratégia pre Slovenskú republiku (NVS) určuje stratégiu štátu pri používaní vodíkových technológií v kontexte súčasného vývoja v krajinách EÚ, s cieľom zvýšiť konkurencieschopnosť ekonomiky Slovenska a prispieť k spoločnosti, ktorá bude uhlíkovo neutrálna a bude v súlade s rôznymi strategickými dokumentmi EÚ vrátane Parížskej dohody, ku ktorej sme sa ako krajina zaviazali. Stratégia objasňuje podmienky pre použitie vodíkových technológií, ktoré sa zlučujú s dlhodobým strategickým plánom rozvoja SR do roku 2030 až 2050. Do 2030 sa taktiež očakáva zníženie skleníkových plynov produkujúcich emisie v EÚ až o 55%. Navyše sa odporúča, aby sa vodíkové aktivity uskutočňovali v spolupráci s inými krajinami EÚ a tiež aj s ďalšími krajinami vo svete. Celonárodným záujmom je využívanie vodíka ako súčasť hospodárstva v Slovenskej republike. Zavedenie do praxe bude uskutočnené za pomoci spolupráce medzi vládou SR a jednotlivými trhovými subjektami ako je podnikateľská sféra, inštitúcie výskumu, vývoja a vzdelávania a tiež orgánmi samospráv.

Obrázok 8: Vodíková infraštruktúra



Zdroj: www.mhsr.sk

Prostredníctvom Národnej vodíkovej stratégie má vláda vytvoriť koherentný rámec so zameraním na využitie vodíka vo všetkých fázach, teda celom reťazci. To zahŕňa výrobu vodíka, prepravu, distribúciu a skladovanie, no tiež aj výrobu rôznych produktov, komponentov a technológií. Vláda SR má byť podľa NVS súčasťou:

- zavedenia opatrení na využívanie nízko uhlíkového (NU) vodíka a tiež jeho zlúčenín v rôznych druhoch dopravy,
- implementácie politik aplikácie NU vodíkových technológií v súvisiacich oblastiach národného hospodárstva,
- vypracovania noriem pre nižšie emisie CO<sub>2</sub> v kontexte celkového reťazca nízko uhlíkového vodíka,
- zavedenia terminológie i kritérií na hodnotenie a certifikáciu procesov a ich kvality v rámci celého životného cyklu využitia NU vodíka od výroby, cez prepravu až po distribúciu a využitie,
- zavedenia bezpečnostných predpisov, regulačných a legislatívnych opatrení

pre plynárenskú infraštruktúru, ktorá má na starosť všetky fázy práce s vodíkom od prepravy až po skladovanie,

- podpory vývoja, výskumu a inovácií technológií využívajúcich vodík.

V záujme zabezpečenia výroby dostatočného množstva na našom území, prípadne nákupu vodíka z krajín schopných vyrábať vodík s nižšími nákladmi, ako aj širokého využívania vodíka, je potrebné vládou SR prijať nasledovné opatrenia:

- vypracovanie politiky na stimuláciu dopytu, kde budú zahrnuté ciele dekarbonizácie pre sektory finálneho využitia vodíka,
- implementácia podporných opatrení zjednodušujúcich tvorbu inovatívnych produktov, priemyselných riešení i technológií pri výrobe a spracovaní vodíka,
- zameranie sa v strategických dokumentoch či vládnych politikách na scenáre výroby vodíka najmä z hľadiska dopadu na spotrebovanie elektrickej energie a tiež rozvoja energetickej infraštruktúry,
- vytvorenie podmienok, resp. úprava právneho rámcu na možnosť vydávania záruk pôvodu vodíku vyrobeného z obnoviteľných zdrojov energie v podobe samospotreby.

Pre Európsku úniu je vodíkový priemysel veľmi zaujímavým rýchlo rastúcim odvetvím. Aj z tohto dôvodu Európska komisia očakáva, že práve Európa bude vo svete lídrom vo využívaní zeleného vodíka. Preto boli na úrovni členských štátov zhrnuté finančné nástroje, ktoré majú podporiť uskutočniteľnosť stanovených cieľov NVS a to najmä týmito spôsobmi:

- Mechanizmom na podporu obnovy a odolnosti, ktorého zameraním sú investície a reformy kladúce dôraz na digitálnu a najmä zelenú ekonomiku,
- Fondami Európskej únie pre programové obdobie 2021 – 2027,
- Fondom na spravodlivú transformáciu, u nás spájaným predovšetkým s uhoľnými regiónmi ale tiež je jeho využiteľnosť v regiónoch s energeticky náročnejším priemyslom,
- Nástrojom pre strategické investície, ktorý má podporiť súkromné investície využitím pôsobnosti Európskej investičnej banky a národných bánk,

- Nástrojom na prepájanie Európy, ktorý zahŕňa granty na financovanie vodíkových čerpacích staníc, infraštruktúry, a tiež aj na rozvoj plynárenských sietí,
- Inovačným fondom ETS, ktorý je napojený na obchodovanie s emisiami a má podporiť investície do najnovších inovatívnych nízko uhlíkových technológií,
- Modernizačným fondom, ktorého zameranie je na investície smerujúce do modernizovania energetických systémov a aj zvyšovania energetickej efektívnosti,
- Cezhraničnými projektami IPCEI, ktoré EK považuje za dôležité prostredníctvom štátnej pomoci,
- Fondom InvestEU, kde 30% hodnoty má byť využitých na aktivity podporujúce riešenie klimatických zmien,
- Mechanizmom EÚ, slúžiacim na financovanie projektov využívajúcich energiu z obnoviteľných zdrojov, ktorý môže byť využitý na celoplošné zavedenie inovačných technológií,
- Envirofondom,
- Pomocou investičnej formy zo štátneho rozpočtu.

Ďalšou formou možnej podpory technologického rozvoja vodíka a jeho technológií majú byť podľa NVS nástroje vlády Slovenskej republiky. Aplikované môžu byť tieto politické opatrenia:

- Odstránenie legislatívnych obmedzení a zjednotenie noriem pri zavádzaní vodíkových riešení,
- Efektívne využívanie regulačných nástrojov,
- Podpora výskumu, vývoja a tak aj následného zdieľania získaných poznatkov pri aplikácii technológií využívajúcich vodík,
- Dlhodobé plánovanie a vysielanie signálov o takejto dlhodobej podpore, čo má za cieľ navýšiť dôveru investorov,
- Stimulácia komerčného dopytu po vodíkových riešeniach,
- Zavedenie opatrení so zámerom znížiť potenciálne riziká, ktoré by mohli vzniknúť pri používaní nových vodíkových technológií v akejkoľvek fáze životného cyklu vodíka,

- Odstraňovanie bariér a prijímanie rozhodnutí, ktoré majú znižovať ceny spotrebovanej vlastnej elektrickej energie. (MHSR, 2021)

### 4.3.3 Akčný plán k národnej vodíkovej stratégii

Zámerom vlády Slovenskej republiky je vytvoriť prostredie, ktoré uľahčí využívanie vodíkových technológií, ako je uvedené v Národnej vodíkovej stratégii, ktorá bola schválená uznesením vlády č. 356 z 23. júna 2021. Za týmto účelom bude vláda podporovať investície do udržateľného reťazca výroby modrého a zeleného vodíka, ktorý zahŕňa jeho výrobu, prepravu, skladovanie a využívanie. Okrem toho vláda vytvorí podmienky pre výskum a vývoj, medzinárodnú spoluprácu a marketing. Za realizáciu navrhovaných opatrení bude zodpovedné Ministerstvo Hospodárstva SR, ako aj ostatné ministerstvá uvedené v uznesení vlády. Na aplikácii sa budú podieľať organizácie a inštitúcie, ktoré sú uvedené vždy pri jednotlivých opatreniach. V nasledujúcej tabuľke je uvedená súhrnná finančná podpora vodíkového ekosystému pre jednotlivé oblasti. Návrh je naplánovaný až do roku 2030, pričom sa má akčný plán v rámci realizácie opatrení každoročne aktualizovať. (MHSR, 2021)

Tabuľka 3: Rozdelenie finančných prostriedkov podľa Akčného plánu NVS

OBLASTI	NÁKLADY (mil. €)
Vodíková misia klimaticky neutrálnej SR	6,5
Výroba Vodíka	340,0
Preprava, distribúcia a skladovanie vodíka	70,0
Využívanie vodíka	387,6
Úlohy výskumu a vývoja	137,7
Komunikačná stratégia a marketingové aktivity	13,2
<b>SPOLU</b>	<b>955,0</b>

Zdroj: vlastné spracovanie podľa [www.economy.gov.sk](http://www.economy.gov.sk)

Vyššie uvedená tabuľka zobrazuje, v akom pomere budú rozdelené finančné prostriedky na jednotlivé oblasti podpory vodíkových technológií v prostredí Slovenskej republiky do roku 2030. Z uvedeného možno skonštatovať, že najväčšia časť, dohromady až 90,6 % má byť využitých na výrobu vodíka, využívanie, výskum a vývoj vodíka. Je to logická možnosť, ktorá jasne vychádza z toho, v akom štádiu sa v rámci skúseností s vodíkom ako krajina nachádzame. Výrazne menšia časť bola určená na podporu

marketingu a komunikácie, resp. stratégie komunikácie vodíka, ktorý sa musí dostať do povedomia aj bežných obyvateľov, aby prišlo ku zvýšenému záujmu a dôvere v novú technológiu.

Obrázok 9: **Indikatívne vodíkové ciele 2030**



Zdroj: [www.economy.gov.sk](http://www.economy.gov.sk)

Diagram Indikatívne vodíkové ciele na obdobie 2021 až 2030 zobrazuje ciele, ktoré chce Slovensko za pomoci vykonania konkrétnych vodíkových opatrení v stanovenom období dosiahnuť. Je rozdelený do štyroch častí a zhodnocuje výrobu, spotrebu, infraštruktúru a plánované finančné výdavky na realizáciu projektov.

Na to, aby bol akčný plán skutočným plánom s konkrétnymi cieľmi, musí obsahovať presný štruktúrovaný zoznam jasne definovaných krokov a spôsobov, akými majú byť ciele dosiahnuté. Tento zoznam obsahuje 37 opatrení, ktoré sú rozložené do špecifických kategórií podľa toho, do ktorej fázy narábania s vodíkom dané opatrenie spadá. Prehľadná tabuľka so všetkými opatreniami je priložená nižšie.

## Obrázok 10: Zoznam opatrení realizovaných v rámci Akčného plánu NVS

<p><b>A: VODÍKOVÁ MISIA KLIMATICKY NEUTRÁLNEJ SR</b></p> <p>Opatrenie 1 Cestovná mapa opatrení na dosiahnutie uhlíkovej neutrality SR</p> <p>Opatrenie 2 Národný projekt „Zlepšenie verejných politík, inovačnej kapacity a podpora partnerstva vo využívaní vodíka v SR“</p> <p><b>A1: LEGISLATÍVNE A NORMATÍVNE PROSTREDIE</b></p> <p>Opatrenie 3 Analýza súčasnej legislatívy pre vodíkové technológie a vypracovanie návrhov na jej aktualizáciu.</p> <p>Opatrenie 4 Identifikácia technických noriem pre vodíkové technológie</p> <p>Opatrenie 5 Transpozícia záruk pôvodu vodíka</p> <p><b>B: HODNOTOVÝ REŤAZEC VODÍKA</b></p> <p>Opatrenie 6 Koordinačné centrum vodíkových technológií SR</p> <p>Opatrenie 7 Podpora Dôležitých projektov spoločného európskeho záujmu (IPCEI)</p> <p><b>B1: VÝROBA VODÍKA</b></p> <p>Opatrenie 8 Podpora pilotných projektov výroby vodíka</p> <p>Opatrenie 9 Legislatívny rámec a regulačný mechanizmus na podporu výroby elektrickej energie z obnoviteľných a nízkouhlíkových zdrojov pre výrobu vodíka</p> <p>Opatrenie 10 Podporné schémy na výrobu vodíka na báze obnoviteľných a nízkouhlíkových zdrojov</p> <p>Opatrenie 11 Obstaranie a inštalácia elektrolyzérův a dedikovaných OZE</p> <p>Opatrenie 12 Obstaranie a inštalácia zariadení na výrobu vodíka z odpadu a biomasy</p> <p><b>B2: PREPRAVA, DISTRIBÚCIA A SKLADOVANIE VODÍKA</b></p> <p>Opatrenie 13 Preprava, distribúcia a skladovanie vodíka</p> <p>Opatrenie 14 Veľkoobjemové úložiská pre vodík a oxid uhličitý</p> <p><b>B3: VYUŽÍVANIE VODÍKA</b></p> <p>Opatrenie 15 Podpora pilotných projektov využitia vodíka</p> <p><b>B3a: VYUŽÍVANIE VODÍKA V ENERGETIKE</b></p> <p>Opatrenie 16 Využívanie vodíka v energetike a obehovej ekonomike</p> <p>Opatrenie 17 Využívanie vodíka pre stabilizáciu elektrizačnej sústavy</p>	<p><b>B3b: VYUŽÍVANIE VODÍKA V PRIEMYSLE</b></p> <p>Opatrenie 18 Nástroje na podporu nahradenia využívania sivého vodíka zeleným alebo modrým vodíkom</p> <p>Opatrenie 19 Nástroje na podporu rozvoja nových priemyselných odvetví využívajúcich vodík</p> <p><b>B3c: VYUŽÍVANIE VODÍKA V DOPRAVE</b></p> <p>Opatrenie 20 Podpora nákupu autobusův a osobných vozidiel</p> <p>Opatrenie 21 Podpora nákupu a prevádzky úžitkových vozidiel</p> <p>Opatrenie 22 Obstaranie alebo prenájom vodíkových vlakových súprav</p> <p>Opatrenie 23 Infraštruktúra pre využívanie vodíka v doprave</p> <p>Opatrenie 24 Systémy integrovanej dopravy s využitím vodíkových technológií</p> <p><b>C: ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA</b></p> <p>Opatrenie 25 Centrum výskumu vodíkových technológií v Košiciach</p> <p>Opatrenie 26 Finančná podpora výskumu a vývoja</p> <p>Opatrenie 27 Vytváranie a realizovanie opatrení na zapojenie sa slovenských inovatívnych firiem a inštitúcií do medzinárodných štruktúr využívania vodíka.</p> <p>Opatrenie 28 Modernizácia a vývoj železničného vozidla s vodíkovým pohonom</p> <p>Opatrenie 29 Vývoj automobilův a autobusův s vodíkovým pohonom</p> <p>Opatrenie 30 Vývoj lodí a špeciálnych leteckých aplikácií s vodíkovým pohonom</p> <p>Opatrenie 31 Vývoj a výroba vodíkových komponentův</p> <p>Opatrenie 32 Vodíkové technológie vo vzdelávaní</p> <p>Opatrenie 33 Bezpečnosť využívania vodíkových technológií ako súčasť výskumných aktivít</p> <p>Opatrenie 34 Podpora startup a spinoff firiem v rámci vodíkoveho ekosystému</p> <p><b>D: KOMUNIKAČNÁ STRATÉGIA A MARKETINGOVÉ AKTIVITY</b></p> <p>Opatrenie 35 Komunikačná stratégia pozitívnej prezentácie vodíkových technológií</p> <p>Opatrenie 36 Presadzovanie záujmov slovenského vodíkoveho ekosystému a prepájanie zainteresovaných</p> <p>Opatrenie 37 Rozšírenie pôsobnosti regionálnych centier</p>
--	--

Zdroj: [www.economy.gov.sk](http://www.economy.gov.sk)

## Obrázok 11: Harmonogram realizácie opatrení z Akčného plánu NVS

Zoznam opatrení	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Opatrenie	Názov opatrenia	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>A: VODÍKOVÁ MISIA KLIMATICKY NEUTRÁLNEJ SR</b>										
Opatrenie 1	Cestovná mapa opatrení na dosiahnutie uhlíkovej neutrality SR									
Opatrenie 2	Národný projekt „Zlepšenie verejných politík, inovačnej kapacity a podpora partnerstva vo využívaní vodíka v SR“									
<b>A1: LEGISLATÍVNE A NORMATÍVNE PROSTREDIE</b>										
Opatrenie 3	Analýza súčasnej legislatívy pre vodíkové technológie a vypracovanie návrhov na jej aktualizáciu.									
Opatrenie 4	Identifikácia technických noriem pre vodíkové technológie									
Opatrenie 5	Transpozícia záruk pôvodu vodíka									
<b>B: HODNOTOVÝ REŤAZEC VODÍKA</b>										
Opatrenie 6	Koordinačné centrum vodíkových technológií SR									
Opatrenie 7	Podpora Dôležitých projektův spoločného európskeho záujmu (IPCEI)									
<b>B1: VÝROBA VODÍKA</b>										
Opatrenie 8	Podpora pilotných projektův výroby vodíka									
Opatrenie 9	Legislatívny rámec a regulačný mechanizmus na podporu výroby elektrickej energie z obnoviteľných a nízkouhlíkových zdrojův pre výrobu vodíka									
Opatrenie 10	Podporné schémy na výrobu vodíka na báze obnoviteľných a nízkouhlíkových zdrojův									
Opatrenie 11	Obstaranie a inštalácia elektrolyzérův a dedikovaných OZE									
Opatrenie 12	Obstaranie a inštalácia zariadení na výrobu vodíka z odpadu a biomasy									
<b>B2: PREPRAVA, DISTRIBÚCIA A SKLADOVANIE VODÍKA</b>										
Opatrenie 13	Preprava, distribúcia a skladovanie vodíka									
Opatrenie 14	Veľkoobjemové úložiská pre vodík a oxid uhličitý									
<b>B3: VYUŽÍVANIE VODÍKA</b>										
Opatrenie 15	Podpora pilotných projektův využitia vodíka									
<b>B3a: VYUŽÍVANIE VODÍKA V ENERGETIKE</b>										
Opatrenie 16	Využívanie vodíka v energetike a obehovej ekonomike									
Opatrenie 17	Využívanie vodíka pre stabilizáciu elektrizačnej sústavy									
<b>B3b: VYUŽÍVANIE VODÍKA V PRIEMYSLE</b>										
Opatrenie 18	Nástroje na podporu nahradenia využívania sivého vodíka zeleným alebo modrým vodíkom									
Opatrenie 19	Nástroje na podporu rozvoja nových priemyselných odvetví využívajúcich vodík									
<b>B3c: VYUŽÍVANIE VODÍKA V DOPRAVE</b>										
Opatrenie 20	Podpora nákupu autobusův a osobných vozidiel									
Opatrenie 21	Podpora nákupu a prevádzky úžitkových vozidiel									
Opatrenie 22	Obstaranie alebo prenájom vodíkových vlakových súprav									
Opatrenie 23	Infraštruktúra pre využívanie vodíka v doprave									
Opatrenie 24	Systémy integrovanej dopravy s využitím vodíkových technológií									
<b>C: ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA</b>										
Opatrenie 25	Centrum výskumu vodíkových technológií v Košiciach									
Opatrenie 26	Finančná podpora výskumu a vývoja									
Opatrenie 27	Vytváranie a realizovanie opatrení na zapojenie sa slovenských inovatívnych firiem a inštitúcií do medzinárodných štruktúr využívania vodíka.									
Opatrenie 28	Modernizácia a vývoj železničného vozidla s vodíkovým pohonom									
Opatrenie 29	Vývoj automobilův a autobusův s vodíkovým pohonom									
Opatrenie 30	Vývoj lodí a špeciálnych leteckých aplikácií s vodíkovým pohonom									
Opatrenie 31	Vývoj a výroba vodíkových komponentův									
Opatrenie 32	Vodíkové technológie vo vzdelávaní									
Opatrenie 33	Bezpečnosť využívania vodíkových technológií ako súčasť výskumných aktivít									
Opatrenie 34	Podpora startup a spinoff firiem v rámci vodíkoveho ekosystému									
<b>D: KOMUNIKAČNÁ STRATÉGIA A MARKETINGOVÉ AKTIVITY</b>										
Opatrenie 35	Komunikačná stratégia pozitívnej prezentácie vodíkových technológií									
Opatrenie 36	Presadzovanie záujmov slovenského vodíkoveho ekosystému a prepájanie zainteresovaných									
Opatrenie 37	Rozšírenie pôsobnosti regionálnych centier									

Zdroj: [www.economy.gov.sk](http://www.economy.gov.sk)

V našom prípade sme sa zamerali iba na opatrenia týkajúce sa dopravy a komunikačnej stratégie, nakoľko tie priamo vystihujú podstatu práce a štúdiá. Kategória využívanie vodíka v doprave obsahuje 5 opatrení a kategória komunikačná stratégia a marketingové aktivity 3 opatrenia, ktoré si detailne priblížime.

### Podpora nákupu autobusov a osobných vozidiel

Finančná podpora na nákup ako osobných vozidiel, tak aj autobusov. Príprava nefinančnej podpory, resp. opatrení na podporu uvedenia vodíkových vozidiel a hlavne autobusov do prevádzky. Využívanie pohonov na vodík v integrovanej doprave v rámci regiónov.

Cieľom tohto opatrenia je vytvorenie motivačného prostredia pre dekarbonizáciu foriem dopravy, konkrétne individuálnej osobnej i verejnej. Predbežným termínom implementácie opatrenia je 3Q 2023 a zodpovedá zaň MH SR.

### Podpora nákupu a prevádzky úžitkových vozidiel

Implementácia rôznych sadzieb mýta pre nákladné vozidlá v závislosti od emisií CO<sub>2</sub>, v zhode s návrhom Smernice 1999/62/ES, 1999/37/ES a (EÚ) 2019/520 Európskeho parlamentu a Rady v prípade poplatkov za využívanie vozidlom vybranej infraštruktúry v doprave.

Cieľom tohto opatrenia je vytvorenie podmienok, ktoré umožnia nákup a prevádzku nákladných úžitkových vozidiel a strojov s vodíkovým pohonom s nízkymi emisiami. Termín nie je presne určený MH SR, nakoľko je daný lehotami uvedenými priamo v smernici. Zodpovedným za implementáciu tohto opatrenia je MDaV SR.

### Obstaranie alebo prenájom vodíkových vlakových súprav

Po vyhodnotení možnosti použitia vodíkových vlakov na určitých tratiach bude umožnená finančná podpora prenájomu vlakových súprav s vodíkovým pohonom spolu s prevádzkovateľmi osobnej železničnej dopravy, komunálnymi a regionálnymi orgánmi. Finančná podpora sa poskytne aj pri nákupe vodíkových vlakových súprav do vlastníctva MDaV SR, ktoré je zodpovedné za objednávku verejných prepravných služieb v súlade s verejnými súťažami na nových dopravcov na vhodných vodíkových tratiach.

Cieľom tohto opatrenia je preveriť možný potenciál využitia, resp. prevádzkovania železničných súprav s vodíkovým pohonom na zvolených tratiach. Implementácia opatrenia je určená na 4Q 2024 a zodpovedá zaň MDaV SR.

### Infraštruktúra pre využívanie vodíka v doprave

Za pomoci špeciálnej finančnej schémy podporenie výstavby počiatkovej infraštruktúry v rôznych oblastiach Slovenskej republiky. Uprednostňovanie lokalizácie

čerpacích staníc alebo palivových systémov podľa potreby vodíka pre nové flotily vodíkových vozidiel a mobilnej techniky na významných dopravných ťahoch, prevádzkach, či uzloch a letiskách.

Ako cieľ tohto opatrenia je stanovené vystavať a zabezpečiť dostatočne hustú sieť čerpacích staníc a celkovú infraštruktúru pre bezproblémové využívanie vodíkových vozidiel. Konkrétne je požadované vytvoriť v tomto roku 3 verejné stanice, do 2025 minimálne 8 a do 2030 aspoň 25 takýchto staníc. Zodpovedným orgánom je MH SR.

#### Systém integrovanej dopravy s využitím vodíkových technológií

Využívanie vodíka v systémoch integrovanej dopravy v regiónoch. Cieľom je komplexne využiť prostriedky mobility a rozšírenia infraštruktúry poháňanej vodíkom v takých oblastiach Slovenska, kde alternatívne formy predstavujú najideálnejšie riešenia. Ide o formu prepojenia špecifických druhov verejnej dopravy, predovšetkým regionálnej osobnej, autobusovej, lodnej a železničnej dopravy. Implementácia je 3Q 2023 a zodpovedným orgánom je MDaV SR.

#### Komunikačná stratégia pozitívnej prezentácie vodíkových technológií

Komunikačný plán definuje rolu vodíka pri dosahovaní cieľov v oblasti klímy a prechodu na nízko uhlíkové hospodárstvo. Aby sa propagácia iniciatív a úspešných projektov zameraných na vodík v oblasti vedy a priemyslu podporila, budú využité nástroje, ktoré pomôžu akceptácii vodíka, verejné objednávky sa tak rozšíria a podporí sa záujem o štúdium v oblasti odborov zahŕňajúci vodíkový ekosystém.

Cieľom je vypracovanie a uvedenie komunikačnej vodíkovej stratégie na Slovensku do praxe. Požadovaným výsledkom tohto opatrenia je dosiahnutie akceptácie v takej forme, že budú vodíkové riešenia zavádzané do života v spoločnosti a bude tiež vytvorený pozitívny obraz o Slovensku, ktoré chce byť vnímané ako krajina so záujmom o uhlíkovú neutralitu. Implementácia má byť už v 1Q 2023 a spadá pod kompetencie MH SR v spolupráci so SARIO a SIEA.

#### Presadzovanie záujmov slovenského vodíkového ekosystému a prepájanie zainteresovaných

Organizácia a podpora pri organizovaní podujatí s odborníkmi z domáceho i medzinárodného prostredia s možnosťou následnej spolupráce v oblasti budovania

vodíkovej infraštruktúry, sieťovania, inovačnej výkonnosti a technologického developmentu. Tiež podpora slovenských zástupcov a odborníkov z vodíkoveho sektora na aktivitách v zahraničí.

Cieľom je prezentácia Slovenskej republiky ako spoľahlivého a dôležitého hráča na medzinárodnej úrovni najmä v oblasti transformácie hospodárstva aktívne pracujúceho s vodíkovými systémami pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality do 2050. Zodpovedným za realizáciu opatrenia je MH SR.

#### Rozšírenie pôsobnosti regionálnych centier

Rozšírenie a podpora inkubátorov, ako podnikateľských, tak aj technologických na regionálnej úrovni. Taktiež podpora rozvoja centier SIEA, ktoré slúžia ako informačný bod pre verejnosť.

Cieľom je motivácia spoločnosti k akceptácii a využívaniu vodíkových technológií pre rozvoj vodíkovej infraštruktúry a rozvoj Slovenska v oblasti práce s vodíkovými technológiami. Implementácia je od 1Q 2023 pod záštitou MH SR v spolupráci s SIEA.

Akčný plán k NVS obsahuje aj vybrané pripravované projekty súkromných subjektov a ich projektov v oblasti vodíkoveho ekosystému v rámci SR. Tieto projekty sú rozdelené do skupín výroba vodíka, preprava distribúcia a skladovanie, vodíkové čerpace stanice, spotreba vodíka v priemysle a spotreba vodíka v doprave. Nižšie sú zobrazené projekty týkajúce sa priamo našej práce, teda témy čerpace stanice na vodík a spotreba vodíka v doprave. (MHSR, 2021)

## Obrázok 12: Výber z pripravovaných projektov vodíkového reťazca v SR

### Čerpacie stanice na vodík

SPP, a. s.	Výroba, distribúcia vodíka a výstavba čerpacích staníc na vodík
ORLEN Unipetrol Slovakia s.r.o.	Výroba, distribúcia vodíka a výstavba čerpacích staníc na vodík
Slovnaft, a.s.	Distribúcia vodíka a výstavba čerpacích staníc na vodík
SHELL Slovakia, s.r.o.	Distribúcia vodíka a výstavba čerpacích staníc na vodík
Benzina, s.r.o.	Výroba, distribúcia vodíka a výstavba čerpacích staníc na vodík

### Spotreba vodíka v doprave

Druh dopravy	Subjekty a záujmy v oblasti vodíka
Autobusová doprava	VÚC - Košice 50 ks minibusov, Bratislava, Trnava, Žilina, Trenčín Mestá - Bratislava, 40ks autobusov, Trenčín, Prievidza, Trnava, Piešťany
Železničná doprava	ZSSK, Alstom, ŽOS Vrútky, ŽOS Zvolen. Prevádzka 12 vodíkových jednotiek na trati Nové Zámky - Prievidza. Úprava dizel-motorových jednotiek na vodíkové, úprava dizelových lokomotív na vodíkové
Kamiónová doprava	Bioway, Farmafresh - prevádzka flotíl diaľkovej a "last-mile" nákladnej dopravy
Letecká doprava	Tomark - vývoj a výroba VTOL (Vertical Take-off and Landing Aircraft)

Zdroj: [www.economy.gov.sk](http://www.economy.gov.sk)

### 4.3.4 Európska vodíková stratégia

Stratégia EÚ pre vodík podporuje výrobu čistého vodíka v Európe. Vodík môže byť použitý ako surovina, palivo alebo nosič energie a má mnoho možností na využitia, ktoré by znížili emisie skleníkových plynov v priemysle, doprave, energetike a stavebníctve. Plán hospodárskej obnovy EK „Next Generation EU“ vyzdvihuje vodík ako investičnú prioritu na podporu hospodárskeho rastu a odolnosti, vytváranie miestnych pracovných miest a upevnenie celosvetového vedúceho postavenia EÚ. (European Commission, 2020) Vodíková stratégia pre klimaticky neutrálnu Európu bola prijatá v júli 2020 a do prvého kvartálu 2022 bolo implementovaných a doručených všetkých jej 20 akčných bodov, ktoré sú spísané nižšie:

#### Investičný program pre EÚ

- Prostredníctvom Európskej aliancie čistého vodíka vypracovať investičnú agendu na stimuláciu šírenia výroby a využívanie vodíka a vybudovať konkrétny rad projektov,
- Podporovať strategické investície do čistého vodíka v kontexte Plánu obnovy EK, najmä prostredníctvom strategického európskeho investičného okna InvestEU.

### Zvyšovanie dopytu po produkcii a jej rozširovanie

- Navrhnuť opatrenia na uľahčenie používania vodíka a jeho derivátov v odvetví dopravy v pripravovanej stratégii EK pre udržateľnú a inteligentnú mobilitu a v súvisiacich politických iniciatívach,
- Preskúmať dodatočné podporné opatrenia vrátane politík na strane dopytu v sektoroch konečného využitia pre obnoviteľný vodík vychádzajúc z existujúcich ustanovení smernice o energii z obnoviteľných zdrojov,
- Pracovať na zavedení spoločného nízkouhlíkového prahu/normy na podporu zariadení na výrobu vodíka na základe ich emisií skleníkových plynov počas celého životného cyklu,
- Pracovať na zavedení komplexnej terminológie a celoeurópskych kritérií pre certifikáciu obnoviteľného a nízkouhlíkového vodíka,
- Vypracovať pilotnú schému – najlepšie na úrovni EÚ – pre program Carbon Contracts for Difference, najmä na podporu výroby nízkouhlíkovej a kruhovej ocele a základných chemikálií.

### Navrhovanie umožňujúceho a podporného rámca

- Z začať plánovanie vodíkovej infraštruktúry vrátane transeurópskych sietí pre energetiku a dopravu a desaťročných plánov rozvoja siete s prihliadnutím aj na plánovanie siete čerpacích staníc,
- Urýchliť zavádzanie rôznych tankovacích infraštruktúr v rámci revízie smernice o infraštruktúre pre alternatívne palivá a revízie nariadenia o transeurópskej dopravnej sieti,
- Navrhnuť umožňujúce trhové pravidlá pre zavádzanie vodíka vrátane odstránenia prekážok pre efektívny rozvoj vodíkovej infraštruktúry a zabezpečiť prístup na likvidné trhy pre výrobcov a zákazníkov vodíka a integritu vnútorného trhu s plynom prostredníctvom nadchádzajúcich legislatívnych revízií (napr. pre konkurenčné trhy s dekarbonizovaným plynom),
- Spustiť 100 MW elektrolyzér a výzvu na predkladanie návrhov pre zelené letiská a prístavy ako súčasť výzvy European Green Deal v rámci programu Horizont 2020,

- Založiť navrhované partnerstvo pre čistý vodík so zameraním na výrobu, skladovanie, prepravu, distribúciu obnoviteľného vodíka a kľúčové komponenty pre prioritné konečné použitie čistého vodíka za konkurencieschopnú cenu,
- Riadiť vývoj kľúčových pilotných projektov, ktoré podporujú vodíkové hodnotové reťazce, v koordinácii s plánom SET,
- Uľahčiť demonštráciu inovatívnych technológií založených na vodíku prostredníctvom vyhlasovania výziev na predkladanie návrhov v rámci inovačného fondu ETS,
- Vyhlásiť výzvu na pilotnú akciu o medziregionálnej inovácii v rámci politiky súdržnosti o vodíkových technológiách v regiónoch s vysokými emisiami uhlíka.

#### Medzinárodný rozmer

- Posilniť vedúce postavenie EÚ na medzinárodných fórach pre technické normy, predpisy a definície vodíka,
- Rozvinúť vodíkovú misiu v rámci ďalšieho mandátu Mission Innovation (MI2),
- Podporovať spoluprácu s partnermi z južného a východného susedstva a krajinami Energetického spoločenstva, najmä s Ukrajinou, v oblasti obnoviteľnej elektriny a vodíka,
- Nastaviť proces spolupráce v oblasti obnoviteľného vodíka s Africkou úniou v rámci afro-európskej iniciatívy pre zelenú energiu,
- Vytvorenie benchmarku pre transakcie v eurách. (European Commission, 2020)

#### **4.4 Vodíková situácia v cestnej doprave v zahraničí**

Na to, aby sme vedeli povedať ako vyzerá vodíková situácia na Slovensku, je nevyhnutné ju porovnať s inými krajinami. Pre toto porovnanie sme si vybrali Japonsko ako svetového lídra v počte predaných vodíkových automobilov v krajine, čo úzko súvisí s jeho vybudovanou vodíkovou infraštruktúrou a podporou vedy a výskumu či výroby. Okrem Japonska sme tiež porovnali Slovensko s krajinami V4, ktoré sú nám podobnejšie vo

viacerých smeroch. Po takomto porovnaní bolo možné určiť momentálnu situáciu i pravdepodobný vývoj v porovnaní s inými krajinami.

#### *4.4.1 Japonsko*

O vodíku sa čoraz viac hovorí ako o sľubnom palive pre dopravu a Japonsko je v tejto oblasti na čele jeho využitia. Japonsko si stanovilo ambiciózne cieľ dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2050 a vodík je považovaný za kľúčový komponent jeho stratégie na zníženie emisií skleníkových plynov.

Japonsko má dnes najväčšiu flotilu vozidiel s vodíkovými palivovými článkami na svete s viac ako 3 400 vozidlami na cestách v roku 2019. (Buckland, 2019) Japonská vláda tiež buduje sieť vodíkových čerpacích staníc, aby podporila rastúci počet vodíkových automobilov na cestách. Podľa Ministerstva hospodárstva, obchodu a priemyslu Japonska bolo v roku 2021 v Japonsku viac ako 110 vodíkových čerpacích staníc. Závazok Japonska k vodíku v doprave presahuje súčasný stav priemyslu. Vláda si stanovila ambiciózne cieľ mať v krajine do roku 2030 aspoň 800 000 vodíkových automobilov a 900 čerpacích staníc na vodík. (Challenge Zero, 2020) Na dosiahnutie tohto cieľa vláda spustila novú stratégiu s názvom Stratégia zeleného rastu prostredníctvom dosiahnutia uhlíkovej neutrality v roku 2050. Stratégia načrtáva celý rad opatrení na podporu rozvoja a nasadenia vodíka v doprave, vrátane rozšírenia siete staníc, poskytovania dotácií na výstavbu staníc a podporu používania vodíka v ťažkých nákladných vozidlách a autobusoch, ďalej tiež podpory vývoja systémov palivových článkov pre námorné plavidlá a lietadlá, podpory využívania vodíka ako suroviny na výrobu amoniaku, ktorý možno použiť ako palivo pre lode a výrobu energie a iné. (METI, 2022)

#### *4.4.2 Krajiny V4*

V tejto časti sa zameriame na porovnanie krajín V4, teda Slovenskej republiky, Českej republiky, Maďarska a Poľska z hľadiska niekoľkých číselných údajov. Tieto krajiny boli vybrané práve z dôvodu podobnosti trhov, ekonomiky i pozície v rámci EU. Ide teda o porovnanie rovnocenných jednotiek, ktoré nám dáva možnosť vytvorenia tzv. benchmarku, teda určenia pozície na trhu voči ostatným subjektom.

Tabuľka 4: **Porovnanie vodíkovej situácie v krajinách V4**

	Slovensko	Česko	Poľsko	Maďarsko
Počet osobných vodíkových automobilov	3	12	115	0
Počet vodíkových čerpacích staníc	1	5	9	1
Plánovaný počet vodíkových čerpacích staníc do 2030	25	80	100	20

Zdroj: vlastné spracovanie podľa [www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu](http://www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu),  
[www.h2stations.org](http://www.h2stations.org)

Tabuľka nám zobrazuje údaje o počte už vybudovaných vodíkových staníc a počte plánovaných staníc, ktoré by mali byť dobudované do roku 2030. V každom z týchto prípadov ide o údaje z vodíkoveho plánu danej krajiny. V aktuálnom počte vozidiel v premávke je na tom jednoznačne najlepšie Poľsko, ktoré má napriek svojej veľkosti výrazne viac predaných automobilov aj po prepočte na obyvateľa. Podobne tak je na prvom mieste aj v počte čerpacích staníc, ktorých má najviac spomedzi krajín V4, a to 9. Avšak tu ak prepočítame stanice na obyvateľa, je na tom výrazne lepšie Česká republika. Aj vzhľadom k plánom do roku 2030 je plánovaná vybudovaná sieť čerpacích staníc v Českej republike výrazne vyššia. V roku 2030 by malo v CZ po prepočte pripadať na 1 čerpaciu stanicu 985 km<sup>2</sup>, u nás by to malo byť 1961 km<sup>2</sup>, v Maďarsku 4651 km<sup>2</sup> a v Poľsku 3225 km<sup>2</sup>. V prípade, že sa bude vyvíjať všetko podľa stanovených plánov, tak v roku 2030 bude mať najhustejšiu sieť vodíkových čerpacích staníc práve Česká republika nasledovaná Slovenskom. Samozrejme, tiež je dôležité spomenúť, že sa kontinuálne s výstavbou čerpacích staníc musí vyvíjať aj predaj vodíkových automobilov, v opačnom prípade môže dôjsť k spomalenému rozvoju. Finančná i nefinančná podpora sa naprieč krajinami líši, no v zásade sú všetky opatrenia veľmi podobného charakteru a krajiny V4 tak preukazujú zjavný záujem sa rozvíjať v oblasti vodíkovej transformácie.

#### **4.5 Slovenská výroba vodíkových vozidiel**

Slovensko sa vodíkovou problematikou zaoberá, čo možno pozorovať aj na záujme o túto tému v sektore štátnom, súkromnom i vedeckom. Viacero odborníkov vidí vo vodíkovom pohone budúcnosť, a preto snaží zvýrazniť postavenie Slovenska v tejto expertíze a pripraviť tak automobilovú krajinu na prípadnú transformáciu. Investície do vedy, výskumu a vývoja sú nesmierne dôležité pre ďalší vývoj, a tak sa univerzity i súkromné spoločnosti spojili na vytvorenie hneď niekoľko prototypov, ktoré majú menšiu či väčšiu šancu na využitie v praxi v budúcnosti. Okrem spomínaných spoluprác bolo v roku 2020 v spolupráci medzi univerzitami TUKE, UPJŠ a štátnou SAV vytvorené Centrum

výskumu vodíkových technológií v Košiciach. Toto centrum má za úlohu posilniť schopnosti Slovenska na globálnom rozvoji vodíkových technológií, inovácií a držať krok s novými trendmi. Tiež memorandum o tejto spolupráci predpokladá postupné zaradenie tejto témy medzi výrazné prvky, ktoré majú dopomôcť akcelerácii slovenskej ekonomiky. (TUKE, 2020)

#### 4.5.1 Športový automobil MH2

Slovensko ako automobilová veľmoc na známom EXPO Dubai 2020 predstavilo svoj vlastný športový vodíkový automobil MH2, ktorý vznikol po spolupráci medzi Strojníckou fakultou Technickej Univerzity v Košiciach a súkromnou spoločnosťou MATADOR Group. Tento automobil poháňajú štyri elektromotory, ktoré sú hnané palivovými článkami. Zaujímavým riešením je tiež využitie nízko tlakových nádrží na vodík, ktoré nemusia byť natlakované na 350 – 700 barov ako to býva v prípade iných vozidiel ale iba na minimalistických 10 až 30 barov. Zrýchlenie z 0 na 100 km/h tohto športového vozidla je za necelé 4 sekundy a dokáže ísť rýchlosťou až 250 km/h. Výkonný motor obsahuje 600 koní a celý dizajn auta je vytvorený v aerodynamickom prevedení, čo potvrdzuje nízky koeficient odporu vzduchu na úrovni 0,2. (MATADOR Group, 2022)

Obrázok 13: Slovenský vodíkový automobil MH2



Zdroj: [www.mh2.eu](http://www.mh2.eu), [www.mojelektromobil.sk](http://www.mojelektromobil.sk)

#### 4.5.2 Vodíkový mikrobús od Rošero – P

Okrem superšportového automobilu MH2, Slovensko predstavilo na EXPO Dubai 2020 aj ďalšie vozidlo s vodíkovým pohonom. Išlo o autobus MH2, ktorý vznikol ako spoločný projekt zastúpený Strojníckou fakultou Technickej Univerzity v Košiciach a spoločnosti Rošero-P zo Spišskej Novej Vsi. Tento prototyp stojí na základoch Iveco Daily, pričom disponuje sedadlami pre 12 osôb a uvádzaný je dojazd 200 km. Výrobcovia sa snažili

dbať na zvýšenú bezpečnosť, a preto je toto vozidlo vybavené nízkotlakovou metalhydridovou nádržou, ktorá má znižovať možnosť explózie. Nakoľko ide o malý autobus, jeho využitie by bolo primárne na menej frekventovaných linkách. (Procházka, 2021)

Obrázok 14: Slovenský vodíkový mikrobus od Rošero-P



Zdroj: [www.busportal.cz](http://www.busportal.cz)

#### 4.5.3 Vodíkový midibus od Mobility & Innovation Production

Vlastný vývoj a iniciatíva vo vodíkových témach na Slovensku neutíchla ani po svetovej výstave, kde to bola jedna z našich hlavných tém. Práve naopak, stále sa súkromný sektor v spolupráci s vedeckou sekciou snaží o ďalší rozvoj vo vodíkovej oblasti. Príkladom je unikátny vodíkový midibus, ktorý bol verejnosti predstavený iba začiatkom roku 2023. Vznikol v kooperácii Mobility&Innovation Production a Strojníckej fakulty STU v Bratislave podporený investíciami od p. Hrubého, spolumajiteľa Eset a.s.. V segmente midibus sa stal tento autobus prvým v EÚ, ktorému bolo pridelené Európske typové schválenie na vodíkový pohon. Ide o jedinečný koncept, nakoľko boli na výrobu karosérie použité kompozitné materiály. Objem vodíkových nádrží autobusu je 10,5 kg za tlaku 350 barov, čo by malo znamenať dojazd 350 km. Za pomoci batériových systémov je možné zvýšiť dojazd o ďalších 100 km. Podarilo sa ho už aj otestovať v prevádzke, kde potvrdil predikcie a osvedčil sa ako vhodná alternatíva. (STU, 2023)

Obrázok 15: Slovenský vodíkový midibus od Mobility & Innovation Production



Zdroj: [www.sjf.stuba.sk](http://www.sjf.stuba.sk)

## 4.6 Diskusia

V našej práci sme sa zameriavali na alternatívne pohony v cestnej doprave, ktoré sa v spoločnosti stávajú čoraz aktuálnejšou a potrebnjšou témou. Predovšetkým z hľadiska znižovania vyprodukovaného CO<sub>2</sub> a ochrany zdravia a životného prostredia. Preto sme sa venovali charakteristike alternatívnych pohonov, ich vývoju a využitiu u nás. Následne sme sa zamerali na špecifiká takéhoto pohonu a s tým súvisiace prínosy i nepríjemnosti pre spotrebiteľa. Ozrejmili sme si aktuálne podmienky na trhu a porovnali dostupné modely. Pozornosť bola venovaná najmä vodíkovému pohonu. Dôležitou časťou bol opis strategických dokumentov SR a EÚ, ktoré opisujú ďalší rozvoj vodíkovej infraštruktúry na ich územiach a priblíženie si vodíkovej infraštruktúry krajín V4 a Japonska ako vodíkového lídra. Na záver sme sa zamerali na vývoj a výskum vodíkových vozidiel na Slovensku.

Na základe dát z Európskeho observatória alternatívnych palív konštatujeme, že na Slovensku možno sledovať rastúci trend v počte využívaných vozidiel s alternatívnymi pohonmi. Najvýraznejší rast sme videli v rokoch 2015 až 2019, pričom do roku 2016 išlo v drvivej väčšine o využívanie LPG s malým príspevom CNG. Až od roku 2017 pozorujeme príchod elektromobilov, resp. plug-in-hybrid automobilov, ktoré následne takmer každý rok rástli ešte výraznejším tempom. Aby to však nevyzeralo ako ideálny stav, je nutné podotknúť, že naďalej výrazne zaostávame napríklad za škandinávskymi krajinami a nie sme v žiadnom z ukazovateľov výrazne lepší ani od našich susedných krajín. Okrem osobnej automobilovej dopravy sú u nás alternatívne pohony využívané čoraz viac aj v autobusovej preprave. Ide o využitie predovšetkým v mestskej hromadnej doprave, kde nižší dojazd

neznamená výrazné obmedzenia, no naopak, minimálny vplyv na znečistenie ovzdušia v meste je veľmi vítaný.

Podobne je to aj s vodíkovými vozidlami, ktoré sa pre využitie v mestách už testujú, pričom prvé výsledky od dopravcov i miest sú veľmi pozitívne. V osobnej automobilovej doprave je vodík už využívaný aj u nás, avšak v minimálnej miere. Za skutočnosť, že sa na slovenských cestách nepohybuje väčší počet vodíkových automobilov, môže hlavne chýbajúca infraštruktúra. Nakoľko sa na Slovensku momentálne nachádzajú iba dve čerpacie stanice, z toho len jedna, bratislavská, je prístupná pre verejnosť, spotrebiteľ mimo hlavného mesta nemá možnosť takýto automobil využívať, ani keby chcel. Okrem chýbajúcej infraštruktúry hrá v neprospech spotrebiteľa i vysoká cena vodíka na dostupnej čerpacom stanici. Po vyrátaní prejdenej vzdialenosti 100km vyšiel vodíkový pohon ako ten najdrahší variant. Cena tejto pohonnej látky sa však dá znížiť najmä rozšírením počtu staníc, zvýšením konkurencie a vybudovaním infraštruktúry podobne ako to pozorujeme v Nemecku, kde pre porovnanie je cena vodíka 9,50€/kg zatiaľ čo u nás to je momentálne na úrovni 15€/kg. Taktiež nesmieme zabudnúť na fakt, že samotná cena vodíkového automobilu, je oproti tradičným ale aj elektromobilu vyššia o niekoľko percent.

Vďaka strategickým plánom sú vyhliadky na najbližšie obdobie výrazne pozitívnejšie ako aktuálny stav, no otázne je, či budú aj pretavené do reality. Národná vodíková stratégia a k nej vytvorený akčný plán, ako aj Európska vodíková stratégia sa zameriavajú na niekoľko významných oblastí, cez ktoré chcú podporiť rozvoj vodíkovej infraštruktúry a rozšírenie povedomia o tomto type pohonu. Ich plány opisujú napríklad dotácie na nákup vozidiel, zrušenie legislatívnych prekážok, investície do vedy a výskumu, rozšírenie výroby, zefektívnenie distribúcie či vytvorenie komunikačnej stratégie. Okrem štátnych foriem podpory prejavujú záujem aj súkromné podniky, ktoré chcú naskočiť na tento trend, aby tak získali pre seba konkurenčnú výhodu. Napríklad spoločnosť BCF Energy plánuje na Slovensku v najbližších rokoch výstavbu viac ako 25 vodíkových čerpacích staníc. Záujem o ich budovanie či výrobu vodíka prejavili tiež známe spoločnosti ako Shell, Slovnaft, SPP, Orlen alebo Benzina. Súkromné spoločnosti u nás tiež nadviazali spolupráce so slovenskými univerzitami, aby sa tak spoločne za pomoci ich expertíz dokázali podieľať na výskume, vývoji i následnej výrobe vodíkových vozidiel. Príkladmi sú vodíkové autobusy alebo aj športový automobil MH2, ktorý vzbudil pozornosť najmä počas udalosti EXPO 2020 v Dubaji.

Na záver možno skonštatovať, že téma vodíkového pohonu zatiaľ zaostáva vo väčšine ukazovateľov spomedzi všetkých foriem alternatívnych pohonov. Avšak tu

hovoríme o nevýhodách, resp. nedostatkoch, ktoré je možné pomerne rýchlo opraviť v prípade, že záujem o tento typ pohonu bude pokračovať na úrovni štátu, podnikateľov i konečných spotrebiteľov či ďalších trhových subjektov. Pre výraznejší rozvoj vodíkovej infraštruktúry na Slovensku by sme odporúčali SR sústrediť sa na vlastnú výrobu vodíka, v ideálnom prípade zeleného vodíka, aby bol celý proces od výroby až po použitie v automobile bez akejkoľvek produkcie zbytočných škodlivých látok. Takáto výroba bude síce finančne náročnejšia, no môže pritiahnúť pohľady zo zahraničia, či už to budú spoločnosti, ktoré vodík využívajú alebo krajiny, ktoré si zatiaľ samé nie sú schopné zelený vodík vyrábať. Ďalšou podporou by bolo odstránenie legislatívnych prekážok, ktoré môžu brzdiť vodíkový rozvoj a zamerať sa na jej aktualizáciu, ktorá je veľmi dôležitá v rýchlo sa rozvíjajúcej oblasti. Pre efektívnejšiu prepravu a skladovanie vyrobeného vodíka, je odporúčané vybudovať sieť a úložiská, ktoré dopomôžu rýchlejšiemu presunu a vhodnému skladovaniu. Na to, aby sa prilákala pozornosť verejnosti k tejto téme, je nevyhnutné poskytnúť majiteľom vodíkových automobilov určité výhody. Po vzore zo zahraničia by mohli majitelia vodíkových automobilov v mestách využívať autobusové alebo taxi pruhy, ktoré by im umožnili komfortnejšiu prepravu. Prípadne je tiež možnosť poskytnúť majiteľom zľavu z parkovného. Formou dotácií by mal štát motivovať občanov i samosprávy ku kúpe vozidla s vodíkovým pohonom. Ako krajina už skúsenosť s dotáciami máme, keď štát poskytoval niekoľko tisíc eur na kúpu elektromobilu súkromným i právnickým osobám. Nakoľko je Slovensko automobilovou krajinou, kde sídli niekoľko svetových automobiliek a ďalšie stovky firiem napojených na automobilový priemysel, je nevyhnutné aj ich motivovať na rozšírenie expertízy v tejto oblasti. Deje sa to u nás momentálne s elektromobilmi, kedy čoraz viac výrobcov oznamuje rozšírenie výroby u nás aj o tieto vozidlá, prípadne vnímame vznik úplne nových firiem, napr. výrobca batérií do automobilov. Považujeme za dôležité tiež prepájať vedomosti a spolupracovať na všetkých úrovniach. Či už je to medzi akademickou sférou a súkromným sektorom, alebo štátom a súkromným sektorom a pod., je potrebné pracovať na spoločných projektoch, udalostiach a výskumoch, a tak sa vzájomne posúvať. Pre rozšírenie povedomia o danej problematike by sme tiež navrhovali spustiť masívnejšiu marketingovú kampaň, ktorá by podporila záujem ľudí o alternatívne pohony a vysvetlila im dôvody, prečo práve toto je ideálnym riešením. V neposlednom rade považujeme za nevyhnutné sa sústrediť na školy a univerzity. Štát by mal aktualizovať učebné osnovy a tiež podporiť formálne i neformálne vzdelávanie, nakoľko práve budúce generácie by mali vnímať mobilitu, možnosti dopravy a ich dopady na životné prostredie iným spôsobom, než je tomu dnes.

## Záver

Cieľom našej práce bolo zhodnotiť aktuálnu situáciu ohľadom alternatívnych zdrojov a ich využívania v rámci Slovenskej republiky s bližším zameraním na vodíkový pohon. V závere možno konštatovať, že téma alternatívnych pohonov je u nás zatiaľ len v štádiu pomalého rozvoja, no možno pozorovať narastajúcu snahu v oblasti postupnej transformácie.

V práci sme definovali historický vývoj alternatívnych pohonov a následne sme si priblížili vývoj používania týchto vozidiel v cestnej doprave na Slovensku za posledných 14 rokov. Na základe tohto zistenia možno konštatovať, že rastúci trend alternatívnych pohonov možno pozorovať, no jeho tempo je pomerne nevýrazné. Ďalej sme sa zamerali na typy vodíkových pohonov, ktoré sú momentálne využívané a zhodnotili sme prínosy a nevýhody využívania vodíkového pohonu.

Vo výsledkoch práce sme opísali vodíkovú infraštruktúru v cestnej doprave a rozobrali sme možnosti využitia vozidla s týmto pohonom v podmienkach Slovenskej republiky. Následne sme sa zamerali na komparáciu vodíkového modelu s klasickými pohonmi a elektromobilom, aby sme získali reálnu predstavu o využití vozidla v praxi a jeho finančných i nefinančných dopadoch pre používateľa. Nakoľko aktuálna vodíková infraštruktúra nie je na dostatočnej úrovni, bolo nevyhnutné spoznať a zosumarizovať strategické vodíkové plány Slovenska i Európskej Únie, čo nám poskytlo predstavu o postojoch týchto inštitúcií ako aj ich ďalšom smerovaní. Ďalším bodom našej práce bolo priblížiť si vodíkovú situáciu v susedných krajinách zo zoskupenia V4 a Japonska, ako svetového lídra v oblasti využívania vodíkového pohonu v osobnej doprave. Na záver sme charakterizovali slovenské vodíkové vozidlá, ktoré môžu byť v budúcnosti využité v reálnej prevádzke. Nakoniec sme v diskusii prispeli našim zhodnotením celkovej situácie a odporúčaniami pre zlepšenie momentálneho stavu. A to tak, aby sa Slovensko dokázalo transformovať na zelenšiu krajinu a znížiť spotrebu CO<sub>2</sub>, čo pomôže k naplneniu záväzku plynúceho z členstva v Európskej únii i zdraviu samotného obyvateľstva.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] 1SPS, *Výhody LPG*, 2022 [online]. Dostupné na: <http://www.1sps.sk/index.html>
- [2] AUTOMOSTORY, *First Hydrogen Car*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.automostory.com/first-hydrogen-car.htm>
- [3] BCF, *Vodík*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://bcf.sk/vodik/>
- [4] BILLINGS, E., *1977 Hydrogen Cadillac*, 2008 [online]. Dostupné na: <https://www.rogerebillings.com/1977-hydrogen-cadillac/>
- [5] BUCKLAND K., *Explainer: Why Asia's biggest economies are backing hydrogen fuel cell cars*, 2019 [online]. Dostupné na: <https://www.reuters.com/article/uk-autos-hydrogen-explainer-idUKKBN1W936E>
- [6] BUDÍN, J., *Zkapalnený zemní plyn (LNG)*, 2015 [online]. Dostupné na: <https://oenergetice.cz/plyn/zkapalneny-zemni-plyn-lng>
- [7] CNG Slovensko, *História plynových vozidiel*, 2019 [online]. Dostupné na: <https://www.cngslovensko.sk/clanok/historia-cng-vozidiel>
- [8] ČEZ, *Vodíková energetika*, 2020 [online]. Dostupné na: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/decentralizovana-energetika/decentralizovane-energeticke-zdroje-podrobne/vodikova-energetika/vyklad>
- [9] DPB, *Prvý 12-metrový mestský vodíkový autobus na Slovensku dorazil do hlavného mesta*, 2023 [online]. Dostupné na: <https://dpb.sk/sk/sprava/prvy-12-metrovy-mestsky-vodikovy-autobus-na-slovensku-dorazil-do-hlavneho-mesta>
- [10] ELECTRAND, *Nabíjanie elektromobilu doma – všetko, čo by ste mali vedieť*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.legrand.sk/electrend/uspora/nabijanie- elektromobilu-doma-vsetko-co-by-ste-mali-vediet/>
- [11] E-MOBILITY, *Výhody*, 2020 [online]. Dostupné na: <https://e-mobility.sk/vyhody/>
- [12] EURO, *Bionafta druhej generace: Všude jinde, jen ne u nás*, 2016 [online]. Dostupné na: <https://www.euro.cz/clanky/bionafta-druhe-generace-vsude-jinde-jen-ne-u-nas-1300323/>
- [13] EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY, *Slovakia – Vehicle and fleet*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/slovakia/vehicles-and-fleet>
- [14] European Commission, *A Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe*, 2020 [online]. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0301&from=EN>
- [15] European Commission, *Key actions of the EU Hydrogen Strategy*, 2020 [online]. Dostupné na: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/key-actions-eu-hydrogen-strategy\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/key-actions-eu-hydrogen-strategy_en)
- [16] FUNG M., *Energy Density of Hydrogen*, 2005 [online]. Dostupné na: <https://hypertextbook.com/facts/2005/MichelleFung.shtml>
- [17] GREEN WAY INFRASTRUCTURE, *Či jazdíte každodenne alebo len občas, pre každého vodiča je pripravený balíček energie*, 2023 [online]. Dostupné na: [https://greenway.sk/sluzby?gclid=CjwKCAjwiOCgBhAgEiwAiv5whE1SAoMOOS-OYfCm6yiDzH5-AI3bvVEF-WDb8Ikwee3LfAe1eTiElhoCfnEQAvD\\_BwE](https://greenway.sk/sluzby?gclid=CjwKCAjwiOCgBhAgEiwAiv5whE1SAoMOOS-OYfCm6yiDzH5-AI3bvVEF-WDb8Ikwee3LfAe1eTiElhoCfnEQAvD_BwE)
- [18] HOLČÍK, *Elektrické autobusy nájdeme aj v slovenských mestách*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://www.e-car.sk/elektricke-autobusy-najdeme-aj-v-slovenskych-mestach/>

- [19] CHALLENGE ZERO, *Installing hydrogen refueling stations for lowering CO2 emission from mobilities like FCVs and FC buses*, 2020 [online]. Dostupné na: <https://www.challenge-zero.jp/en/casestudy/386>
- [20] CHAN, C.C., *The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828-1930*, 2013 [online]. Dostupné na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6384804>
- [21] LBST, *H2 Stations Map*, 2023 [online]. Dostupné na: <https://www.h2stations.org/stations-map/?lat=49.763948&lng=12.582221&zoom=4>
- [22] LNG, *Čo je to LNG?*, 2020 [online]. Dostupné na: <https://lng.sk/o-lng/co-je-to-lng/>
- [23] MANZ, V., *Electric Car Exceeds 100km/h in 1899*, 2016 [online]. Dostupné na: [https://www.prestigeelectriccar.com/en/history/1919/Electric\\_Car\\_Exceeds\\_100\\_kmh\\_in\\_1899](https://www.prestigeelectriccar.com/en/history/1919/Electric_Car_Exceeds_100_kmh_in_1899)
- [24] MATADOR GROUP, *First Slovak Hydrogen Car*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://mh2.eu/>
- [25] METI, *Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050*, 2022 [online]. Dostupné na: [https://www.meti.go.jp/english/policy/energy\\_environment/global\\_warming/ggs2050/index.html](https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/global_warming/ggs2050/index.html)
- [26] MHSR, *AKČNÝ PLÁN Opatrenia pre úspešnú realizáciu Národnej vodíkovej stratégie*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.economy.gov.sk/uploads/files/mPs9Bk3V.pdf>
- [27] MHSR, *Národná vodíková stratégia: Pripravení na budúcnosť*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/YBN0ndkU.pdf?csrt=9036964776098912024>
- [28] MHSR, *Revízia a aktualizácia Národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami*, 2014 [online]. Dostupné na: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/2022-12/2019%20Slovakia%20NIR.pdf>
- [29] MOORE, E., *As electric cars gain currency, Oregon charges ahead*, 2009 [online]. Dostupné na: <https://www.csmonitor.com/Environment/Living-Green/2009/0210/as-electric-cars-gain-currency-oregon-charges-ahead>
- [30] MORAVČÍK L., *Alternatívne pohony cestných motorových vozidiel*, 2010 [online]. Dostupné na: <http://projektstepahead.sk/wp-content/uploads/2016/09/ALT.-paliva-2..pdf>
- [31] MUDROŇ M., *Slovensko má dve čerpacie stanice na vodík. Mobilná sa nachádza v Trnave*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://www.mojelektromobil.sk/slovensko-ma-prvu-mobilnu-čerpaciu-stanicu-na-vodik-nachadza-sa-v-trnave/>
- [32] NILS A., *Hydrogen fuel cell cars: everything you need to know*, 2019 [online]. Dostupné na: <https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html>
- [33] NVAS, *O vodíku*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://nvas.sk/o-vodiku/>
- [34] OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY, *10 Things You Might Not Know About Hydrogen and Fuel Cells*, 2019 [online]. Dostupné na: <https://www.energy.gov/eere/articles/10-things-you-might-not-know-about-hydrogen-and-fuel-cells>
- [35] PARENTE E., *Lipofuels: Biodiesel & Biokersene*, 2007 [online]. Dostupné na: <https://web.archive.org/web/20070824091730/http://www.nist.gov/oiaa/TECHBIO1.pdf>
- [36] PORTILLO G., *Biodiesel*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.renovablesverdes.com/en/biodiesel/>

- [37] PROCHÁZKA J., *Vodíkový autobus zo Slovenska bude aj na EXPO v Dubaji*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.techbox.sk/vodikovy-autobus-zo-slovenska-bude-aj-na-expo-v-dubaji/>
- [38] RENAULT, *Zistite všetko, čo potrebujete vedieť o LPG*, 2017 [online]. Dostupné na: <https://www.renault.sk/inovacie-motorov/vsetko-o-lpg.html>
- [39] RICHARD, *The First (Model)Electric Car: Anyos Jedlik 1828*, 2018 [online]. Dostupné na: <https://www.upsbatterycenter.com/blog/first-model-electric-car-1828/>
- [40] SHADIDI B., *A Review of Hydrogen as a Fuel in Internal Combustion Engines*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/19/6209>
- [41] SITA, *Ludia sa v Trnave môžu zadarmo zviezť vodíkovým autobusom, predvážacia akcia potrvá v meste tri dni*, 2023 [online]. Dostupné na: <https://www.webnoviny.sk/nasadoprava/ludia-sa-v-trnave-mozu-zadarmo-zviezt-vodikovym-autobusom-predvazacia-akcia-potrva-v-meste-tri-dni/>
- [42] SPPCNG, *Čo je CNG?*, 2016 [online]. Dostupné na: <https://sppcng.sk/palivo/co-je-cng/>
- [43] STU, *Na SjF STU v Bratislave sme predstavili 1. vodíkový midibus v Európe*, 2023 [online]. Dostupné na: [https://www.sjf.stuba.sk/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=7079](https://www.sjf.stuba.sk/buxus/generate_page.php?page_id=7079)
- [44] TIMOCOM, *Porovnanie alternatívnych pohonov nákladných vozidiel*, 2022 [online]. Dostupné na: <https://www.timocom.sk/blog/lng-elektrovozidla-pohony-443732#>
- [45] TWI, *What are the pros and cons of hydrogen fuel cells?*, 2021 [online]. Dostupné na: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-are-the-pros-and-cons-of-hydrogen-fuel-cells>
- [46] VAN GERPEN J., *History of Biodiesel*, 2019 [online]. Dostupné na: <https://farm-energy.extension.org/history-of-biodiesel/>
- [47] ZE'EV, D., *We have begun regular production of the Tesla Roadster*, 2008 [online]. Dostupné na: <https://www.tesla.com/blog/we-have-begun-regular-production-tesla-roadster>
- [48] ZSE, *ZSE Drive*, 2023 [online]. Dostupné na: [https://zsedrive.sk/mapa?query=gpsNorthWestLat-48.403488299163484\\_gpsNorthWestLon-17.5799653701782\\_gpsSouthEastLat-48.37350728514252\\_gpsSouthEastLon-17.631034629821755\\_lat-48.38849999999999\\_lng-17.605499999999978\\_zoom-14\\_id-206161\\_ac-acResident-dc-ufc-zse-foreignRoaming-homeRoaming-partnerRoaming-](https://zsedrive.sk/mapa?query=gpsNorthWestLat-48.403488299163484_gpsNorthWestLon-17.5799653701782_gpsSouthEastLat-48.37350728514252_gpsSouthEastLon-17.631034629821755_lat-48.38849999999999_lng-17.605499999999978_zoom-14_id-206161_ac-acResident-dc-ufc-zse-foreignRoaming-homeRoaming-partnerRoaming-)