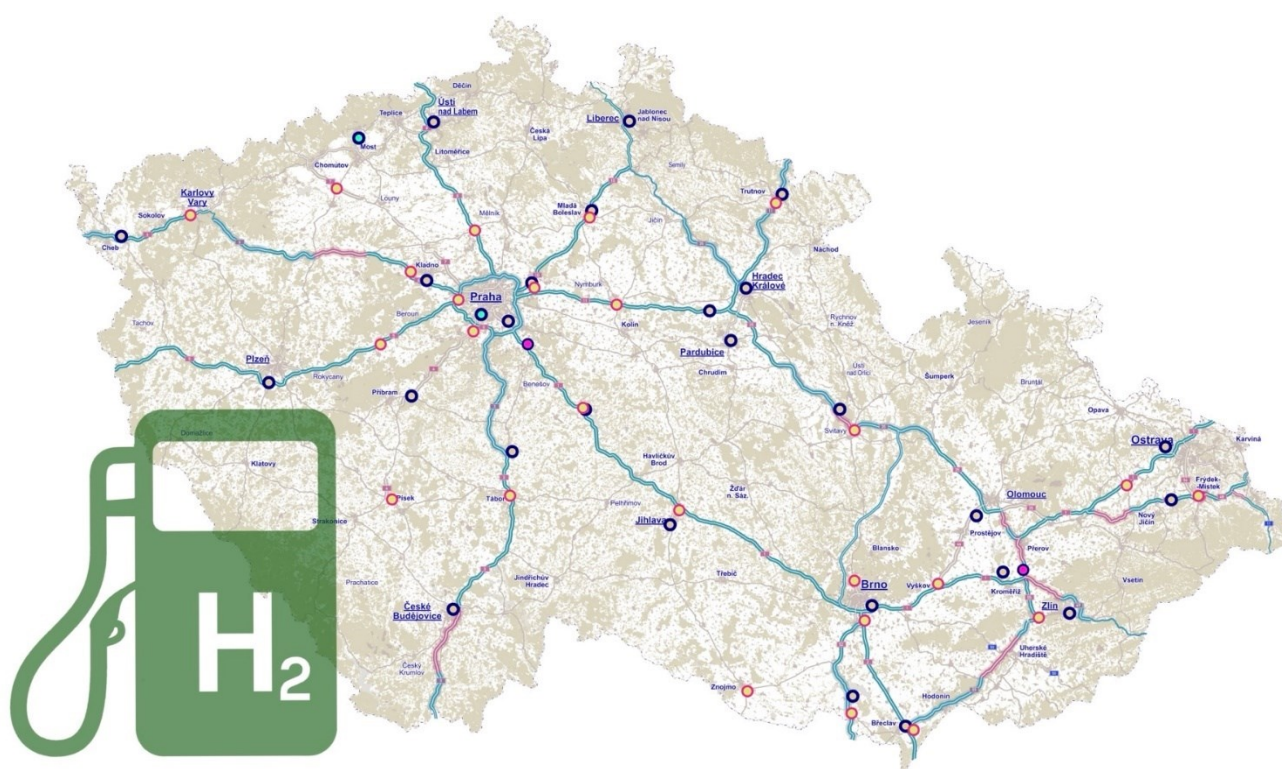


# METODIKA VÝPOČTU POPTÁVKY PO NÍZKOUHLÍKOVÉM A OBNOVITELNÉM VODÍKU V DOPRAVĚ V ČESKÉ REPUBLICE DO ROKU 2030

Metodika schválená příslušným orgánem státní správy



únor 2024

**Tento výsledek je spolufinancován prostřednictvím  
Technologické agentury ČR v rámci Národního plánu obnovy  
z evropského Nástroje pro oživení a odolnost.**

Metodika výpočtu poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě  
v České republice do roku 2030

## **PROJEKT**

Národní centrum vodíkové mobility (TN02000007)

### **Autoři:**

Ján Poláček, Michal Kocůrek, Petra Kostrhounová, Zdeněk Příbyl  
(EGÚ Brno, a. s.)

Roman Ličbinský, Bronislav Vahalík, Petr Polanský, Vojtěch Přikryl  
(Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.)

Jan Sochor (Česká vodíková technologická platforma)

Adam Giurg (ORLEN UniCRE a.s.)

Petr Řihák (ZEBRA GROUP s.r.o.)

### **Oponenti:**

Ing. Martin Šilhan, PhD., MBA (Centrum výzkumu Řež s.r.o.)

Ing. Lucie Burešová (Centrum ekonomiky regulovaných odvětví, Vysoká škola  
ekonomická v Praze)

Metodika schválená:

Ministerstvo průmyslu a obchodu, č.j. MPO 22570/24//41800/41000

ISBN 978-80-88655-09-1 (online; pdf)

© Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Brno 2024

## Anotace

**Autoři:**

Ján Poláčik, Michal Kocůrek, Petra Kostrhounová, Zdeněk Příbyl, Roman Ličbinský, Bronislav Vahalík, Petr Polanský, Vojtěch Přikryl, Jan Sochor, Adam Giurg, Petr Řihák

**Název:**

Metodika výpočtu poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030

**Abstrakt:**

Metodika obsahuje výpočty očekávané spotřeby vodíku v dopravě do roku 2030, lokalizaci míst s největší poptávkou po vodíku a návrhy oblastí pro umístění vodíkových plnicích stanic. Poskytuje systematický postup pro výpočet poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice. Vychází z legislativních cílů Evropské unie, strategických dokumentů České republiky, z dopravního výkonu a z průzkumu ochoty firem přejít na vodík v dopravě. Výsledky jsou vizualizovány na mapě České republiky a mohou sloužit jako významný vstup do dalších výzkumných projektů a analýz souvisejících s veřejnou vodíkovou infrastrukturou.

**Klíčová slova:**

vodík v dopravě, poptávka po vodíku v ČR, spotřeba vodíku v roce 2030

**Schvalující orgán:**

Ministerstvo průmyslu a obchodu

## Annotation

**Authors:**

Ján Poláčik, Michal Kocůrek, Petra Kostrhounová, Zdeněk Příbyl, Roman Ličbinský, Bronislav Vahalík, Petr Polanský, Vojtěch Přikryl, Jan Sochor, Adam Giurg, Petr Řihák

**Title:**

Methodology for determining the demand for low-carbon and renewable hydrogen in transport in the Czech Republic until 2030

**Abstract:**

The methodology includes calculations of the expected hydrogen consumption in transportation until 2030, places with the highest demand for hydrogen, and proposals for the placement of hydrogen filling stations. It provides a systematic procedure for calculating the demand for low-carbon and renewable hydrogen in transportation in the Czech Republic. It is based on the legislative of the European Union, strategic documents of the Czech Republic, transportation performance, and a survey of companies' willingness to use hydrogen in transportation. The results are visualized on the map of the Czech Republic and can be a significant input for further research projects and analyses related to public hydrogen infrastructure.

**Keywords:**

hydrogen in transport, demand for hydrogen in the Czech Republic, consumption of hydrogen in 2030

**Approving Authority:**

Ministry of Industry and Trade



## OBSAH

---

Cíl metodiky	6
1 Úvod	7
2 Základní pojmy a definice	8
3 Výchozí datové zdroje	9
3.1 <i>Legislativa EU v kontextu poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě</i>	10
3.1.1 Směrnice RED (Renewable Energy Directive).	10
3.1.2 Nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR)	11
3.1.3 Nařízení o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě (TEN-T)	13
3.2 <i>Strategické dokumenty ČR</i>	15
3.2.1 Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)	16
4 Metodický postup	17
4.1 <i>Příprava dotazníkového šetření</i>	17
4.2 <i>Postup pro dopravní výkony a data vozidel</i>	18
4.3 <i>Příprava a průběh sběru dat o aktivitách a vodíkových projektech</i>	19
5 Pilotní ověření metodiky	20
5.1 <i>Dotazníkové šetření</i>	20
5.2 <i>Dopravní výkony a data vozidel</i>	26
5.2.1 Dopravní výkon na dálnicích a silnicích v ČR	26
5.2.2 Predikce počtu vozidel jednotlivých kategorií v roce 2030	27
5.2.3 Průměrný roční nájezd vozidel a spotřeba vodíku	27
5.3 <i>Vodíkové aktivity a Vodíková mapa ČR</i>	28
5.3.1 Vodíková strategie Ústeckého kraje	30
5.3.2 Vodíkové údolí Moravskoslezského kraje	31
5.3.3 Vodíková Vysočina	32
5.3.4 Plány společnosti ORLEN Unipetrol	33
5.3.5 Další vodíkové aktivity	34



5.4	<i>Modelování poptávky po vodíku v dopravě</i>	36
5.4.1	Stanovení množství spotřebovaného vodíku v dopravě v roce 2030	36
5.4.2	Minimální povinný počet plnicích stanic na základě AFIR	36
5.4.2.1	Výpočet poptávky po vodíku ve vybraných lokalitách plnicích stanic	38
5.4.3	Modelování poptávky na základě výsledků dotazníku	41
5.5	<i>Výstupy a zhodnocení</i>	43
5.5.1	Návrh vhodných lokalit pro rozmístění VPS na území ČR	44
5.5.1.1	Varianta „Silnice“	44
5.5.1.2	Varianta „Firmy“	45
5.5.1.3	Srovnání variant	48
6	Ekonomické aspekty	49
7	Popis uplatnění metodiky	50
	Závěr	51
8	Citovaná literatura	52
9	Seznam obrázků	54
10	Seznam tabulek	55

## CÍL METODIKY

Hlavním cílem metodiky je poskytnout metodický postup pro výpočet poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030. Cílem je také vytipovat vhodné lokality s co nejlepším ekonomickým potenciálem pro uplatnění vodíkových vozidel, a identifikace tzv. „bílých míst“, pro budování infrastruktury vodíkových plnicích stanic.

Metodika je určena primárně pro Ministerstvo průmyslu a obchodu a Ministerstvo dopravy, do jejichž působnosti oblast infrastruktury vodíkových plnicích stanic spadá. Sekundárně pak také producentům a distributorům vodíku, budovatelům veřejné infrastruktury vodíkových plnicích stanic. Výstupy projektu mohou také sloužit jako vstupní údaje do výzkumných projektů a analýz souvisejících s rozvojem veřejné vodíkové infrastruktury.

# 1 ÚVOD

Minimalizace emisí skleníkových plynů a dekarbonizace dopravy představují naléhavou výzvu v současném globálním kontextu. V tomto úsilí se vodík stává klíčovým hráčem, poskytujícím ekologicky udržitelnou alternativu pro konvenční paliva. Jedním z klíčových prvků pro rozvoj vodíkové ekonomiky je efektivní infrastruktura pro distribuci a plnění vodíku. Proces budování infrastruktury vodíkových plnicích stanic v České republice by však neměl být nahodilý, ale systematický a koncepční.

Metodika vychází z analýzy unijní legislativy zaměřené zejména na TEN-T koridory a městské uzly. Dále reflektuje dotazníková šetření zaměřená na ochotu firem, dopravních podniků, technických služeb a dalších subjektů přejít na vodíkovou mobilitu.

Jsou analyzovány a navrženy vhodné oblasti s co nejlepším ekonomickým potenciálem pro uplatnění vodíkových vozidel. Následně byly vybrány lokality, kde dává využívání vodíku v dopravě opodstatněný smysl, s ohledem na specifika dané lokality, jako je historie daného regionu, ochota samospráv a firem zapojit se do inovačních projektů, velikost vozových parků, možnost distribuce, případně lokální výroby vodíku a podobně.

Cílem této metodiky je poskytnout vodítko pro aktéry z oblasti energetiky, dopravy a veřejné politiky, aby mohli úspěšně a efektivně přispívat k budování vodíkových plnicích stanic na základě poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě.



## 2 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE

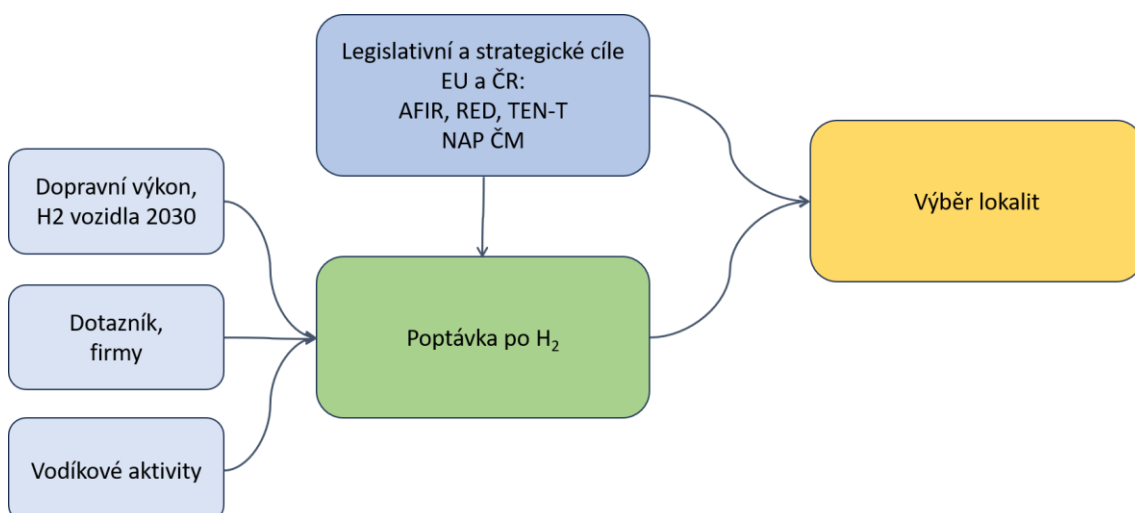
AFIR	Nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva
CDV	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
FCEV	(Fuel Cell Electric Vehicle), vozidlo s palivovými články
NAP CM	Národní akční plán čisté mobility
RED	(Renewable Energy Directive) – Evropská směrnice na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie
RFNBO	(Renewable fuels of non-biological origin) Obnovitelná paliva nebiologického původu – jsou paliva, jejichž energetický obsah je získán z obnovitelných zdrojů s výjimkou biomasy. Mezi RFNBO řadíme obnovitelný vodík, obnovitelný čpavek, obnovitelný metanol či syntetická paliva.
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic České republiky
TEN-T	Transevropská dopravní síť je definována v nařízení o hlavních směrech pro rozvoj transevropské sítě, které stanovuje dlouhodobou strategii pro rozvoj úplně sítě TEN-T zahrnující železniční, námořní a leteckou dopravu, silnice, vnitrozemské vodní cesty, terminály železniční a silniční dopravy. Dělí se na globální a hlavní síť, přičemž hlavní síť má strategický význam tím, že spojuje městské a další uzly (přístavy, letiště, hraniční přechody).
VPS	Vodíková plnicí stanice

### 3 VÝCHOZÍ DATOVÉ ZDROJE

V rámci řešení projektu byly využity níže uvedené datové zdroje (viz Obrázek 3.1). V dílčích podkapitolách jsou uvedeny informace o původu, dostupnosti a jejich struktuře. Cílem je vytipovat vhodné lokality, kde dává rozvoj vodíkového hospodářství smysl. V principu je pro výběr lokalit možné vycházet z:

1. **Legislativních a strategických cílů EU a ČR**, jako je například evropské Nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR), které se Česká republika zavázala do roku 2030 naplnit. Tyto cíle ale nemusí reflektovat skutečnou poptávku po vodíku. Na úrovni České republiky je to především **Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)** a jeho aktualizace.
2. **Předpokládané poptávky** po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku v roce 2030. Předpoklad poptávky vychází z:
  - dotazníkového šetření zjišťujícího ochotu firem přejít na vodíkové palivo,
  - dopravního výkonu na dálnicích a silnicích I. třídy v ČR,
  - aktivit vybraných subjektů v oblasti vodíkových technologií (výroba vodíku, plnicí stanice atd.)

**Obrázek 3.1** Výchozí datové zdroje pro modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030





### 3.1 LEGISLATIVA EU V KONTEXTU POPTÁVKY PO NÍZKOUHLÍKOVÉM A OBNOVITELNÉM VODÍKU V DOPRAVĚ

V následujících podkapitolách uvádíme stručný přehled legislativních cílů a nařízení na úrovni EU. Podrobně zpracovaná problematika legislativy je v příloze č. V02. s názvem „Podrobná analýza konkrétních unijních legislativních návrhů“, která vznikla jako jeden z výstupů dílčího projektu NAHYC DP002N – Modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030.

#### 3.1.1 Směrnice RED (Renewable Energy Directive).

Dne 31. října 2023 přijala Evropská unie oficiální revidovanou podobu směrnice na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie, tzv. RED. Právní text, který je závazný pro všechny členské státy, zvyšuje cíl Evropské unie v oblasti podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie na minimálně 42,5 %.

Směrnice nově přichází se závaznými cíli pro spotřebu obnovitelného vodíku v sektoru dopravy a průmyslu. Závazky mají za cíl zajistit nastartování spotřeby obnovitelného vodíku i v České republice.

- Směrnice stanovuje závazné cíle pro spotřebu obnovitelného vodíku v dopravě a průmyslu
- V roce 2030 má podíl OZE na konečné spotřebě energie v EU činit min. 42,5 %
- V dopravě do roku 2030 mají 1 % veškeré spotřebované energie zajistit RFNBO
- V průmyslu má do roku 2030 obnovitelný vodík nahradit 42 % spotřebovávaného šedého vodíku
- Členské státy mají navrhnout akcelerační zóny, kde budou projekty OZE procházet zjednodušeným povolovacím procesem
- Směrnici musí ČR implementovat přibližně do konce roku 2025

V dopravě bude nutné do roku 2030 přibližně 1 % veškeré spotřebované energie zajistit pomocí RFNBO. Hodnota 1 % RFNBO je navíc povinné minimum v rámci dalšího kombinovaného cíle jak pro pokročilá biopaliva, tak pro RFNBO v hodnotě 5,5 % v podílu na konečné spotřebě energie v dopravě. Členské státy si budou moct rozhodnout, zda budou raději spotřebovávat pokročilá biopaliva, nebo navýší svůj cíl v RFNBO.

Směrnice dále zavádí buďto závazný cíl snížení intenzity skleníkových plynů v dopravě o 14,5 %, nebo závazný podíl obnovitelných zdrojů v rámci konečné spotřeby energie v odvětví dopravy ve výši alespoň 29 % do roku 2030. Členské státy si budou moci vybrat, který z těchto cílů budou plnit. Obojí lze plnit například prostřednictvím RFNBO (především vodíkovými vozidly nebo syntetickými palivy), pokročilými biopalivy nebo elektrickou energií. Pro podmínky České republiky je pravděpodobnější, že se v sektoru

dopravy prosadí spíše samotný vodík, jako čisté palivo než vodík jako surovina pro syntetická paliva. [1]

### 3.1.2 Nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR)

Cílem nařízení AFIR je akcelarovat přechod k nízkoemisní mobilitě prostřednictvím zavázání členských států k povinné výstavbě infrastruktury pro alternativní paliva, zejména dobíjecích stanic pro elektromobily a vodíkových plnicích stanic pro vozidla s palivovým článkem. AFIR má za cíl vytvořit na vybraných trasách transevropské dopravní sítě hustou sítí infrastruktury pro vydávání vodíku a dobíjení elektromobilů. Nové evropské nařízení zavazuje členské státy k rozvoji plnicích stanic jednak na **hlavních sítích TEN-T<sup>1</sup>** a jednak v oblastech **městských uzlů<sup>2</sup>**. **Plnicí stanice by měly sloužit primárně pro lehká užitková a těžká nákladní vozidla.** Podmínky pro plnicí stanice definuje článek 6 a 7. V Tabulka 3.1 uvádíme stručný přehled hlavních bodů, které dle nařízení musejí být naplněny, jak v případě hlavních sítí TEN-T, tak i v případě městských uzlů.

Tabulka 3.1 Hlavní cíle nařízení AFIR

Hlavní sítě TEN-T	Městské uzly
Každých 200 kilometrů pouze na hlavních sítích TEN-T, plnicí stanice by se měla nacházet do 10 kilometrů od hlavní TEN-T sítě	Každý městský uzel definovaný v Nařízení o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě (TEN-T)
Minimální denní kumulativní výdej v každém úseku 1 tuna vodíku	Minimální denní kumulativní výdej není definován
Minimálně 700 barů plnění	Minimální výdejní tlak není definován
Cíl minimálního počtu plnicích stanic by měl být naplněn do 31. prosince 2030	Cíl minimálního počtu plnicích stanic by měl být naplněn do 31. prosince 2030
Provozovatelé plnicích stanic by měli umožnit plnění koncovým zákazníkům na základě ad hoc přístupu, a to minimálně prostřednictvím buďto čtečky kreditních karet, nebo bezkontaktních zařízení schopných načíst kreditní karty	Provozovatelé plnicích stanic by měli umožnit plnění koncovým zákazníkům na základě ad hoc přístupu, a to minimálně prostřednictvím buďto čtečky kreditních karet, nebo bezkontaktních zařízení schopných načíst kreditní karty

<sup>1</sup> Transevropská dopravní síť (TEN-T) je definována v nařízení o hlavních směrech pro rozvoj transevropské sítě, které stanovuje dlouhodobou strategii pro rozvoj úplné sítě TEN-T zahrnující železniční, námořní a leteckou dopravu, silnice, vnitrozemské vodní cesty, terminály železniční a silniční dopravy. Dělí se na globální a hlavní síť, přičemž hlavní síť má strategický význam tím, že spojuje městské a další uzly (přístavy, letiště, hraniční přechody).

<sup>2</sup> Městské uzly jsou definovány v příloze II nařízení o hlavních směrech pro rozvoj transevropské dopravní sítě.



Cena vodíku musí být viditelně indikována na základě přepočtu ceny za 1 kg vydaného vodíku	Cena vodíku musí být viditelně indikována na základě přepočtu ceny za 1 kg vydaného vodíku
V případě, že dopravní kapacita dané hlavní sítě TEN-T, kde se plnicí stanice nachází nepřekročí denní provoz 2000 těžkých nákladních vozidel, nebo z jiných socio-ekonomických důvodů, může být minimální kapacita výdeje plnicí stanice za den na dané síti snížena o 50 %, přičemž vzdálenost a minimální tlak plnění musí být zachován	Bez jakýchkoliv výjimek

Dále také z hlediska zaměření metodiky je nezbytné zmínit a uvést, že nařízení AFIR stanovuje minimální technické požadavky pro výstavbu plnicích stanic na hlavních sítích TEN-T a v městských uzlech. Jejich výčet je uveden v Tabulka 3.2.

**Tabulka 3.2 Požadavky pro výstavbu plnicích stanic na hlavních sítích TEN-T a v městských uzlech**

<ul style="list-style-type: none"><li>• Venkovní plnicí stanice pro výdej plynného vodíku použitého jako palivo pro motorová vozidla musí splňovat minimální požadavky stanovené v standardu EN 17127:2020</li><li>• Kvalita vydávaného vodíku pro motorová vozidla musí splňovat minimálně standard z normy EN 17124:2020. Metody, jak zajistit kvalitu vydávaného plynu jsou ve standardu také zdůrazněny.</li><li>• Plnicí algoritmus musí splňovat minimální požadavky vypsání v normě EN 17127:2020</li><li>• Plnicí hadice musí splňovat standard EN ISO 17268:2020 až bude norma dokončena.</li><li>• Technické specifikace plnicích hadic pro těžká nákladní vozidla</li></ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nařízení dále stanovuje členským státům povinnost do 1. ledna 2025 vytvořit předběžný návrh národního plánu na postupný rozvoj plnicích stanic a poptávky po vodíku (finální dokument v roce 2026) zaměřující se již na rok 2027, a to v rámci vlastní národní strategie s trajektorií výstavby plnicích stanic až k roku 2030. Evropská komise (dále jen Komise) by měla do konce roku 2024 připravit technologický a tržní report k vývoji trhu u těžké nákladní dopravy, a to v kontextu dobíjecí a plnicí infrastruktury, a ten následně aktualizovat ke konci roku 2026 a následně každých 5 let.

### Národní plán na postupný rozvoj plnicích stanic a poptávky po vodíku by měl:

- nastavit konkrétní cíl pro množství lehkých užitkových vozidel mimo jiné i pro vodík, a to k letům 2025, 2030 a 2035;
- nastavit konkrétní cíl pro množství těžkých nákladních vozidel mimo jiné i pro vodík, a to k letům 2025, 2030 a 2035;
- nastavit cíl pro počet plnicích stanic k 31. prosinci 2025, roku 2027, 2030 a 2035 a jejich capacity, a to jak na hlavních sítích TEN-T, tak v městských uzlech;
- zhodnotit úroveň reálného plnění nasazení vozidel i plnicích stanic na silnicích daného členského státu;
- vyjmenovat problematické body rozvoje jednotlivých druhů dopravy (baterie, LNG, vodík) a pojmenovat konkrétní mechanismy podpory a implementaci legislativy, která tyto problémy řeší, včetně konkrétních finančních incentív, například na výstavbu plnicí infrastruktury;
- popsat podporu vývoje a výzkumu a rozpočet, který je pro podporu alokován.

### 3.1.3 Nařízení o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě (TEN-T)

Pro účely projektu modelování poptávky po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku bude důležitý výsledek jednání k revizi nařízení o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě. Jedná se o nařízení, které stanovuje hlavní i globální síť TEN-T a počet městských uzlů v jednotlivých členských státech. Nařízení je klíčové pro nadefinování minimálního počtu plnicích stanic, které bude muset Česká republika do roku 2031 zprovoznit na území České republiky. Původní návrh revize nařízení představila Evropská komise již v prosinci 2021. Na základě dojednaného kompromisu mezi unijními institucemi bude definován minimální počet městských uzlů, tedy minimální požadavek na výstavbu plnicí infrastrukturu v České republice. Finální podoba TEN-T regulace by měla být publikována v Úředním věstníku Evropské unie do konce roku 2023. Níže poskytnutý přehled popisuje současně předložené návrhy Komise a Rady EU (viz Tabulka 3.3 a Obrázek 3.2).

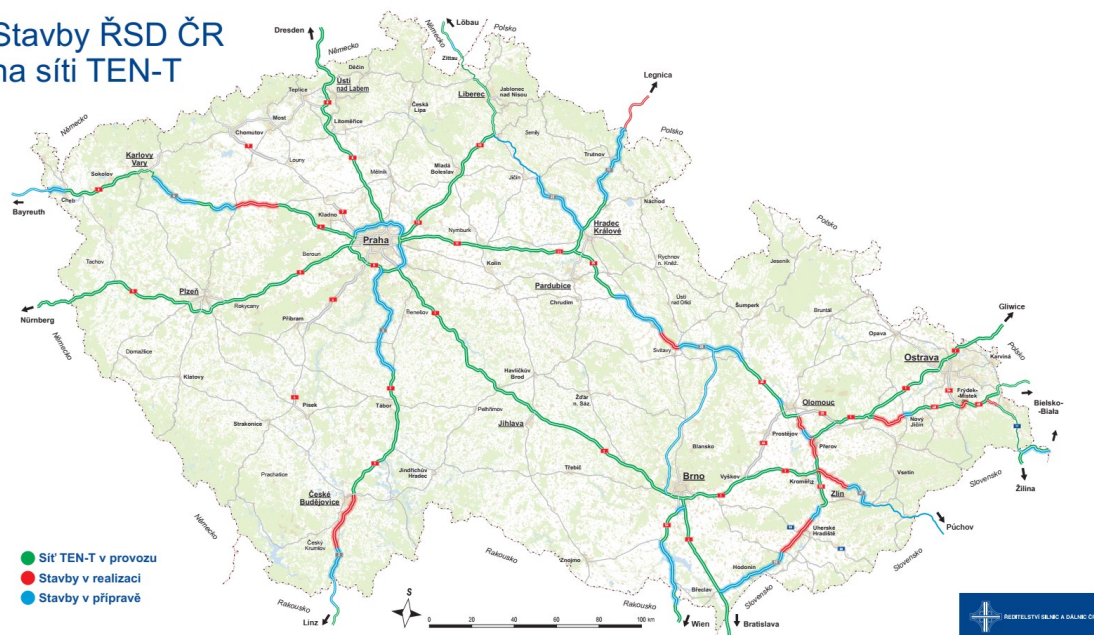
**Tabulka 3.3 Hlavní body nařízení o TEN-T**

Návrh Komise	Návrh Rady EU
Mezi hlavní síť TEN-T se v České republice řadí dle návrhu Komise dálnice: D0, D1, D2, D5, D8, D11, D49, D52, D55.	Mezi hlavní síť TEN-T se v České republice řadí dle návrhu Rady dálnice: D0, D1, D2, D5, D8, D11, D49, D52, D55.
V současné chvíli již zkonstruované dálniční tahy na hlavní síti TEN-T mají	V současné chvíli již zkonstruované dálniční tahy na hlavní síti TEN-T mají

celkovou délkou přibližně 854, 357 kilometrů [2].	celkovou délkou přibližně 854, 357 kilometrů.
Při zahrnutí úseků, které by měly být v příštích letech zkonstruovány se počet dokončených dálničních tahů na hlavní síti TEN-T zvýší 1 115 kilometrů <sup>3</sup> .	Při zahrnutí úseků, které by měly být v příštích letech zkonstruovány se počet dokončených dálničních tahů na hlavní síti TEN-T zvýší 1 115 kilometrů.
Navrhuje zvýšit počet městských uzlů ze současných 2 na celkově 7, těmi jsou: Brno, Liberec, Olomouc, Ostrava, Plzeň, Praha a Ústí nad Labem [3].	Navrhuje počet městských uzlů zvýšit na celkem 10 a rozšířit tak návrh Komise o hlavní města NUTS 2 regionů a města s více než 100 000 obyvateli, těmi jsou: Brno, Liberec, Olomouc, Ostrava, Plzeň, Praha, Ústí nad Labem, Hradec Králové, Pardubice, České Budějovice [4], [5].

Obrázek 3.2 Mapa sítě TEN-T v ČR – úseky v provozu, v realizaci a v přípravě [6]

### Stavby ŘSD ČR na síti TEN-T



<sup>3</sup> Zbývající úseky nedokončené dálniční sítě v ČR



## 3.2 STRATEGICKÉ DOKUMENTY ČR

Podle dokumentu *Dopravní politika České republiky pro období 2021–2027 s výhledem do roku 2050* [7] je oblast dopravy ve většině měst ČR hlavním zdrojem znečištění. Navíc více než 70 % lidí žije právě v městech a další obyvatelé do měst pravidelně dojíždějí.

Využití vodíku v dopravě může však značně napomoci ke snížení dopadů znečištění z dopravy na zdraví lidí. Dopravní politika vnímá potenciál vodíku v možnosti jeho produkce v čase, kdy je možné využít přebytky elektřiny vyrobené z větrných nebo solárních elektráren. Na druhé straně se dokument domnívá, že aplikace vodíku v oblasti dopravy je spíše částečným řešením, protože přímé využití elektřiny považuje za jednodušší a efektivnější technologický způsob. Integrovaným prvkem rozvoje vodíkové dopravy je i v tomto dokumentu rozvoj sítě plnicích či dobíjecích stanic. Cílené budování infrastruktury pro alternativní paliva napomůže k nastartování tržních procesů a nákupu dalších vozidel. V sektoru železniční dopravy vodík figuruje jako vhodné řešení pro neelektrizované úseky. Plnicí stanice pro železniční vozy mohou uspokojit i poptávku tankování pro autobusovou a individuální dopravu. Předpokládá se, že po nějakém čase dojde k elektrizaci páteřní tratě a vodíkové plnicí stanice pak budou sloužit primárně silniční dopravě. Vodík je v Dopravní politice prezentovaný jako nejschůdnější řešení pro automobily s větším podílem cest nad 500 km. Dokument pracuje s velmi ambiciózním předpokladem, že většina přepravních výkonů (až 75 %) se přesune ze silnic na železnice a využívání automobilů v dálkové dopravě bude postupně klesat.

Dokument *Vodíková strategie České republiky* se zaměřuje v prvním radě na implementaci a využívání vodíku v dopravě, protože toto odvětví je při současném nastavení cen energií nejvíc ekonomicky výhodné. Navíc představuje jistou formu strategického rámce věnujícímu se rozvoji vodíkových technologií v českých firmách a organizacích. Dokument poskytuje mantinely, v rámci kterých se má budoucí vývoj vodíkových technologií ubírat. Reprezentuje tak pojítka mezi očekávanou vizí a uskutečnitelnou realitou [8].

*Státní politika životního prostředí* vnímá intenzivní dopady na změny klimatu a jednou z hlavních oblastí v této problematice je právě doprava. V rámci elektromobility a implementace vodíkových technologií spolu s nástupem vyššího podílu OZE bude v jistém bodě nevyhnutelná transformace elektrizačních soustav.

V kapitole specifických cílů vedoucích ke snižování emisí CO<sub>2</sub> zmiňuje Státní politika přirozeně i dopravu jakožto hlavní oblast spotřeby konvenčních fosilních paliv. S rostoucím nárokem na splnění všech požadavků přepravovaného objemu komodit rostou taky nepříznivé externality spojené s emisemi v dopravě. Řešení tohoto problému vidí Státní politika v podpoře a rozvoji městské nízkoemisní hromadné dopravy v kombinaci s rozvojem jiných typů dopravy (převážně nemotorových).

Důležitým prvkem k naplnění emisních cílů jsou vozidla s alternativním pohonem (elektro, vodík, bioCNG, bioLNG, bioLPG) a navazující dobíjecí a plnicí infrastruktura. Dále Státní politika klade důraz na obnovu vozového parku MHD se zaměřením na nízkoemisní a bezemisní vozy využívající alternativní paliva. Nechybí ani zmínka



o modernizaci tratí a pokračování v elektrifikaci s ohledem na proveditelnost takového řešení. V neposlední řadě se předpokládá, že nastane přesun nákladní dopravy ze silniční na železniční dopravu [9].

### 3.2.1 Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)

Pro cíle této metodiky je podstatný dokument *Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)*. Vychází z požadavku směrnice 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva na přijetí příslušného vnitrostátního rámce politiky pro rozvoj trhu alternativních paliv v odvětví dopravy a příslušné infrastruktury. NAP CM z roku 2019 předpokládá do roku 2030 výstavbu až 80 plnicích stanic na vodík, a to hlavně pro osobní dopravu [10].

Aktualizovaný akční plán ale v roce 2023 snížil počet plnicích stanic na 50 vzhledem k pomalejšímu než očekávanému rozvoji vodíkové mobility. Současná předjednaná strategická ambice do roku 2030 zároveň předpokládá počet vozidel jednotlivých kategorií využívajících vodík jako palivo. Jednotlivé strategické cíle jsou uvedeny v Tabulka 3.4.

**Tabulka 3.4 Současná předjednaná strategická ambice do roku 2030**

Strategické cíle	Množství k roku 2030
Osobní vozidla	4 000
Městské autobusy	250
Lehká užitková vozidla	1 200
Nákladní automobily typu N2 a N3	600
Veřejné VPS podél hlavní sítě TEN-T podle podmínek AFIR každých 200 km	10
Veřejné VPS v městských uzlech i mimo ně o menších kapacitách výdeje (do 300 kg denně)	30
Neveřejné VPS pro potřeby podnikatelů a hromadné dopravy	10

Česká republika se staví na stranu ambicióznějších států, které k otázce čisté mobility přistupují technologicky neutrálně a s vodíkem v mobilitě počítají. Ekonomicky nejschůdnějším postupem v otázce výstavby infrastruktury je možnost stavět plnicí stanice v místech vysokého multimodálního provozu, kde je umožněno na jednom místě plnění vícero zařízení, od osobní až po nákladní nebo železniční dopravu. Vodík má největší potenciál zejména tam, kde je nutné vozidla používat nepřetržitě, to platí jak pro lehčí užitkové vozy, taxi služby, nebo dálkové nákladní automobily. Tyto místa by měla vznikat co nejbližší výrobnám vodíku, aby bylo možné maximálně snížit náklady na přepravu vodíku [11].



## 4 METODICKÝ POSTUP

### 4.1 PŘÍPRAVA DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ

Pro zavádění nových technologií je nutné znát poptávku po těchto technologiích. Vodíková technologie v dopravě má v současnosti (až na několik ojedinělých projektů) spíše hypotetický charakter. Proto neexistují relevantní objektivní indikátory, které by na budoucí poptávku po vodíku v dopravě mohly ukazovat. Z tohoto důvodu je potřeba budoucí poptávku odhadovat na základě dotazování potenciálních uživatelů, jaká jejich ochota přejít na vodík v rámci svých vozových, respektive strojových parků.

K tomuto účelu lze použít dotazníková šetření, která v maximální možné míře zajistí zobecnitelnost výsledných zjištění pro populaci subjektů, jejíž ochota má být zkoumána. Příprava takového dotazníkového šetření má několik kroků.

#### Identifikace zkoumané populace

V prvním kroku je potřeba rozhodnout, jakých subjektů se má dotazníkové šetření týkat. Měl by to být takový segment subjektů, u kterého lze ve sledovaném horizontu očekávat největší poptávku po nové technologii. V případě poptávky po vodíku se například ukazuje, že první výraznější poptávka nebude pocházet od uživatelů osobních automobilů, protože zde bude přinejmenším z počátku jako alternativa k fosilním palivům výhodnější elektromobilita. Proto dává větší smysl dotazovat se na poptávku po vodíku podniky a podnikatele, kteří provozují spíše nákladní automobily a stroje, u kterých přechod na vodík dává větší smysl.

#### Způsob výběru

Máme-li rozhodnuto, jakou populaci subjektů hodláme dotazovat, musíme dále určit, jakým způsobem se bude z této populace provádět výběr pro dotazování tak, aby byla co nejlépe zajištěna reprezentativnost výsledků. Existuje několik metod výběru, které jsou použitelné pro populaci podnikatelských subjektů, ale s ohledem na cenu a výslednou reprezentativnost se ukazuje jako nejlepší kvótní výběr. V rámci tohoto způsobu výběru se nejprve rozdělí cílová populace do segmentů, pro které se očekává podobná poptávka. Kvótovat lze například podle oboru činnosti (obor činnosti podniku indikuje složení vozového parku a způsob jeho použití) nebo podle velikosti podniku (u větších podniků lze v průměru očekávat větší poptávku po pohonných hmotách). Kvótní výběr umožňuje pro skupinu, která je v populaci zastoupená málo, ale lze očekávat, že na poptávce po vodíku se bude podílet podstatně (například velké podniky), určit větší zastoupení ve výběru, než by proporcionálně odpovídalo jejich zastoupení v populaci. V takovém případě, pokud budeme chtít zjistit celkovou poptávku, bude možná nutné převážení.

#### Volba respondenta v podniku a způsob dotazování

Pro dotazování je potřeba získat konkrétní osobu, která má na starost vozový park ve firmě a která rozhoduje nebo má alespoň přehled o nákupu vozidel a strojů. Jako

nejvhodnější se ukazuje CAWI dotazování, kdy pro dotazníkové šetření je tato osoba získána telefonicky a dotazník pak vyplní přes webové rozhraní.

### **Konstrukce dotazníku**

Na budoucí poptávku po vodíku se lze dotazovat tak, že se respondentovi nejprve předloží scénář pro zamýšlený horizont. V tomto scénáři se popíše možnosti vodíkové technologie a také předpokládaná cenová stránka jejího používání. Poté teprve respondent může odpovídat na míru ochoty svého podniku přejít na vodíkové technologie. Odpovědi respondentů tedy budou silně závislé na zvoleném scénáři. Ochotu přejít na vodík lze měřit například skrze počty vozidel určité kategorie převedené na vodík. Z průměrných nájezdů a spotřeby paliva vozidel podle kategorií pak lze poptávku po vodíku odhadnout.

Dotazování v podnicích je drahé a časově náročné, navíc hrozí odmítnutí dotazování ze strany respondenta, což může poškodit reprezentativnost výsledného výběru. Sociologické agentury nicméně tento typ průzkumů (tzv. business-to-business) provádí běžně a mají know how pro minimalizaci odmítnutí. Pokud při dotazování došlo k proporcčně velkému počtu odmítnutí, nebo pokud bylo dotazování prováděno samovýběrem (anketou), nebude zajištěna reprezentativnost výběru a výsledky nebude možné zobecnit.

## **4.2 POSTUP PRO DOPRAVNÍ VÝKONY A DATA VOZIDEL**

Spotřeba paliv v dopravě v jednotlivých regionech České republiky reflektuje intenzitu dopravy na silniční síti. Kromě celkového počtu vozidel je podstatné i rozdělení na základě kategorií vozidel pro jednotlivé úseky. Ze strategických dokumentů České republiky je určeno předpokládané množství vodíkových vozidel jednotlivých kategorií v roce 2030. Všechna tato data budou následně využita pro stanovení roční spotřeby vodíku v jednotlivých lokalitách a určení vhodných lokalit pro VPS tak, aby byla vhodným způsobem a rovnoměrně pokryta silniční síť ČR.

Celkové množství spotřebované energie v dopravě se za posledních deset let každým rokem zvětšuje, stejně jako počet vozidel. Tento trend je třeba zohlednit i při předpokladu počtu vozidel v roce 2030 a celkovém dopravním výkonu.

Některé projekty výstavby dálničních úseků a silnic první třídy jsou v realizaci, další jsou plánovány. Ředitelství silnic a dálnic o těchto projektech informuje na svých webových stránkách. Při určování poptávky po vodíku je třeba zohlednit i nové úseky, jejichž dokončení se předpokládá ve sledovaném období, v tomto případě do roku 2030. Tento fakt ovlivní dopravní výkon a vytížení jednotlivých úseků silniční sítě.

Celková roční spotřeba vodíku je vypočtena na základě předpokládaného počtu vodíkových vozidel v daném období, průměrné spotřeby a průměrného ročního nájezdu příslušné kategorie vozidla na základě dostupných dat. U těchto vozidel budeme předpokládat využívání domácí infrastruktury VPS. Roční spotřeba vodíku v dopravě

bude následně vhodně roz distribuována na základě dopravních výkonů silniční sítě ČR a městských uzlů.

### 4.3 PŘÍPRAVA A PRŮBĚH SBĚRU DAT O AKTIVITÁCH A VODÍKOVÝCH PROJEKTECH

Pro geografické určení poptávky po vodíku lze předpokládat:

- rovnoměrné rozdělení frekvence vodíkových vozidel – odpovídající konvenčním automobilům,
- nebo rozdělení na základě více preferovaných lokalit – například na základě vodíkových aktivit v jednotlivých regionech, dostupnosti národních VPS, případně jejich dostupnost v sousedních zemích.

Metodika zohledňuje jednotlivé vodíkové aktivity a předpokládá, že počátky rozvoje vodíkové mobility v České republice budou výrazně ovlivňovat právě vodíková údolí a HUBy.

Pro tento účel byly zahrnuty informace o vodíkových aktivitách v České republice – stávajících i plánovaných. Lze vycházet z dostupných mediálních výstupů, dat České vodíkové technologické platformy (HYTEP), případně Vodíkové mapy ČR, které tyto aktivity mapují.

Vodíkové projekty vybraných lokalit mohou být rozhodujícím vodítkem například při rozhodování se mezi jednou ze dvou vhodných alternativ pro umístění vodíkové čerpací stanice. Také dávají celkový obraz o zájmu regionů nebo soukromých subjektů rozvíjet vodíkovou ekonomiku v ČR.

Data o vodíkových aktivitách vhodně doplňují dotazníkové šetření. Mohou zahrnovat právě klíčové lokality budoucí spotřeby vodíku, ve kterých se dané subjekty se dotazníku neúčastnily. Zohledněním těchto lokalit dosáhneme snížení nepřesnosti dotazníku.

## 5 PILOTNÍ OVĚŘENÍ METODIKY

### 5.1 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

V rámci řešení dílčího projektu NAHYC-m „Modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030“ a ověření metodického postupu proběhl v polovině roku 2023 **Průzkum ochoty firem využívat vodík v dopravě**. Celkově bylo nasbíráno 1320 dotazníků, z toho 1308 agenturou. Dotazování byli správci vozového parku firem, tedy zaměstnanci, kteří mají přehled o počtu a struktuře vozového parku, o nákupu paliv a o strategii obměny vozového parku do budoucna. Dotázán může být respondent, jehož firma společně se sídlem vozového parku je ve výběru unikátní. Počítá se tedy s dotazováním více poboček jedné firmy. Zde uvádíme základní výsledky průzkumu:

- Většina firem, které jsou ve výběru jsou soukromé společnosti. Pouze 9,8 % je zřízeno státem nebo samosprávou.
- Zákazníky těchto firem jsou nejčastěji soukromníci. 11,1 % nejčastějších zákazníků firem ve výběru jsou města a obce.
- Když respondenti referovali o počtu zaměstnanců své firmy, většinou šlo o celou firmu, pouze 9,2 % z nich referovalo o počtu zaměstnanců pobočky.
- Nejčastější činností vozového parku dotazovaných firem je vnitrostátní spedice (49,7 %), lokální rozvážka (32,5 %) a mezinárodní spedice (26,4 %).
- Průměrně spotřebují vozové parky firem ve výběru 493 360 litrů pohonných hmot ročně.
- Elektrický pohon pro svůj vozový (strojový) park využívá 111 firem, to je 8,4 % z celého souboru. Spotřebu přitom většinou nezjišťují.
- Vozové parky ve výběru zahrnují nejvíc osobních vozidel (7 882 vozidel), dále nákladních vozidel nad 12 t (7 852 vozidel) a lehké nákladní, respektive užitkové vozy do 3,5 t (6 756). Z větší části se jedná o vozidla na klasický (naftový nebo benzínový) pohon, ale lokomotivy a motorové vozy pro neelektrickou trakci jsou z 39 respektive 37 % ve výběru na LPG/CNG pohon. 32 % vysokozdvížných vozíků je na elektrický pohon.
- Respondenti z 19,6 % deklarují, že mají dostatečné informace o vodíkovém pohonu, a naopak 30,3 % respondentů tvrdí, že o vodíkovém pohonu prakticky nic neví.
- Na požadavek Evropské komise a České republiky na bezemisní dopravu v budoucnu většina firem nereaguje a vyčkává (67,3 %) a 16,7 % zvažuje výstavbu LPG/CNG zásobníků.
- Pro vyčkávající firmy je charakteristické, že jsou to spíše malé firmy, které se zabývají linkovou mezistátní, mezistátní zájezdovou dopravou, komunálními službami



a lokálním rozvozem a nezabývají se meziměstskou linkovou dopravou. Nevyužívají elektropohon pro svoje vozidla a stroje a o vodíkovém pohonu spíše nemají informace. Provozují zejména osobní vozidla pro rozvážkové služby nákladní automobily do 12 t a neprovozují autobusy a nákladní automobily nad 12 t.

- Z vyčkávajících firem (888 firem) jich 45,2 % nemá dostatek informací, které by jim umožnily se nějak zařídit, 32,5 % čeká na větší rozšíření bezemisních (nízkoemisních) dopravních technologií a 22,3 % čeká na jejich zlevnění.
- Při zvažování mezi elektrickým a vodíkovým pohonem je pro respondenty nejdůležitější dojezd vozidla (82,5 %), rychlost plnění / dobíjení (44,7 %) a dostupnost doplnění paliva / dobíjení (36,7 %).
- Rychlost plnění, resp. dobíjení je důležitá pro provozovatele osobních automobilů pro nákladní dopravu a autobusů a není tolik důležitá pro provozovatele nákladních vozidel do 5,5 t
- Dojezd vozidel není důležitý pro provozovatele vozidel hromadné dopravy kromě autobusů, provozovatele vysokozdvížných vozíků a univerzálních nakladačů.
- Spolehlivost je důležitá pro provozovatele autobusů, osobních automobilů pro nákladní dopravu a nákladních vozidel do 7,5 t a do 12 t. Není tolik důležitá pro provozovatele ostatních vozidel přepravy osob.
- Dostupnost plnicích / dobíjecích stanic je důležitá pro provozovatele nákladních automobilů nad 12 t, osobních vozidel a vozidel do 3,5 t pro nákladní dopravu. Není tolik důležitá pro provozovatele vozidel do 5,5 t.

O přechod na vodíkové palivo pro svůj vozový (strojový) park uvažuje 44,1 % firem. Pro tyto respondenty je charakteristické soukromé vlastnictví a zakázky pro stát, zabývající se komunálními službami a lokálním rozvozem, mezistátní expedicí a skladováním, nebo odpadovým hospodářstvím, komunálními službami a správou komunikací. Dále využívají elektrický pohon pro svůj vozový park a snaží se být aktivní v zavádění nízkoemisní dopravy. Ve svém vozovém parku provozují vozidla pro veřejnou dopravu kromě autobusů, nákladní vozy do 3,5 t a do 7,5 t a rovněž nákladní vozy nad 12 t. Tabulka 5.1 zobrazuje předpokládaný počet vozidel na vodíkový pohon v letech 2030, 2040 a 2050 ve firmách oslovených dotazníkem. V průměru se na základě odpovědí v dotazníku předpokládá 9 % vozů ve flotilách dotazovaných firem na vodíkový pohon.

**Tabulka 5.1 Počet vozidel na vodíkový pohon v letech 2030, 2040 a 2050 na základě dotazníku**

	Počet firem	Počet vozidel	Vozidla převedená na H2 pohon do roku					
			n			%		
			2030	2035	2040	2030	2035	2040
Autobusy a hybridní trolejbusy	62	2 103	108	214	263	5	10	13
Další vozidla pro neelektrickou trakci	43	777	55	84	105	7	11	14
Osobní vozidla pro rozvážkové služby	763	7 882	485	689	1 031	6	9	13
Lehké nákladní/užitkové vozy do 3,5 t	883	6 756	662	1 003	1 297	10	15	19
Lehké nákladní/užitkové vozy do 5,5 t	187	811	53	71	87	7	9	11
Lehké nákladní/užitkové vozy do 7,5 t	164	602	41	86	114	7	14	19
Nákladní vozy do 12 t	174	1 026	64	102	145	6	10	14
Nákladní vozy nad 12 t	401	7 857	653	930	1 234	8	12	16
Lokomotivy pro neelektrickou trakci	5	67	8	27	29	12	40	43
Motor. vozy pro neelektrickou trakci	6	109	6	20	27	6	18	25
Vysokozdvížné vozíky	465	2 363	164	241	292	7	10	12
Univerzální nakladače	202	766	31	53	71	4	7	9
Svozové vozy komunálního odpadu	61	568	70	85	104	12	15	18
Multifunkční užitkové vozy	80	406	30	45	74	7	11	18
Traktory	184	1 199	66	96	166	6	8	14
Jiná vozidla a stroje	196	1 295	82	137	198	6	11	15

Respondenti měli dále za úkol vyjádřit předpoklad obměny vozidel v jejich vozovém parku za vodíková vozidla do roku 2030, 2035 a 2040. Sloupec Počet firem obsahuje počet firem v souboru, které jsou držiteli vozidla příslušné kategorie a Počet vozidel celkový počet těchto vozidel v souboru, které mohou být převáděny na vodík.

Pro firmy, které deklarují převod většího podílu svých vozidel na vodíkový pohon do roku 2040, je charakteristické, že mají zakázky pro stát, používají elektrický pohon pro svá vozidla a provozují komunální služby a neprovozují vnitrostátní spedici. V oblasti vodíkového pohonu nepotřebují další informace.

Tabulka 5.2 ukazuje přijatelné navýšení ceny vodíku proti fosilním palivům:

- Pro 61,1 % respondentů by bylo přijatelné, pokud by investice do vodíkové technologie nepřesáhly navýšení o 20 % proti fosilní dopravě. Pokud by ale investice byly dražší o 40 %, bylo by to přijatelné už jen pro 17,5 % respondentů.
- Pro 53,5 % respondentů by bylo přijatelné, pokud by náklady na provoz vodíkové technologie nepřesáhly navýšení o 20 % proti fosilní dopravě. Pokud by ale náklady byly dražší o 40 %, bylo by to přijatelné pouze pro 12,2 % respondentů.
- Pro 20,9 % respondentů by bylo přijatelné, pokud by cena vodíkového paliva nepřesáhla navýšení o 20 % proti ekvivalentu fosilních paliv.
- Pokud by ale cena byla vyšší o 40 %, bylo by to přijatelné pouze pro 4,8 % respondentů. Z toho vyplývá, že cena paliva „opticky“ představuje významnější faktor pro volbu vodíkového pohonu, než provozní a investiční náklady.

**Tabulka 5.2 Výsledky průzkumu – přijatelné navýšení ceny vodíku proti fosilním palivům**

Přijatelné navýšení ceny vodíku proti fosilním palivům	n	%
žádné	1 044	79,1
navýšení o 20 %	212	16,1
navýšení o 40 %	45	3,4
navýšení o 60 %	18	1,4
navýšení o více než 60 %	1	0,1

Ve výběrovém souboru 17 respondentů deklarovalo, že zvažují výstavbu vodíkové plničky. Jejich výčet je znázorněn v Tabulka 5.3.

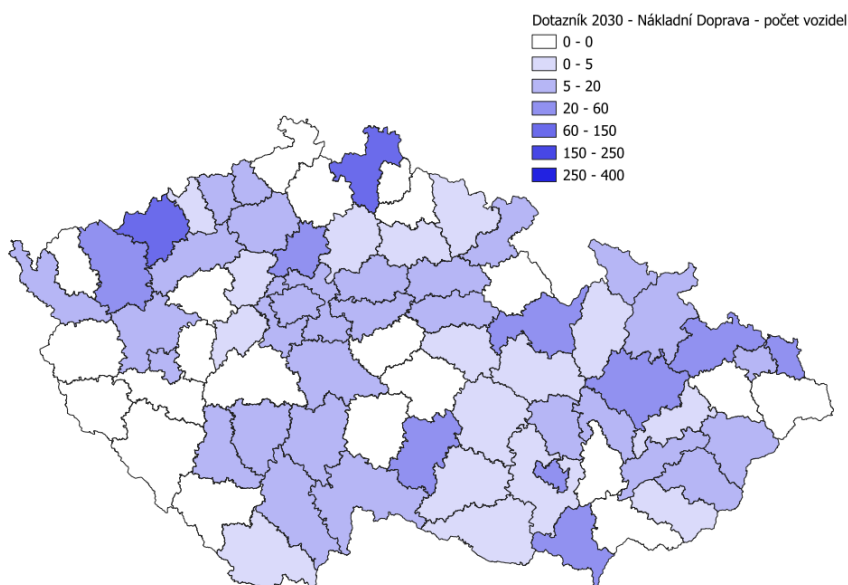
**Tabulka 5.3 Firmy, které zvažují stavbu vodíkové plničky**

Obec	Kraj	Počet zaměstnanců	Roční spotřeba [l]	Počet vozidel	Z toho především
Chvalovice	Jihočeský	65	8 000	10	Lehké nákladní/užitkové vozy do 3.5 t
Praha	Hlavní město	70	200 000	23	Nákladní vozy nad 12 t
Zlín	Zlínský kraj	24	1 250 000	119	Jiná vozidla a stroje
Letovice	Jihomoravský	300	87 000	13	Osobní vozidla pro rozvážkové služby
Týnec n. Labem	Středočeský	45	NA	16	Osobní vozidla pro rozvážkové služby
J. Hradec	Jihočeský	150	200 000	15	Lehké nákladní/užitkové vozy do 3.5 t
Mníšek p. Brdy	Středočeský	70	700 000	35	Autobusy a hybridní trolejbusy
Praha	Hlavní město	50	75 000	16	Osobní vozidla pro rozvážkové služby
Hradec Králové	Královéhradecký	300	65 000	20	Svozové vozy komunálního odpadu
Božičany	Karlovarský	50	85 000	18	Lehké nákladní/užitkové vozy do 3.5 t
Kroměříž	Zlínský	50	100 000	33	Osobní vozidla pro rozvážkové služby
Plzeň	Plzeňský	50	75 000	15	Osobní vozidla pro rozvážkové služby
Praha	Hlavní město	600	NA	150	Autobusy a hybridní trolejbusy
U. Hradiště	Zlínský	374	51 000	11	Lehké nákladní/užitkové vozy do 3.5 t
Ostrava	Moravskoslezský	2 000	9 143 224	160	Autobusy a hybridní trolejbusy
Smržovka	Liberecký	85	NA	10	Osobní vozidla pro rozvážkové služby
Ralsko	Liberecký	12	14 000	28	Nákladní vozy nad 12 t

Z dotazníkového šetření zároveň vystupují geografické parametry poptávaných společností, které jsou rozděleny podle jednotlivých kategorií. Na Obrázek 5.1 je jako příklad na mapě ČR vizualizována nákladní doprava – výhled počtu vozidel v roce 2030.



**Obrázek 5.1 Počet vozidel nákladní dopravy v roce 2030 v dotazovaných firmách, rozdělení po okresech**



Celkový počet vozidel dotazovaných firem jednotlivých kategorií jsou rozděleny po okresech. Dotazníkové šetření dodává parametry pro modelování poptávky po vodíku na základě ochoty firem přejít na vodíkové řešení v dopravě. Je zřejmé, že nebylo v možnostech dotazníkového šetření zasáhnout všechny společnosti v České republice (bílé okresy na obrázku). Jedná se ale o hodnotný datový podklad pro modelování poptávky po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku v dopravě pro rok 2030.

Podrobně zpracovaná problematika dotazníkového šetření a její výsledky jsou v příloze č. V03b. s názvem „Finální zpráva o průzkumu ochoty firem využívat vodík v dopravě“, která vznikla v rámci řešení dílčího projektu NAHYC DP002N – Modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030.

Dále byla skupinou ZEBRA, zabývající se výrobou malých užitkových vozů v České republice, provedena **analýza poptávky po vodíku pro vozidla komunální techniky**, v konkrétních městských a obecních lokalitách. Bylo oslovených 223 subjektů, které využívají komunální techniku přímo pro komunální účely nebo pro obdobné účely (např. Správa a údržba silnic). Dotazování byli dispečeré a správci vozového parku, kteří mají přehled o počtu a struktuře vozového parku, o nákupu paliv a o strategii obměny vozového parku do budoucna a obvykle připravují investiční návrhy a plány. Současně mají většinou osobní zainteresovanost na výsledcích sledování spotřeby a nákladů provozu vozidel.

S ohledem na obvyklou jednotnost uživatelských, nákupních a investičních zvyklostí a postupů byl průzkum směřován do 5 krajů ČR, a jednalo se o kraje Královehradecký, Jihočeský, Vysočina, Liberecký a Pardubický. Z hlediska prezentace závěrů lze výstupy

analýzy považovat za minimální, protože ve zbylých krajích je již nyní zvýšená „vodíková“ aktivita s významně větší afinitou k využití vodíku.

Nejčastějších zákazníků firem ve výběru jsou města a obce. Ve valné většině dochází k prolínání zákaznických skupin v průběhu kalendářního roku, počet nejčastějších zákazníků je tedy vyšší než počet oslovených subjektů. Detailnější rozlišení komplikuje kombinace jejich významu z pohledu výnosů, resp. objemu prací. Když respondenti referovali o počtu zaměstnanců své firmy, nejednalo se o přepočtení na pozici centrály, ale většinou šlo o zaměstnance a spolupracovníky pobočky či závodu. Nejčastější činností vozového parku dotazovaných firem je komplexní poskytování komunálních služeb v režimu 24/7/365. Základní zjištění dotazníkového šetření jsou následující.

- Respondenti pouze z 13 % deklarují, že mají dostatečné informace o vodíkovém pohonu, proti tomu 22 % respondentů tvrdí, že o vodíkovém pohonu prakticky nic neví.
- Na požadavek Evropské komise a České republiky na bezemisní dopravu v budoucnosti většina firem nereaguje a vyčkává.
- Největším důvodem pro vyčkávání je požadavek většího rozšíření vodíkových technologií.
- O přechod na vodíkové palivo pro svůj vozový (strojový) park uvažuje více než 60 % firem, jak je znázorněno v Tabulka 5.4. Nicméně je třeba vnímat míru informovanosti o vodíkových tématech u dotazovaných.

**Tabulka 5.4 Výsledky analýzy poptávky po vodíku pro vozidla komunální techniky**

Uvažuje do budoucna o přechodu na vodík	n	%
Ano	135	61%
Ne	88	39%

Respondenti měli dále za úkol vyjádřit předpoklad obměny vozidel v jejich vozovém parku za vodíková vozidla do roku 2030, 2035 a 2040. Dotazované subjekty však s ohledem na nedostatek informací, nejistotu s ohledem na dostupnost vodíku, stejně jako na nedostatečnou nabídku požadovaných vozidel zatím žádné konkrétní investiční plány zaměřené na vodíkovou oblast nemají. Současně podstatná část dotazovaných subjektů vyjádřila ochotu zúčastnit se případného pilotního vodíkového projektu, pokud bude vyřešeno jeho financování.

- Pro 55 % respondentů by bylo udržitelné, aby investiční výdaje do vodíkové technologie nepřesáhly navýšení o 20 % proti fosilní dopravě. Pokud by takové investice byly dražší více než o 40 %, bylo by to přijatelné už jen pro 14 % respondentů.
- Pro významnou část (88 %) respondentů by bylo přijatelné, pokud by náklady na provoz vodíkové technologie nepřesáhly navýšení o 20 % proti fosilní dopravě.

Pokud by ale náklady byly dražší o 40 %, bylo by to přijatelné pouze pro 12,2 % respondentů.

- Pro 80 % respondentů by bylo přijatelné, pokud by cena vodíkového paliva byla vyšší do limitu 20 % ve srovnání s ekvivalentem fosilních paliv. Nicméně tento požadavek není nereálný s ohledem na relativně vysoké náklady na provoz současného vozového parku. Je třeba vnímat, že cena paliva je pouze jednou ze složek provozních nákladů.

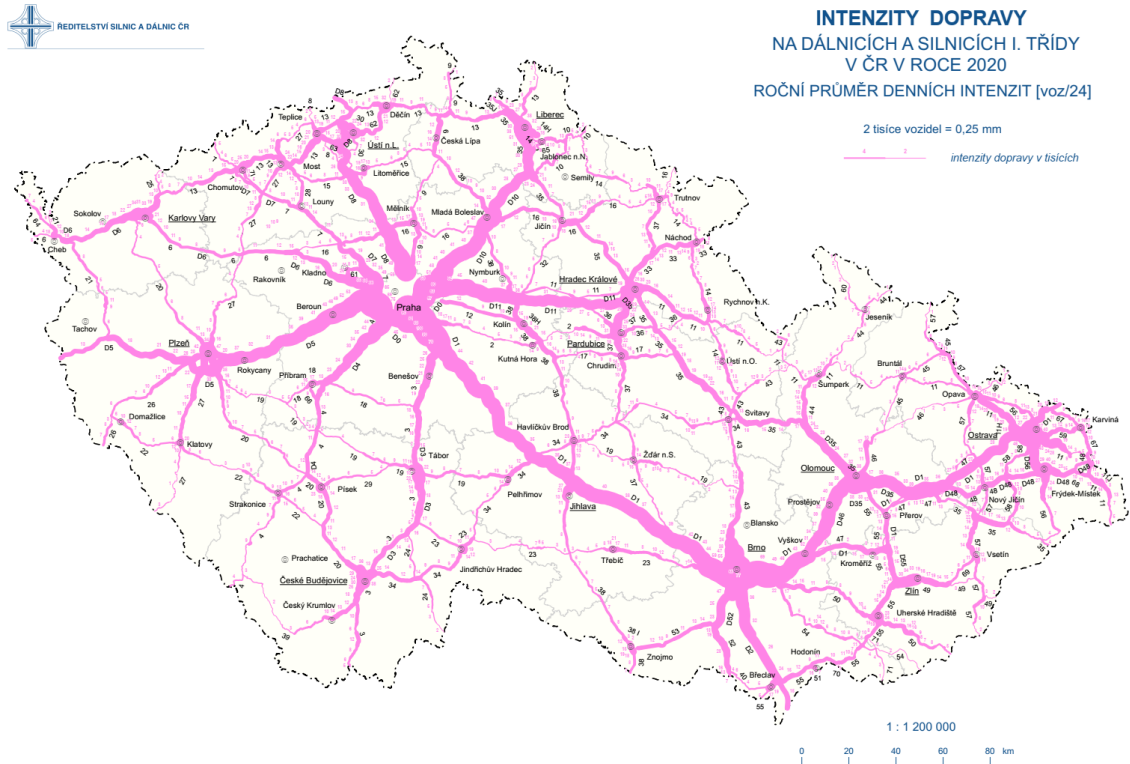
Podrobně zpracovaná problematika dotazníkového šetření vozidel komunální techniky a její výsledky jsou v příloze č. V03. s názvem „Analýza pro vozidla komunální techniky“, která vznikla jako jeden z výstupů dílčího projektu NAHYC DP002N – Modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030.

## 5.2 DOPRAVNÍ VÝKONY A DATA VOZIDEL

### 5.2.1 Dopravní výkon na dálnicích a silnicích v ČR

Celostátní sčítání dopravy probíhá pravidelně v 5letých intervalech s cílem zjištění skutečného vývoje dopravy na celé síti pozemních komunikací napříč celou ČR. Na základě celostátního sčítání dopravy v roce 2020 a 2021, které probíhalo na 6 465 sčítacích úsecích je k dispozici **Mapa intenzity dopravy na dálnicích a silnicích v ČR** (viz Obrázek 5.2).

Při vyloučení vlivu období s nejtvrďšími pandemickými opatřeními použitím ročních variací z CSD 2016 pak z předběžných výsledků ve srovnání s CSD 2021 vychází, že došlo k nárůstu intenzit dopravy na silniční a dálniční síti v průměru o 10 %. Největší nárůst byl zaznamenán na dálnicích v kategorii nákladních vozidel, a to o více než 20 % [12], [6].

**Obrázek 5.2** Mapa intenzity dopravy na dálnicích a silnicích v ČR v roce 2020 [6]

Intenzita dopravy v jednotlivých úsecích je základním parametrem pro určení poptávky po vodíku v jednotlivých lokalitách. I přesto, že data jsou z roku 2020 a jsou ovlivněna pandemií COVID-19, jsou dostatečným vodítkem pro potřeby metodiky.

### 5.2.2 Predikce počtu vozidel jednotlivých kategorií v roce 2030

Na základě dat z Eurostatu [13], Ročenky dopravy [14] a výhledu strategických dokumentů lze predikovat počet vozidel jednotlivých kategorií v České republice v roce 2030. Současná (k 12/2023) předjednaná strategická ambice k NAP CM do roku 2030 uvádí počty vozidel jednotlivých kategorií, uvedené v tabulce 3.4. Zároveň jsou uvedeny odhadované počty vodíkových plnicích stanic jednotlivých kategorií.

### 5.2.3 Průměrný roční nájezd vozidel a spotřeba vodíku

Určení celkové spotřeby vodíku v dopravě vychází z průměrných ročních vozidel jednotlivých kategorií, a průměrného množství spotřebovaného vodíku na 100 km v kilogramech. V literatuře lze dohledat různá data, která se mohou lišit až o desítky procent. Vycházeli jsme z průměrných hodnot ročních nájezdů a spotřeby vozidel, které jsou uvedeny v Tabulka 5.5, na základě podkladových dat CDV a průměrných hodnot ročních nájezdů za roky 2018 až 2021 u vozidel Euro 6/VI, tedy nová vozidla [15], [16], [17], [18], [19].

Tabulka 5.5 Průměrné roční nájezdy vozidel a spotřeba vodíku

Kategorie vozidla	Prům. roční nájezd (km/rok)	Spotřeba paliva (kg H <sub>2</sub> /100 km)	Spotřeba paliva (kg H <sub>2</sub> /den)
Osobní vozidla	14 500	0,8	0,3
Městské autobusy	65 800	10,0	18,0
Lehká užitková vozidla N1	20 200	1,6	0,9
Nákladní automobily typu N2	43 800	4,0	4,8
Nákladní automobily typu N3	68 700	10,0	18,8
Vysokozdvížený vozík			3,0

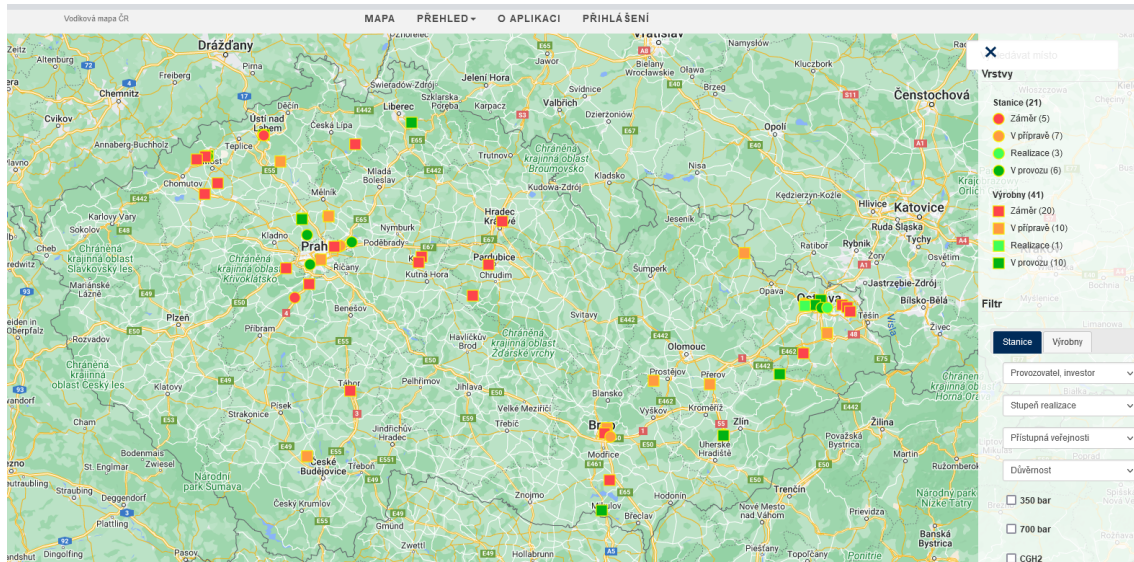
### 5.3 VODÍKOVÉ AKTIVITY A VODÍKOVÁ MAPA ČR

Dalším důležitým vodítkem pro budování vodíkové infrastruktury jsou místa, kde se již dnes rozvíjejí vodíkové aktivity. Kromě budování infrastruktury plnicích stanic je to především výroba vodíku. Vzhledem k jeho vlastnostem a dalším nákladům spojeným s přepravou a skladováním, dává smysl hledat místa poptávky právě v blízkosti, kde je vodík produkován. Vodíkové projekty v České republice mapuje aplikace **Vodíková mapa ČR**, která vznikla za účelem průběžného monitorování aktivit komerčních, nekomerčních a výzkumných subjektů propojených s vodíkovým hospodářstvím a jeho návaznosti na kterýkoliv sektor dopravy.

Vodíkové projekty jsou registrovány na úrovních: záměr, příprava, realizace a provoz. Hlavním cílem mapy je prohloubit vzájemné povědomí jednotlivých subjektů o svých záměrech a díky geolokačním parametrům podpořit efektivitu rozvoje vodíkové infrastruktury pro dopravu. Mapa slouží i pro orgány státní správy jako pomocný nástroj podrobného monitoringu rozvoje infrastruktury usnadňující strategické směřování efektivní podpory tak, aby tento rozvoj odpovídal i strategickým cílům ČR.

Mapa (viz Obrázek 5.3) vznikla na Centru dopravního výzkumu, v. v. i. ve spolupráci s Českou vodíkovou technologickou platformou (HYTEP), Ministerstvem dopravy (MD) a Ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO). [20]

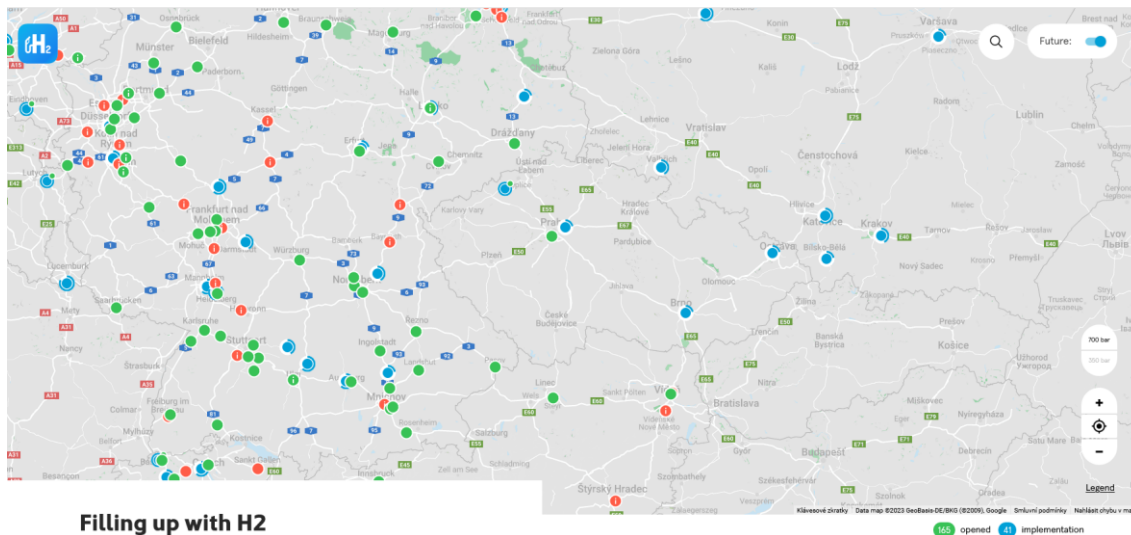
Obrázek 5.3 Vodíková mapa ČR pro monitorování aktivit propojených s vodíkovým hospodářstvím [20]



V prosinci 2023 byly v České republice otevřeny celkem 2 neveřejné plnicí stanice v Ostravě a Mstěticích u Prahy. Dále 2 veřejné vodíkové plnicí stanice na pražském Barrandově a v Litvínově. Vodíkových osobních automobilů bylo v ČR zaregistrováno do 9/2023 celkem 25 [21].

Pro modelování poptávky po vodíku v dopravě je důležité, aby lokace plnicích stanic v České republice logicky navazovala na síť stanic a vodíkovou infrastrukturu v okolních státech. Proto dalším datovým zdrojem jsou vodíkové aktivity v Evropě.

- Projekt **Hydrogen Infrastructure Map** představuje konkrétní plánované evropské projekty vodíkové infrastruktury a možné dopravní cesty a koridory [22].
- Iniciativa **European Hydrogen Backbone** se skládá ze skupiny třiatřiceti provozovatelů plynovodní přepravní infrastruktury, a má za cíl umožnit prosperující trh s obnovitelnými a nízkouhlíkovým vodíkem na základě národních analýz dostupnosti stávající infrastruktury zemního plynu, budoucího vývoje trhu se zemním plynem a budoucího vývoje trhu s vodíkem. Iniciativa se snaží podporovat hospodářskou soutěž na trhu, bezpečnost dodávek, poptávky a přeshraniční spolupráci mezi evropskými zeměmi a jejich sousedy. Konkrétní řešení infrastruktury bude vysoce závislé na budoucí dynamice nabídky a poptávky. Česká republika je do iniciativy zapojena prostřednictvím českého provozovatele přepravní infrastruktury NET4GAS, který má momentálně ve fázi před-studie proveditelnosti 3 projekty zaměřené na přepravu vodíku na území ČR. [23].
- Projekt **HRS Availability Map** je Evropský systém dostupnosti vodíkových čerpacích stanic. Informuje v reálném čase o dostupnosti VPS [24].
- Informace o stávajících a plánovaných vodíkových plnicích stanicích v Evropě, se zaměřením na Německo, podává portál **h2.live** (viz Obrázek 5.4). Stránka také poskytuje data o celkové poptávce po vodíku v dopravě v Německu od roku 2016 [25].

**Obrázek 5.4 Interaktivní mapa vodíkové infrastruktury v dopravě h2.live [25]**

V rámci rozvoje vodíkové ekonomiky v posledních letech vznikají ve světě tzv. vodíková údolí (vodíkové klastry). Jedná se o lokality, v nichž se technologie vodíku rozvíjí v rámci komplexního hodnotového řetězce. Koncentruje se zde výroba vodíku, jeho skladování, distribuce, efektivní využití, ale i věda a výzkum. V České republice se tzv. vodíkové údolí rodí například v Moravskoslezském a Ústeckém kraji.

V rámci analýzy a návrhu vhodných oblastí pro implementaci vodíkových technologií a poptávku po obnovitelném vodíku se díváme na běžící a plánované vodíkové projekty jako na důležitý základ na jehož základě je možné rozvíjet následně další oblasti.

### 5.3.1 Vodíková strategie Ústeckého kraje

Region Ústeckého kraje disponuje vlastní vodíkovou strategií [26], která hovoří o spolupráci klíčových subjektů a aktivitách věnujících se výrobě a využití vodíku. Strategie rozděluje region na menší oblasti (okresy) a navrhuje konkrétní cíle pro období 2025, 2030 a 2050. Oblast Ústecko a Mostecko v rámci celého regionu jsou oblasti, ve kterých se již začaly podnikat jednotlivé kroky pro rozvoj zeleného vodíku. Projekty ve zbývajících oblastech jsou ve fázi záměrů.

Kraj chce do roku 2030 podle strategie v dopravě navýšit počet automobilů o 3200 kusů, dále chce v regionu využívat 65 vodíkových autobusů v MHD a 285 nákladních vozů. V komunální technice chce disponovat vozidly na vodíkový pohon v počtu 50 kusů. Aby byla zajištěna dostatečná distribuce a dostupnost vodíku, chce k tomu vybudovat minimálně 6 vodíkových plnicích stanic.

Předpokládaná celková distribuční kapacita zeleného vodíku na území ústeckého kraje pomocí plynovodů je 1 000 tun ročně v roce 2030 a 86 000 ročně v roce 2050. Strategie také předpokládá distribuci plynovody do domácností. V roce 2030 by přepravní kapacita plynovodů do domácností měla být 1300 tun ročně a v roce 2050 až 6700 tun ročně.



Hlavním dodavatelem vodíku v regionu jsou společnosti ORLEN Unipetrol a Spolchemie. Momentálně se jedná převážně o šedý vodík, ale aktivity společností směřují k rozvoji produkce obnovitelného vodíku. Transport vodíku v regionu bude v prvotním období realizován pozemní silniční a vlakovou dopravou, která je však v tomto regionu na hranici své efektivní kapacity. Postupně by část transportu měly nahradit vodíkové produktovody spojující klíčové distributory a odběratele. Významným krokem je plánovaná výstavba plavebního stupně Děčínsko na řece Labe, která by otevřela možnost distribuce vodíku nákladní lodní dopravou z Německé strany.

V kraji však chybí dostatečný počet odborných pracovníků a kvalifikovaný tým, který by vedl rozvoj vodíkových aktivit v regionu. Mnoho projektů také vázne na problémech s přidělením dotací.

### 5.3.2 Vodíkové údolí Moravskoslezského kraje

Moravsko-Slezský region je významným průmyslovým regionem v České republice, který však trpí zhoršenou kvalitou ovzduší. Právě proto je snaha, aby dopravní i průmyslový sektor tohoto regionu přešel na nízkoemisní vodíkové technologie. V rámci regionu vznikla vize Vodíkového údolí (Hydrogen Valley), jehož hlavní partneři jsou Moravskoslezský kraj za veřejnou sféru, VŠB-TUO za akademickou sféru a společnost Cylinders Holding a.s. reprezentující podnikatelskou sféru. Memorandum o spolupráci podepsalo dalších 24 subjektů (ČEPRO, BorsodChem, Hyundai, Tatra, Ostrava město, DPO, České dráhy a jiné). Právě společnost Cylinders Holding, která je světově významným producentem nádob pro uskladnění vodíku, otevřela v roce 2022 vodíkovou plnicí stanicí.

Primární spotřebitel vodíku v tomto regionu má být dopravní sektor. Cílem je, aby do roku 2050 jezdily všechny autobusy na vodík. Znamenalo by to spotřebu vodíku 8 až 15 tun denně pro přibližně 600 autobusů. Kromě toho jsou vytipovány 3 vlakové trasy, kde by současné diesellové lokomotivy byly nahrazeny vodíkovými. V nejbližším období (do roku 2026) se plánuje nákup a nasazení 30 vodíkových autobusů a výstavba plničky s kapacitou 1 tuny vodíku za den. Znamenalo by to roční spotřebu vodíku pro autobusy v rozmezí 170 až 230 tun.

Dalším klíčovým spotřebitelem vodíku je průmysl. V regionu jsou 2 významné závody na zpracování a výrobu oceli (Liberty Ostrava a Moravia Steel Třinec). Čistý vodík by mohl nahradit stávající využívaný koks a zemní plyn.

Vodíkové město Vítkovice by mělo vzniknout i na místě dnešní rekultivované skládky Hrabůvka, která je jen pět minut jízdy od centra Ostravy a sousedí s ostravskými městskými částmi Hrabůvka a Hrabová. Vodíkové aktivity v tomto regionu však brzdí mnohé bariéry. Podle kompetentních zástupců kraje chybí peníze na dofinancování projektů, které sice byly schváleny a finanční prostředky uvolněny, ale mezitím ceny technologií šly prudce vzhůru.

Výrobu vodíku pomocí energie z biomasy plánuje v tomto regionu Veolia Energie ČR ve spolupráci s VŠB – Technickou univerzitou Ostrava. Společnost Veolia v regionu



provozuje teplárny a postupně připravuje vlastní výrobu čistého vodíku z obnovitelných zdrojů. Spolupráce s VŠB zahrnuje rozvoj vodíkových technologií v Moravskoslezském kraji, konkrétně projekty na výrobu zeleného vodíku v teplárnách v Krnově a Frýdku-Místku.

V regionu se jedná o možnosti vyrábět vodík ve spolupráci s připravovaným větrným parkem na Osoblažsku. Vyrobený vodík by využívala plánovaná plnicí stanice pro železniční dopravu v Krnově.

Také se jedná o možnostech využití prostor pod někdejší vítkovickou elektrárnou, kde by mohla vzniknout strategická zásoba vodíku pro kraj. Podle vedení Moravskoslezského kraje se Vítkovice ve spolupráci se skupinou ČEZ připravují na výstavbu vodíkového skladu, který by umožnil dodávky vodíku pro dopravu a průmyslové aplikace.

Už v roce 2024 by v jihozápadní části Ostravy mohl začít vyrůstat projekt Hydrogen Ostrava – velká fotovoltaická elektrárna s výkonem 30 MW, která by měla být doplněna o elektrolyzátor pro výrobu vodíku. Ten by mohl pohánět desítky krajských autobusů a několik vlaků. Fotovoltaická elektrárna by měla stát v ostravské části Svinov, pár set metrů od třebovické uhelné elektrárny, která městu dodává i teplo. Právě tady je podle kraje pro solární elektrárnu ideální strategické umístění. Je to totiž blízko železnice, centrálního autobusového stanoviště, tramvajové trati i distribuční elektrické sítě. Solární elektrárna s výkonem 30 MW by mohla podle představitelů kraje pokrýt celou spotřebu městské dopravy a k tomu by zvládla i krajské autobusy.

Cílem kraje je v první fázi zajistit až deset vodíkových autobusů pro Karvinsko na lince Havířov–Ostrava. Postupně s možnostmi zajištění plnění vodíkem budou přibývat další autobusy na vodíkový pohon pro celý kraj, také automobily pro úřady a příspěvkové organizace kraje, chystá se i výběrové řízení na vodíkové vlaky na trasách Krnov–Olomouc, a to už od začátku roku 2028 [27].

### 5.3.3 Vodíková Vysočina

Kraj Vysočina se rozhodl využít příležitostí spojených s vodíkovými technologiemi v oblasti energetiky a dopravy. Spolu s dalšími klíčovými hráči regionu, jako je Vysoká škola polytechnická Jihlava a společnosti SmartPlan a JIPOCAR Power, podepsal memorandum o spolupráci v oblasti výroby, skladování a využívání vodíkových technologií. Tímto se vytvoří otevřená platforma nazvaná „Vodíková Vysočina“ (Hydrogenhills), do které se mohou zapojit i další subjekty zabývající se vodíkovými technologiemi. Dne 18.9. 2023 se přidali společnosti ORLEN Unipetrol, TK EKO, Kolibrik.net a lcom.

Cílem je zvýšit konkurenceschopnost regionálních firem a vytvořit nová pracovní místa. Memorandum bude následováno akčním plánem, který bude obsahovat konkrétní kroky k realizaci v příštích 12 měsících. První aplikace se očekávají v oblasti dopravy. Plánované aktivity zahrnují nasazení vodíkových technologií do obslužné dopravy ve firmách, výstavbu vodíkové plnicí stanice a možnost využití vodíkových autobusů ve

veřejné dopravě. Spolupráce mezi veřejným, soukromým a akademickým sektorem je klíčová, a region plánuje získat inspiraci a osvědčené postupy zejména z Dolního Bavorska [28].

### 5.3.4 Plány společnosti ORLEN Unipetrol

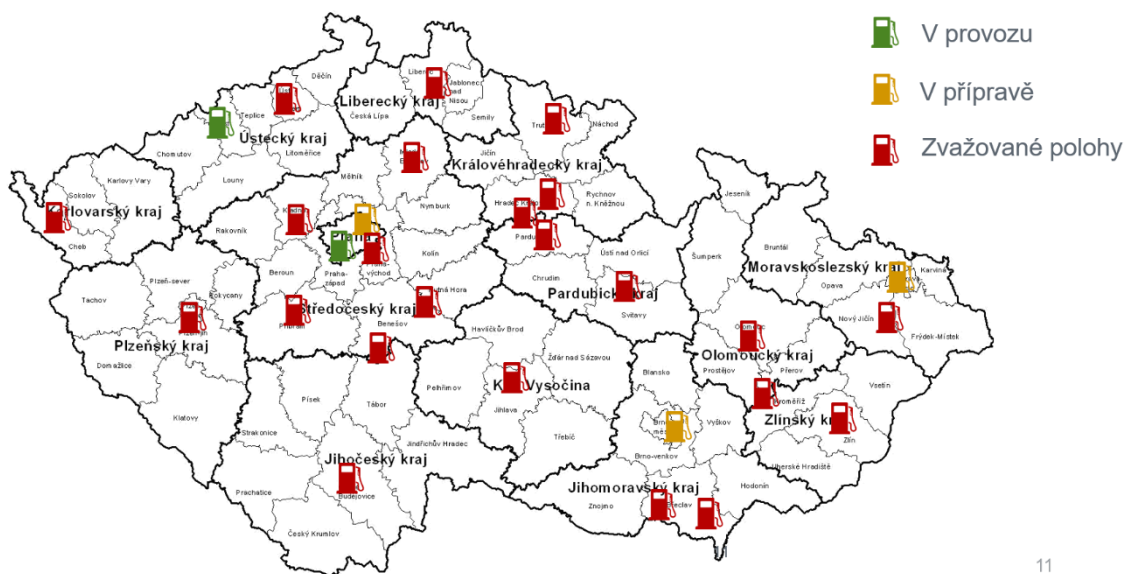
Rafinérská a petrochemická skupina ORLEN Unipetrol zahájila provozování vodíkových plnicích stanic na své síti ORLEN a tím reaguje na priority Evropské unie a České republiky v oblasti čisté mobility.

Ministerstvo dopravy podpořilo výstavbu vodíkové stanice na pražském Barrandově a v Litvínově. prostřednictvím Operačního programu doprava 2. Vodíková stanice na Barrandově je plně samoobslužná a přístupná veřejnosti non-stop. Cena vodíku na této stanici byla původně stanovena na 278 korun za kilogram, od 10.10. 2023 se zvedla na 399 Kč a od 1.11. 2023 na 499 Kč.

Společnost je klíčovým partnerem z hlediska budování vodíkové infrastruktury v ČR. Plánuje rozšířit vlastní výrobu zeleného vodíku a nejbližší by měla přibýt v jejím portfoliu nová plnicí stanice v areálu Chempark Záluží v Litvínově. ORLEN Unipetrol dále plánuje nákup vodíkových trailerů, stavbu veřejné vodíkové infrastruktury, podporovat rozvoj vodíkové mobility pro autobusy a na železnici.

Obrázek 5.5 zobrazuje realizované a plánované vodíkové plničky společnosti ORLEN Unipetrol. Zároveň jsou zobrazeny vytipované vhodné lokality pro další rozvoj, o kterém společnost uvažuje.

**Obrázek 5.5** Realizované a plánované vodíkové plničky společnosti Orlen Unipetrol společně s vhodnými lokalitami pro další rozvoj



11

Zdroj: ORLEN Unipetrol



ORLEN Unipetrol má také v plánu nabízet mobilní vodíkovou plnicí stanici schopnou pokrýt místa podle potřeby, případně jako záloha pro stacionární stanice v případě poruchy. Parametry mobilní stanice: plnicí tlak 350 bar, výdej minimálně 200 kg vodíku, bez připojení v síti (po dobu cca 5 h), bez kompresoru a chlazení.

### 5.3.5 Další vodíkové aktivity

#### Vodíkové memorandum uhelných regionů

Memorandum Ústeckého, Moravskoslezského a Karlovarského kraje je krokem k spolupráci v oblasti využití vodíku, zejména v podpoře vodíkových technologií a rozvoji konceptu „vodíkových údolí“. Cílem je transformovat uhelné regiony do prosperujících oblastí 21. století. Kraje se dohodly na spolupráci veřejného, soukromého a akademického sektoru. V rámci memorandum hejtmani podepsali deklaraci s ministrem životního prostředí, která vyjadřuje společný zájem na dosažení klimatických cílů, ochrany životního prostředí a prosperitu České republiky a jejích regionů.

Kraje disponují energetickými zdroji a významným průmyslem. Mají schopnosti vyrábět vodík a začlenit vodíkové technologie do svých programů. Univerzity v regionech mají znalosti a možnosti spolupracovat s dalšími akademickými pracovišti a podporovat výzkum v oblasti vodíku. Kraje se také angažují v projektech, jako je vodíková mobilita a plnicí stanice, a plánují rozvoj vodíkového hospodářství. Usilují o nastavení legislativy pro podporu výroby, distribuce a spotřeby vodíku.

Spolupráce mezi krajem a sektory veřejného, soukromého a akademického by měla vést k rozvoji vodíkové infrastruktury a financování těchto aktivit [29].

#### Mydlovary

Společnost E.ON provozuje v Mydlovarech unikátní soubor energetických technologií, včetně biomasového bloku, kogenerační jednotky, fotovoltaické elektrárny a bateriového úložiště. Plánuje také rozšíření o výrobu zeleného vodíku. Projekt v Mydlovarech začal před sto lety jako elektrárna na hnědé uhlí a postupně se transformoval na moderní energetický zdroj využívající obnovitelné zdroje energie. Kogenerační jednotka je v provozu již 12 let a E.ON je jedním z předních poskytovatelů podpůrných služeb ČEPSu. Vodík má velkou perspektivu pro budoucnost a E.ON se zajímá o jeho výrobu. Hlavním cílem je energetické využití vodíku na místě, ale existuje také potenciál pro průmyslové odvětví a dopravu. Projekt výroby zeleného vodíku v Mydlovarech je v pokročilé fázi, ačkoli existují technologické a legislativní výzvy, které je třeba řešit. Systém pro výrobu vodíku je modulární a škálovatelný, ale problém může nastat při přepravě vodíku a jeho integraci do plynové sítě, která zatím není legislativně podporována. E.ON je připraven investovat a hledá partnery pro dodávku technologií a zákazníky pro zelený vodík [30].

**Výběr dalších vodíkových projektů v ČR:**

- Středočeský kraj se chystá mít jednu z největších vodíkových flotil v Česku. Projekt zahrnuje provoz deseti vodíkových autobusů, které budou jezdit v okolí Mníšku pod Brdy od prosince 2024. ČEZ plánuje vybudovat plnicí stanici a zásobníky na vodík pro jejich provoz. Projekt se uchází o finanční podporu z evropských dotačních programů. Středočeský kraj chce jít příkladem v oblasti nízkoemisní a bezemisní dopravy jako nejlidnatější kraj v Česku.
- Logistická společnost DB Schenker vyjádřila svou ambici vytvořit flotilu vozidel s palivovými články na vodíkový pohon. Vodíkový pohon je výhodný především pro dálkovou přepravu, s vyšším užitečným zatížením, delším dojezdem a rychlejším tankováním ve srovnání s bateriovými vozidly. Fond Hydrogen2, vytvořený investorem Ladislavem Ornstem a jeho společníky, investuje do rozvoje vodíkové ekonomiky v Česku, včetně projektů ve společnosti DB Schenker, kde budou investovány prostředky do vodíkových vysokozdvizných vozíků a čerpací stanice.
- Společnost Packeta, do níž spadá i česká Zásilkovna, představila svou vodíkovou dodávku Master H2-TECH od Renault HYVIA. Společnost plánuje podnikat další kroky směrem k většímu využití vodíku v logistice v ČR. Do roku 2025 chce mít velkou část svého vozového parku na alternativní pohony a snížit uhlíkovou stopu o více než 30 % v následujících pěti letech. Kroky společnosti by mohly naznačovat směřování dalších přepravních společností.
- Společnost FOR H2ENERGY spolu s Ústeckým krajem pracuje na projektu H2 Triangle, který má za cíl vytvořit vodíkové hospodářství v areálu průmyslové zóny Triangle u Žatce. Projekt zahrnuje výrobu zeleného vodíku pomocí solární energie, výstavbu vodíkových stanic a vědecko-výzkumného centra. Jeho cílem je snižovat negativní dopady klimatických změn a přispívat k místní ekonomice a zaměstnanosti.
- V Brně se rozjely přípravné práce na využití vodíku v rámci projektu, který by měl zahrnovat pohon autobusů městské hromadné dopravy pomocí zeleného vodíku dodávaného z Tepláren Brno. Projekt je součástí memoranda o využití vodíku podepsaného mezi různými organizacemi, včetně brněnského magistrátu, Tepláren Brno, Dopravního podniku města Brna a VUT v Brně. Plánuje se studie proveditelnosti umístění elektrolyzéry a plnicí stanice v areálu teplárny v Maloměřicích, stejně jako výstavba plničky pro autobusy MHD.
- Automobilka Tatra Trucks ve svém areálu v Kopřivnici vyvíjí nákladní vůz na vodíkový pohon. Tatra plánuje také výstavbu solárního parku a vlastní výrobu vodíku.
- Společnost Solar Global v Napajedlech se chystá veřejnou plnicí stanicí na vodík vyrobený z obnovitelných zdrojů energie. Plánovaná roční produkce vodíku by dosáhla 8 tun, což by pokrylo dojezd přibližně 800 000 kilometrů u vodíkového osobního vozu. Celková investice do projektu se odhaduje na 90 milionů korun, s plánovaným dokončením na přelomu let 2024 a 2025.



## 5.4 MODELOVÁNÍ POPTÁVKY PO VODÍKU V DOPRAVĚ

### 5.4.1 Stanovení množství spotřebovaného vodíku v dopravě v roce 2030

Na základě předpokládaného počtu vodíkových vozidel v České republice v roce 2030. (předjednaná strategická ambice k NAP CM), dostupných údajů o průměrném ročním nájezdu a měrné spotřebě vodíku na 100 km, byla vypočtena předpokládaná spotřeba vodíku v dopravě pro jednotlivé kategorie vozidel. Hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 5.6.

**Tabulka 5.6 Předpokládaná roční spotřeba paliva v roce 2030**

Kategorie vozidla	Prům. roční nájezd (km/rok)	Spotřeba paliva (kg H <sub>2</sub> /100 km)	Počet k roku 2030	Spotřeba H <sub>2</sub> (tun/rok)
Osobní vozidla	14 500	0,8	4 000	464
Městské autobusy	65 800	10,0	250	1 645
Lehká užitková vozidla N1	20 200	1,6	1 200	388
Nákladní automobily typu N2	43 800	4,0	200	350
Nákladní automobily typu N3	68 700	10,0	400	2 748
<b>Celkem</b>				<b>5 595</b>

Tabulka vychází z předpokladu, že počet vozidel nezahrnuje tranzitující vozidla přes Českou republiku. Celková spotřeba vodíku činí 5 595 tun ročně pro rok 2030. Jen pro představu – **v případě denní kapacity jedné plničky 0,5 tuny vodíku denně to znamená počet 31 vodíkových plnicích stanic v České republice v roce 2030.**

### 5.4.2 Minimální povinný počet plnicích stanic na základě AFIR

Evropské nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR) se v praxi přepíše do minimálního počtu plnicích stanic na území České republiky. Minimální počet plnicích stanic byl odhadnut na 16, na základě následujících předpokladů.

- Předpokládaná celková délka hlavních sítí TEN-T v roce 2030, po dokončení rozestavěných a plánovaných úseků, bude 1 115 kilometrů.
- Vydělením číslem 200 (každých 200 kilometrů na hlavních TEN-T, plnicí stanice) dostáváme počet 6.
- Stanice by se měla nacházet do 10 kilometrů od hlavní TEN-T sítě
- Každá z těchto 6 stanic má výdej 1 tunu vodíku denně.
- V každém městském uzlu 1 plnicí stanice: 10 městských uzlů: Brno, Liberec, Olomouc, Ostrava, Plzeň, Praha, Ústí nad Labem, Hradec Králové, Pardubice, České Budějovice.

Centrum dopravního výzkumu (CDV) vypracovalo na základě požadavků prezentovaných v nařízení AFIR předběžnou analýzu, která stanovuje minimální počet

a rozmístění vodíkových čerpacích stanic na území České republiky a reflektuje tyto podmínky:

- Zajištění přeshraničních úseků.
- Kapacita, nebo kumulativní kapacita nebyla zohledněna.
- Kde bylo možné zkombinovat požadavek TEN-T a městských uzlů, byly sloučeny stanice do jedné.

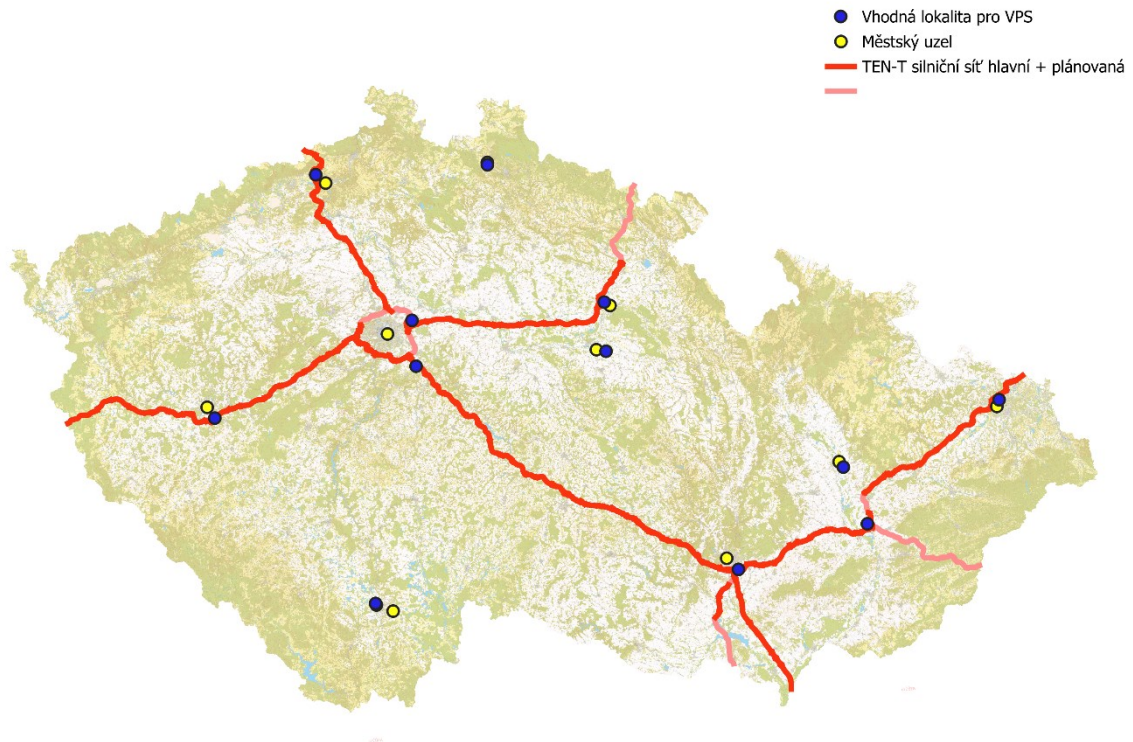
Vodíková plnicí stanice byla umístěna do místa stávající čerpací stanice, která byla posuzována na základě těchto kritérií:

- blízkost významné městské aglomerace,
- návaznost na stávající vodíkové plnicí stanice a městské uzly sousedních zemí,
- dostatečný volný prostor pro umístění technologie (na základě odhadu),
- snadná dostupnost pro nákladní dopravu jejíž navýšení nebude znamenat negativní vliv na obydlené oblasti,
- preference vybudování jednostranné čerpací stanice na dálnici s požadavkem na minimální dodatečný nájezd vozidla z opačného směru,
- blízkost dálniční křižovatky a minimální dodatečný nájezd, který byl stanoven na max. 10 km.

Pro umístění byly uvažovány pouze stávající čerpací stanice registrované Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. Výsledek analýzy vyhotovené Centrem dopravního výzkumu je prezentovaný v následujícím obrázku, který blíže specifikuje umístění vodíkových plnicích stanic na území České republiky (viz Obrázek 5.6).

Možností, jak naplnit cíle AFIR je i větší množství menších plniček na TEN-T síti. Kumulativně by ale každých 200 km měly dát 1 tunu výdeje vodíku.

Obrázek 5.6 Odhad rozmístění vodíkových plnicích stanic na území ČR podle zpracování CDV reflektující aktuální návrh AFIR



Zdroj: CDV

#### 5.4.2.1 **Výpočet poptávky po vodíku ve vybraných lokalitách plnicích stanic**

Poptávku po vodíku ve vybraných lokalitách bude určovat intenzita dopravy v jednotlivých úsecích. V Tabulka 5.7 jsou uvedeny navržené lokality, a průměrná denní intenzita dopravy vozidel vybraných kategorií na základě dat CDV.

**Tabulka 5.7 Průměrná denní intenzita dopravy v navrhovaných lokalitách vodíkových plnicích stanic v obou směrech jízdy**

Lokalita	Městský uzel	TENT hlavní	Osobní vozidla M1	Nákladní vozidla N1 + N2 + N3
Brno	Ano	Ano	43 302	15 196
Břest	Ne	Ano	13 310	3 347
České Budějovice	Ano	Ne	17 296	3 048
Hradec Králové	Ano	Ano	13 502	4 501
Liberec	Ano	Ne	42 809	6 883
Olomouc	Ano	Ne	24 421	5 394
Ostrava	Ano	Ano	13 296	6 357
Pardubice	Ano	Ne	5 988	1 090
Plzeň	Ano	Ano	18 872	9 857
Praha	Ano	Ano	46 477	8 672
Strančice	Ne	Ano	59 437	17 979
Ústí nad Labem	Ano	Ano	9 590	5 937

*Zdroj: CDV*

- Kategorie autobusů se v tabulce nenachází, protože předpokládáme, že se nebudou plnit při běžném přejezdu po dálnici vzhledem k časové ztrátě, kterou by plnění autobusů mohlo způsobit dopravcům.
- Průměrná denní intenzita dopravy zahrnuje i vozidla jezdící ve stejný den v obou směrech (např. lidé jezdící do práce), takže část vozidel je ve statistice zahrnuta dvakrát.
- Z tabulky průměrné denní intenzity dopravy, a odhadovaného počtu vodíkových vozidel v ČR v roce 2030, je vypočteno poměrné množství vodíkových vozidel v dané lokalitě.

Výpočet byl realizován ve dvou scénářích:

### 1. Scénář min. VPS

Scénář vychází z předpokládaného počtu vodíkových vozidel v ČR, a předpokládá, že rozvoj infrastruktury VPS bude minimální, a všechna H<sub>2</sub> vozidla (kromě autobusů) budou využívat pouze uvedených 12 lokalit VPS v ČR.

Množství spotřebovaného vodíku v jednotlivých lokalitách pro scénář min. VPS je uveden v Tabulka 5.8.



**Tabulka 5.8 Množství spotřebovaného vodíku v jednotlivých lokalitách – scénář min. VPS**

Lokalita	Spotřeba paliva (kg H <sub>2</sub> /den)				Celkem
	M1	N1	N2	N3	
Brno	179	183	165	1 296	<b>1 823</b>
Břest	55	40	36	286	<b>417</b>
České Budějovice	71	37	33	260	<b>401</b>
Hradec Králové	56	54	49	384	<b>543</b>
Liberec	177	83	75	587	<b>921</b>
Olomouc	101	65	59	460	<b>684</b>
Ostrava	55	77	69	542	<b>743</b>
Pardubice	25	13	12	93	<b>143</b>
Plzeň	78	119	107	841	<b>1 145</b>
Praha	192	104	94	740	<b>1 130</b>
Strančice	245	216	196	1 534	<b>2 191</b>
Ústí nad Labem	40	71	65	506	<b>682</b>
<b>Celkem</b>					<b>10 823</b>

## 2. Scénář max. VPS

Scénář předpokládá maximální rozvoj a dostupnost infrastruktury VPS, vodíková vozidla budou doplňovat palivo kontinuálně a koncentrace vodíkových vozidel ve vybraných lokalitách nebude navýšena z důvodu lokace VPS. Výpočet spotřeby vodíku předpokládá, že dané vozidlo prochází v jeden den pouze jednou lokalitou. Duplicitu vozidel v tomto smyslu jsou zanedbány. Zároveň, každé vodíkové vozidlo bude při přechodu vybranou lokalitou VPS doplňovat palivo.

Množství spotřebovaného vodíku v jednotlivých lokalitách pro scénář min. VPS je uveden v Tabulka 5.9.

**Tabulka 5.9 Množství spotřebovaného vodíku v jednotlivých lokalitách – scénář max. VPS**

Lokalita	Spotřeba paliva (kg H <sub>2</sub> /den)				Celkem
	M1	N1	N2	N3	
Brno	9	19	17	134	<b>179</b>
Břest	3	4	4	30	<b>40</b>
České Budějovice	3	4	3	27	<b>38</b>
Hradec Králové	3	6	5	40	<b>53</b>
Liberec	8	9	8	61	<b>86</b>
Olomouc	5	7	6	48	<b>65</b>
Ostrava	3	8	7	56	<b>74</b>
Pardubice	1	1	1	10	<b>13</b>
Plzeň	4	12	11	87	<b>114</b>
Praha	9	11	10	77	<b>107</b>
Strančice	12	22	20	159	<b>214</b>
Ústí nad Labem	2	7	7	53	<b>69</b>
<b>Celkem</b>					<b>1 052</b>

### 5.4.3 Modelování poptávky na základě výsledků dotazníku

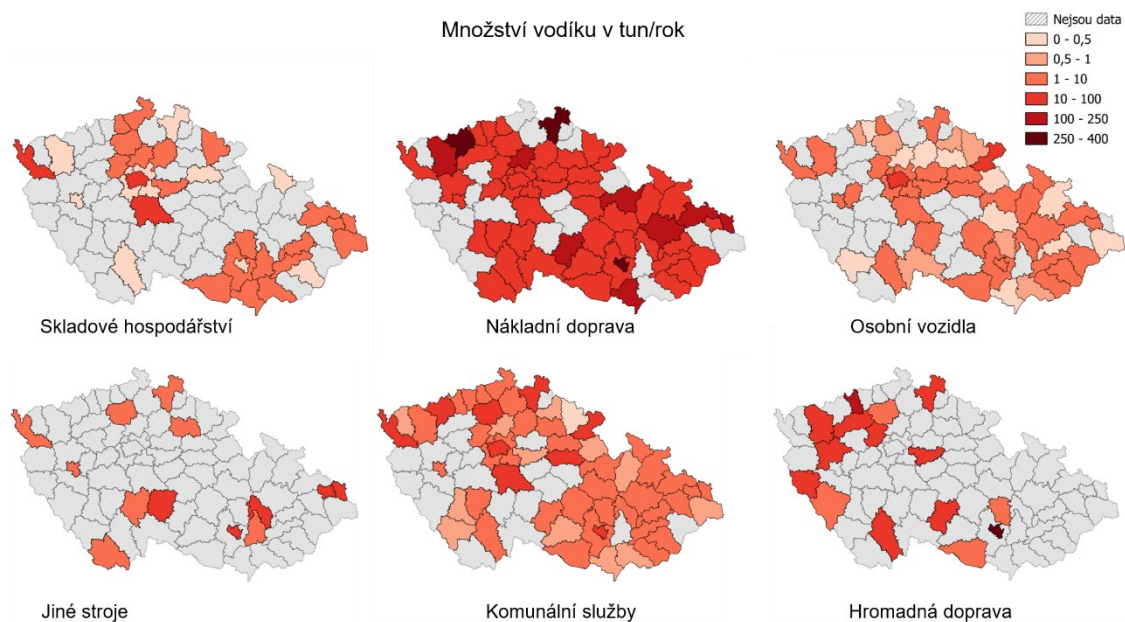
Na základě zpracování dat z výsledků dotazníku průzkumu ochoty firem využívat vodík v dopravě je možné modelovat poptávku po vodíku v dopravě jednotlivých kategorií vozidel. Dotazované firmy uváděly velikost svého vozového parku a ochotu přejít na využívání vodíku v roce 2030. V případě, že by jejich současný zájem byl realizován v jimi uvedeném rozsahu, počet vozidel jednotlivých kategorií a jejich spotřeba vodíku by odpovídala hodnotám uvedeným v Tabulka 5.10.

**Tabulka 5.10 Počet vodíkových vozidel jednotlivých kategorií firem na základě odpovědi v dotazníku**

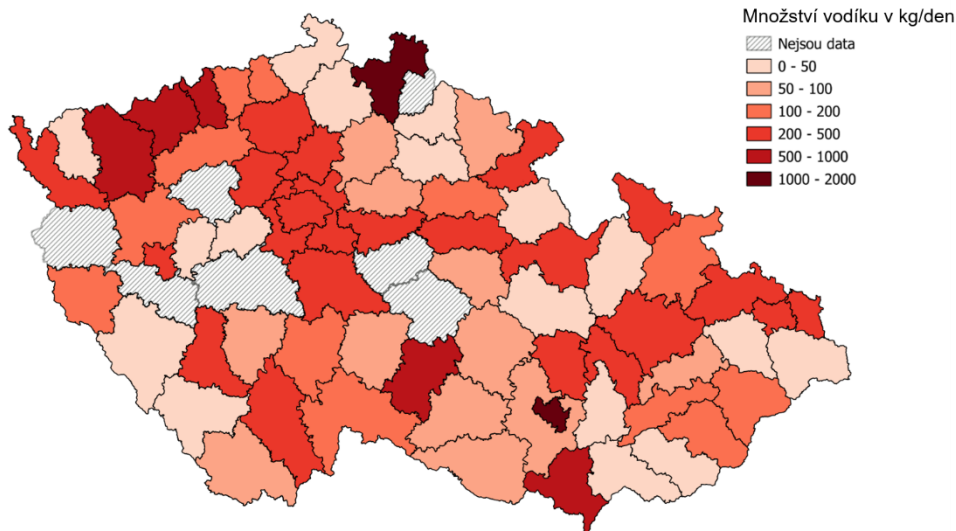
Kategorie vozidel	Množství v roce 2030 (ks)	Spotřeba H <sub>2</sub> (tun/rok)
Hromadná doprava	163	1 073
Nákladní doprava	811	4 262
Komunální služby	762	325
Skladové hospodářství	96	105
Osobní vozidla	742	171
Jiná vozidla a stroje	81	162
<b>Celkem</b>	<b>2 655</b>	<b>6 098</b>

Spotřeba vodíku byla vypočtena na základě typických nájezdů vozidel jednotlivých kategorií. Rozmístění množství spotřebovaného vodíku na úrovni okresů pro jednotlivé kategorie vozidel je zobrazeno na Obrázek 5.7.

**Obrázek 5.7 Rozmístění množství spotřebovaného vodíku na úrovni okresů na základě dotazníkového šetření**



**Obrázek 5.8 Celková poptávka po vodíku v roce 2030 pro jednotlivé okresy na základě dotazníkového šetření**



Obrázek 5.8 pak zobrazuje celkovou poptávku po vodíku v roce 2030 pro jednotlivé okresy na základě dotazníkového šetření v kilogramech vodíku za den. Je nutno poznamenat, že spotřeby odpovídají pouze firmám zapojeným do dotazníku.

Okresy, ze kterých nebyla zapojena žádná firma do dotazníku, případně okresy, kde dotazované firmy nemají zájem o přechod na vodíkové palivo jsou v mapách vyznačeny šedou barvou (Havlíčkův Brod, Jablonec nad Nisou, Kutná Hora, Plzeň-jih, Příbram, Rakovník, Tachov).

Okresy s největším množstvím spotřebovaného vodíku v roce 2030 na základě odpovědí v dotazníku jsou: Brno-město (1936 kg H<sub>2</sub>/den), Liberec (1139 kg H<sub>2</sub>/den), Chomutov (965 kg H<sub>2</sub>/den), Karlovy Vary (814 kg H<sub>2</sub>/den), Most (714 kg H<sub>2</sub>/den) a Jihlava (658 kg H<sub>2</sub>/den).

Podrobně zpracované výsledky průzkumu ochoty firem přejít na vodík v dopravě jsou uvedeny v příloze č. V06. s názvem „Analýza a návrh vhodných oblastí“, která vznikla jako jeden z výstupů dílčího projektu NAHYC DP002N – Modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030.

## 5.5 VÝSTUPY A ZHODNOCENÍ

Na základě výše uvedených dat a modelování poptávky po vodíku v roce 2030 můžeme určit předpoklad průměrné denní spotřeby vodíku v České republice. V principu jsme použili 3 různé přístupy stanovení spotřeby vodíku, které není objektivně navzájem vůči sobě srovnávat. Tabulka 5.11 uvádí výslednou denní spotřebu vodíku na základě požadavků AFIR, předjednané strategické ambice k NAP CM a výsledků průzkumu ochoty firem přejít na vodík v dopravě.

**Tabulka 5.11 Srovnání průměrné denní spotřeby vodíku v roce 2030 na základě průzkumu ochoty firem, NAP CM a AFIR**

	Spotřeba H <sub>2</sub> (tun/den)	Spotřeba H <sub>2</sub> (tun/rok)
AFIR -12 lokalit, Scénář min. VPS *	10,8	3 950
AFIR -12 lokalit, Scénář max. VPS *	1,1	384
NAP CM	15,3	5 595
Průzkum ochoty firem	16,7	6 098

\* - Průměrná spotřeba vodíku pouze ve vybraných lokalitách, na základě daných scénářů, nejsou zahrnuty městské autobusy

**Evropské nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR)** zavádí požadavek na minimální počet VPS, který byl stanoven na 12.

- Denní spotřeba vodíku, uvedená v tabulce, zahrnuje pouze vybraných 12 lokalit a reflektuje současnou intenzitu dopravy v těchto místech.
- Předpokládáme, že počet VPS na síti TEN-T bude vyšší, a bude se jednat o větší počet plnicích stanic s celkovou menší denní kapacitou než 1 tuna vodíku denně.

**Národní akční plán čisté mobility** v předjednané verzi specifikuje počet vozidel jednotlivých kategorií pro rok 2030 v České republice. Na základě toho byla vypočtena průměrná denní spotřeba, která činí 15,3 tun denně. To odpovídá přibližně 31 VPS v České republice v roce 2030, v případě průměrné denní kapacity jedné plničky 0,5 tuny.

- Predikovaný počet vozidel vycházející z NAP CM musí reflektovat např. plány soukromých firem, zahraniční vozidla, která budou využívat infrastrukturu VPS v ČR atp.
- Osobní vozidla kategorie M1 tvoří 66 % z celkového počtu předpokládaných vodíkových vozidel, následují lehká užitková vozidla N1 (20 %). Zbytek je rozdělen mezi městské autobusy a nákladní automobily typu N2 a N3.

**Průzkum ochoty firem přejít na vodík** ukazuje, že výsledná spotřeba vodíku by, v případě přechodu v rozsahu uvedeném firmami v dotazníku, byla 16,7 tun za den.

Hodnota je srovnatelná s výpočtem na základě NAP CM, přičemž počet vodíkových vozidel je méně než poloviční. Je však třeba poznamenat, že:

- Osobní vozidla kategorie M1 tvoří je 19 % z celkového počtu vodíkových vozidel v roce 2030 na základě odpovědí dotazníku, většina jsou velká vozidla, jako autobusy, nákladní vozidla, lehké nákladní, užitkové vozy, dále svozové vozy komunálního odpadu, multifunkční užitkové vozy atd.
- Firmy zároveň s ochotou přejít na vodíková vozidla uváděly i kritéria, která ovlivňují jejich zájem, jako je dojezd vozidla, rychlost doplnění paliva nebo ekonomika, co může být při konečném rozhodování důležitý faktor.
- Je zaznamenáno 1320 odpovědí na dotazník, což zdaleka nezahrnuje všechny firmy v ČR.
- Předpokládáme jistou míru konzervativního přístupu u firem. Pravděpodobnost, s jakou budou firmy v roce 2030 reálně přecházet na vodíkové palivo, může být výrazně nižší, než je deklarovaný zájem o přechod v roce 2023.

### 5.5.1 Návrh vhodných lokalit pro rozmístění VPS na území ČR

Na závěr modelování poptávky po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku v dopravě jsou navrženy konkrétní lokality, kde rozvoj vodíkové ekonomiky dává opodstatněný smysl. NAP CM cílí na počet 35 až 45 VPS v roce 2030. Na základě výše uvedené analýzy je návrh rozdělen do 2 variant:

#### 1.Varianta: „Silnice“:

- Vychází z minimálních požadavků nařízení AFIR (12 lokalit) a doplňuje je o 24 dalších lokalit na základě intenzity dopravy primárně na dálniční síti a silnicích 1. třídy.

#### 2.Varianta: „Firmy“:

- Vychází z výsledků dotazníkového šetření „Průzkum ochoty firem využívat vodík v dopravě“ a navrhuje 41 okresních měst, kde denní poptávka po vodíku přesahuje 100 kg/den.

##### 5.5.1.1 Varianta „Silnice“

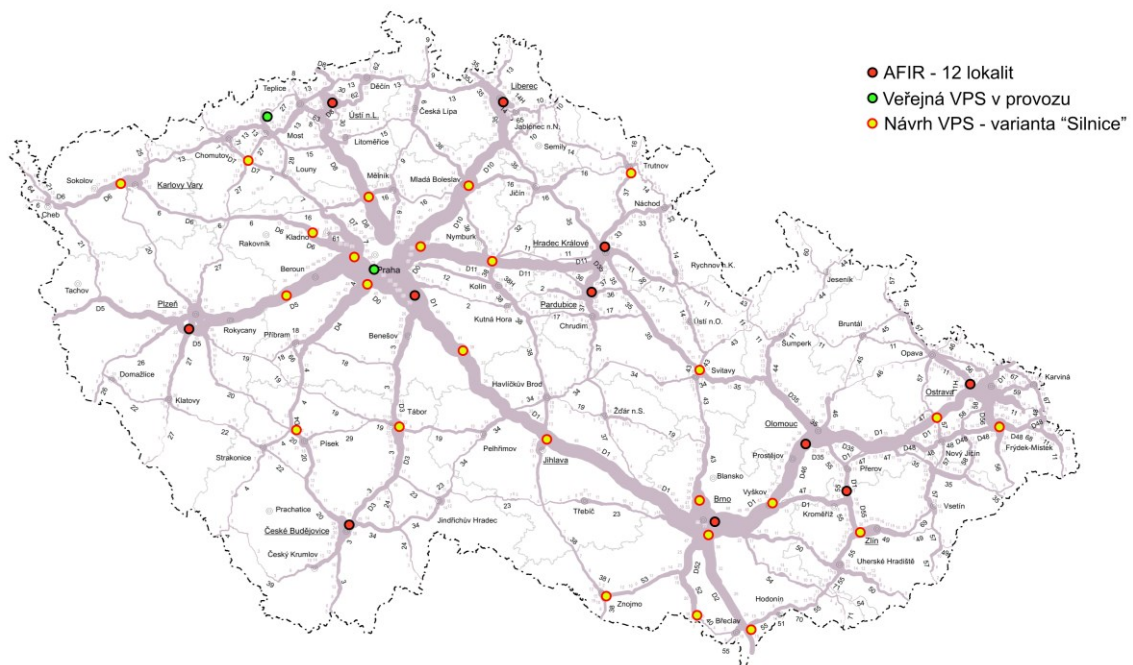
Vycházejí z 12 lokalit, navržených na základě požadavků AFIR (TEN-T síť a městské uzly), byl realizován návrh tak, aby síť VPS reflektovala předpokládanou poptávku po vodíku v dopravě. Byly zohledněny následující parametry:

- intenzita dopravy na dálnicích a silnicích 1. třídy,
- 100 km úseky TEN-T,
- pokrytí významných silničních uzlů na dálnicích a silnicích 1. třídy
- předpokládaná vyšší četnost FCEV a poptávky po vodíku v blízkosti velkých měst a aglomerací (Praha, Brno, Ostrava atd.), případně přeshraničních uzlů (Bratislava, Vídeň atd.),

- předpoklad poptávky po vodíku zohledněním stávajících a plánovaných vodíkových aktivit na území ČR,
- zohlednění dokončených úseků silnic 1. třídy v roce 2030,
- Nebyla řešena konkrétní lokace VPS a zkoumána vhodnost pozemku stávajících čerpacích stanic.

Vybrané lokality jsou znázorněny na Obrázek 5.9, s podkladovou mapou intenzity dopravy v jednotlivých úsecích.

**Obrázek 5.9** Návrh lokalit VPS na podkladové mapě intenzity dopravy



Vybraných 12 lokalit na základě AFIR bylo doplněno o následující místa: Brno – Ivanovice, Brno – Modřice, Břeclav, Frýdek-Místek, Hladké Životice (D1 u Ostravy), Jihlava, Karlovy Vary, Kladno, Mikulov, Mladá Boleslav, Mělník (Nová Ves), Otrokovice (Zlín), Poděbrady, Praha – Černý Most, Praha – Zličín, Praha – Zbraslav, Střešovice (D1), Svitavy, Tábor, Trutnov, Vyškov (D1), Zdice (D5), Znojmo, Žatec (D7). Celý postup výběru VPS a popis vybraných lokalit je uveden v příloze č. V06. s názvem „Analýza a návrh vhodných oblastí“.

### 5.5.1.2 Varianta „Firmy“

Vyhodnocením průzkumu ochoty firem přejít na vodík v dopravě je možné určit oblasti (okresy), které jsou vhodné pro umístění VPS na základě poptávky po vodíku.

Spotřeba vodíku jednotlivých kategorií vozidel v roce 2030 na základě dotazníkového šetření, rozdělena do krajů je uvedeno v Tabulka 5.12.

**Tabulka 5.12 Spotřeba vodíku v kg/den jednotlivých kategorií vozidel v roce 2030 na základě dotazníkového šetření, rozdělena do krajů.**

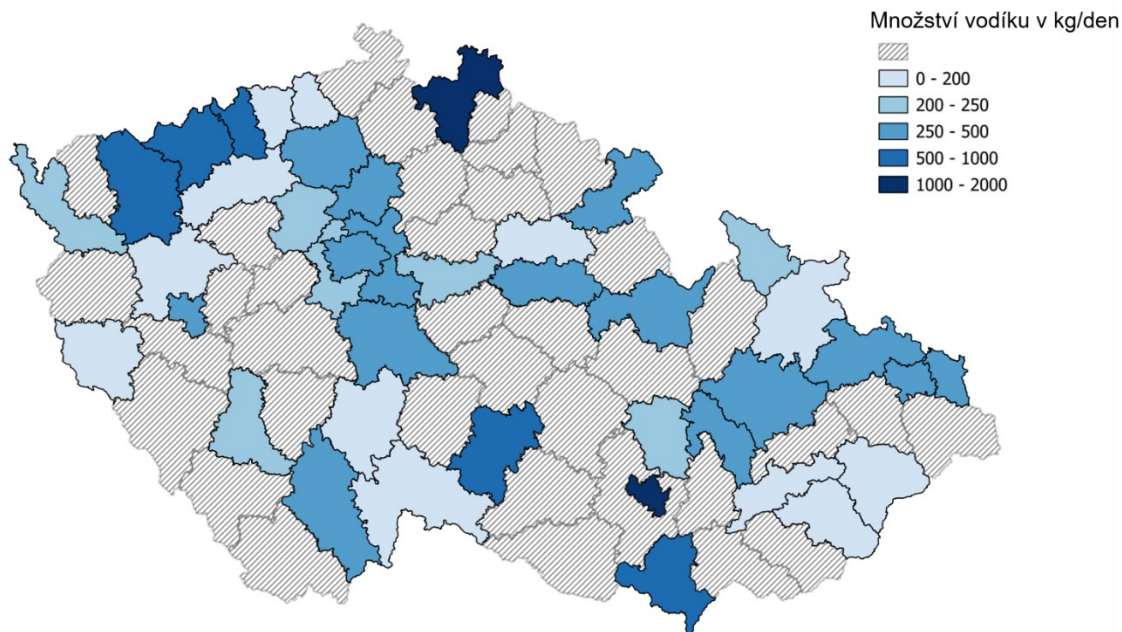
Kraj	Spotřeba vodíku v kg/den						Celk. denní spotřeba
	Hromadná doprava	Nákladní doprava	Komunální služby	Skladové hospodářství	Osobní vozidla	Jiné stroje	
Jihomoravský	180	1 388	87	53	75	0	<b>2 971</b>
Ústecký	270	752	17	1	25	22	<b>2 521</b>
Středočeský	288	305	18	1	26		<b>1 784</b>
Moravskoslezský		694	66	46	25	27	<b>1 310</b>
Liberecký	739	1 656	88	21	11	5	<b>1 150</b>
Jihočeský	36	1 040	44	1	23	5	<b>1 087</b>
Olomoucký		464	57	4	57	5	<b>1 050</b>
Karlovarský	0	792	58	0	15	0	<b>1 039</b>
Vysočina	198	576	19		12	82	<b>887</b>
Pardubický		1 572	152		40		<b>866</b>
Plzeňský	0	924	39	7	46	33	<b>645</b>
Královéhradecký		291	17	4	45	0	<b>587</b>
Hlavní město Praha		1 022	64	45	36		<b>454</b>
Zlínský		202	162	57	33	0	<b>357</b>

Kraje Jihomoravský, Ústecký, Středočeský a Moravskoslezský budou na základě průzkumu spotřebovat v roce 2030 největší množství vodíku, což odpovídá zapojení firem do dotazníkového šetření, ale i hustotě aglomerace v těchto krajích.

Byly vybrány okresy, kde poptávka po vodíku přesahovala hodnotu 100 kg za den. To zahrnuje následujících 41 okresů: Brno-město, Liberec, Chomutov, Karlovy Vary, Most, Jihlava, Břeclav, Karviná, Ústí nad Orlicí, Praha, Olomouc, České Budějovice, Opava, Mělník, Náchod, Litoměřice, Pardubice, Prostějov, Praha-východ, Benešov, Plzeň-město, Ostrava-město, Kolín, Praha-západ, Blansko, Cheb, Kladno, Jeseník, Strakonice, Domažlice, Bruntál, Louny, Ústí nad Labem, Jindřichův Hradec, Plzeň-sever, Hradec Králové, Teplice, Tábor, Kroměříž, Zlín a Vsetín.

Obrázek 5.10 znázorňuje vybrané okresy a denní množství spotřebovaného vodíku ve variantě "Firma":

Obrázek 5.10 41 vybraných okresů a denní množství spotřebovaného vodíku ve variantě "Firmy"



Konkrétní specifikace VPS, jako je veřejná dostupnost (veřejná/neveřejná), denní výdejní kapacita, výstupní tlak (350/700 bar), dostupnost pro nákladní dopravu atd., bude ovlivněn primárně kategorií vozidel, která budou VPS využívat. V Tabulka 5.13 je uveden výčet vybraných okresů a procentuální zastoupení jednotlivých kategorií vozidel.

Tabulka 5.13 Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií vozidel ve vybraných okresech

Okres	Denní spotřeba [kg/den]	Hromadná doprava	Nákladní doprava	Komunální služby	Skladové hosp.	Osobní vozidla	Jiné stroje
Brno-město	1 936	52%	36%	5%	0%	1%	5%
Liberec	1 139	3%	91%	3%	0%	2%	0%
Chomutov	965	0%	97%	3%	0%	0%	0%
Karlovy Vary	814	22%	73%	2%	0%	3%	0%
Most	714	91%	8%	1%	0%	0%	0%
Jihlava	658	30%	68%	2%	0%	0%	0%
Břeclav	625	0%	99%	0%	0%	0%	0%
Karviná	489	0%	80%	4%	4%	0%	12%
Ústí nad Orlicí	468	0%	95%	4%	0%	1%	0%
Praha	454	0%	44%	36%	13%	7%	0%

Pro názornost, v tabulce je uvedeno prvních 10 okresů. Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií vozidel pro všech 41 vybraných okresů je uvedeno v příloze č. V06. s názvem „Analýza a návrh vhodných oblastí“.



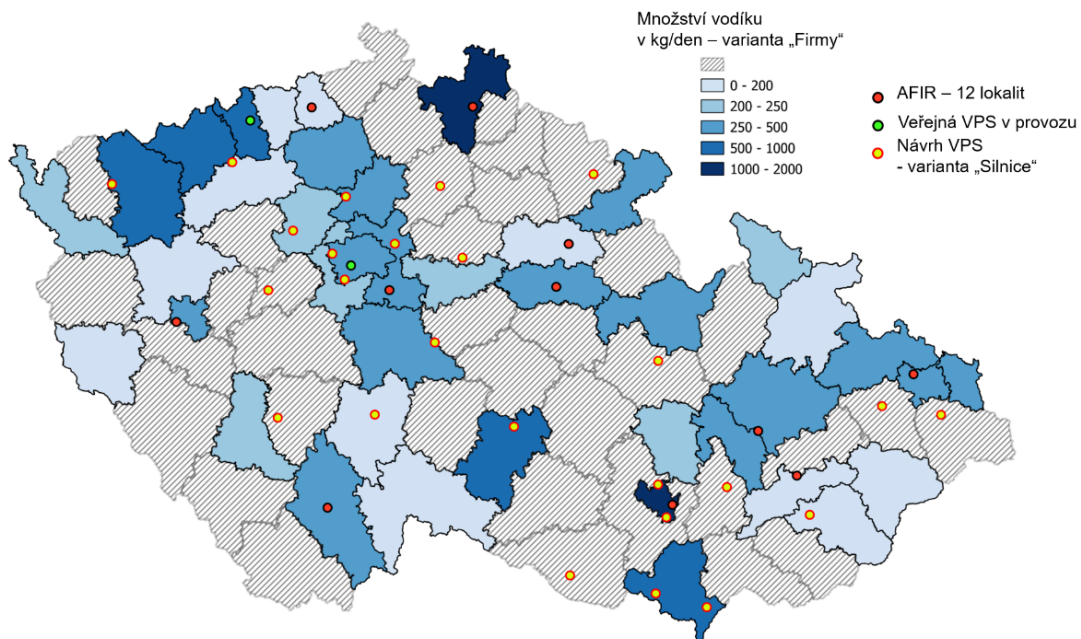
### 5.5.1.3 Srovnání variant

Je zřejmé, že obě uvedené varianty vycházejí z odlišného přístupu modelování poptávky. V prvním případě byl důraz kladen na poptávku na silniční síti na základě intenzity dopravy. Druhý případ se zaměřil na vyhodnocení průzkumu ochoty firem a kvantifikuje poptávku na úrovni okresů.

Výsledná diverzifikace vodíkových plnicích stanic by měla vycházet z jistého průniku obou variant. Předpokládá se, že některé firmy, jako jsou dopravní podniky, případně logistická centra si vybudují soukromé VPS pro vlastní spotřebu. Jiné, menší firmy, budou využívat síť veřejně dostupných VPS, a míra jejich přechodu na vodík jako palivo ve své flotile vozidel, jak uváděli v průzkumu, bude závislá na dostupnosti infrastruktury VPS.

Obrázek 5.11 znázorňuje průnik obou variant na mapě okresů ČR. Jde vidět, že většina navržených VPS ve variantě "Silnice" koresponduje s okresy vybranými ve variantě "Firmy".

**Obrázek 5.11 Průnik obou variant na mapě okresů ČR**





## 6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Pro rozvoj vodíkové mobility bude cena vodíku na stanicích zásadní. Na začátku rozvoje s nedostatečnou sítí stanic a omezené poptávce je při započtení celého vodíkového řetězce prakticky nemožné dostat se na příznivou cenu vodíku. Proto je nezbytné, aby prvotní rozvoj byl dotován a podporován. K již fungujícím výzvám by měli přibýt další výzvy, které budou dotacemi pokrývat další části řetězce jako jsou elektrolyzéry, komprese, doprava vodíku atd. Rozvoji by také pomohla provozní dotace, která by měla největší přínos v několika dalších letech, kdy cena za kg vodíku bude vycházet příliš vysoká. V neposlední řadě je potřeba vyřešit výši DPH na obnovitelný vodík, jelikož při započtení dražší výroby a zároveň stejného DPH bude cena vycházet neúměrně vysoká pro potřeby rozvoje vodíkové mobility.

Podrobně zpracovaná problematika ceny vodíku a model výpočtu ceny je ve výsledku Analýza cen vodíku, který vznikl jako jeden z výstupů dílčího projektu NAHYC DP002N – Modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030.

Z modelu vyplývá, že nejdůležitějšími faktory pro celkovou cenu vodíku jsou cena elektrické energie, kapacita vodíkových stanic a poptávka po vodíku. Cena elektrické energie má přímý vliv na výrobní cenu obnovitelného vodíku. Kapacita stanic má vliv na množství zavezeného vodíku, což ovlivňuje cenu dopravy za kg vodíku. Poptávka po vodíku má přímý vliv na využití stanice a nepřímý vliv na intenzitu zavážení vodíku, takže vlastně na cenu dopravy. Kvůli nejisté poptávce po vodíku jsou nejdůležitější dotace na plnicí stanice, které alespoň částečně mohou zlepšit ekonomiku.

Nízká cena vodíku v modelu je dosažena jen při zadání nereálných parametrů (vysoké dotace, nízká cena energií a 100% míra využitelnosti celého řetězce). Při zohlednění realistických podmínek v celém řetězci vychází cena kolem 500 Kč/kg. A při zadání parametrů, které jsou reálné pro rok 2023, vychází cena i nad 1000 Kč/kg.



## 7 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena primárně pro Ministerstvo průmyslu a obchodu a Ministerstvo dopravy, do jejichž působnosti oblast infrastruktury vodíkových plnicích stanic spadá. Sekundárně pak také producentům a distributorům vodíku, budovatelům veřejné infrastruktury vodíkových plnicích stanic. Výstupy mohou také sloužit jako vstupní údaje do výzkumných projektů a analýz souvisejících s rozvojem veřejné vodíkové infrastruktury.

Ze statistických dat z průzkumu ochoty firem přejít na vodík v dopravě, pro přehledné zasazení do kontextu potenciálu výroby vodíku, vznikne samostatná vrstva ve Vodíkové mapě ČR. Mapa je provozována na serveru **Čistá doprava** (<https://www.cistadoprava.cz/mapy/h2/>).

Aplikace Vodíková mapa ČR vznikla za účelem průběžného monitorování aktivit komerčních, nekomerčních a výzkumných subjektů propojených s vodíkovým hospodářstvím a jeho návaznosti na kterýkoliv sektor dopravy. Hlavním cílem mapy je prohloubit vzájemné povědomí jednotlivých subjektů o svých záměrech a díky geolokačním parametrům podpořit efektivitu rozvoje H<sub>2</sub> infrastruktury pro dopravu. Mapa slouží i pro orgány státní správy jako pomocný nástroj podrobného monitoringu rozvoje infrastruktury usnadňující strategické směřování efektivní podpory tak, aby tento rozvoj odpovídal i strategickým cílům ČR [20].

## ZÁVĚR

Realizace vodíkového hospodářství musí být doprovázena významným rozvojem vodíkové infrastruktury pro výrobu, skladování, distribuci a použití. Zvýšený zájem o vodíková vozidla nelze očekávat, dokud nebude dostatečně rozvinutá infrastruktura pro doplňování paliva. Čerpací stanice nebudou schopny uspokojit poptávku, dokud nebude zavedena logistika, servis a zásobování. Pokud chceme dodávat, potřebujeme mít dostatek vodíku, ať už z vlastní výroby, nebo dovezeného ze zahraničí. Česká vodíková strategie nastiňuje kroky potřebné k plošnému nastartování vodíkové ekonomiky. Počáteční využití vodíku v ČR bude především v sektoru dopravy. Je proto klíčové, aby byla vybudována dostatečná síť čerpacích stanic a aby byla zajištěna jejich dodávka vodíku.

Uvedená metodika se zaměřuje na modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030. Metodika vychází z legislativních cílů Evropské unie, jako je Směrnice RED a Nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR). Dále zohledňuje strategické dokumenty České republiky, především Národní akční plán čisté mobility a jeho aktualizaci. Byl realizován průzkum ochoty firem přejít na vodík v dopravě.

Bylo vypočteno předpokládané množství spotřebovaného vodíku v dopravě pro rok 2030. Dále byly navrženy vodíkové plnicí stanice tak, aby byly splněny minimální požadavky AFIR. Dalším důležitým krokem bylo lokalizovat místa s největší poptávkou po vodíku v dopravě. Vycházejí z intenzity dopravy na síti dálnic a silnic 1. třídy byla vytipována vhodná místa pro umístění VPS. Na základě realizovaného průzkumu ochoty firem byla namodelována poptávka po vodíku pro jednotlivé okresy. Výsledky obou variant byly vizualizovány na mapě ČR.

S rozvinutou sítí VPS a velkou poptávkou po vodíku bude v budoucnu ekonomičtější vyrábět nízkoemisní či bezemisní vodík, který zajistí plnění cílů Evropské unie na dekarbonizaci dopravy. Cílem této metodiky bylo poskytnout vhodná podkladová data kompetentním subjektům, zodpovědným za rozvoj vodíkové infrastruktury.

## 8 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] HYTEP, 2023. [Online]. Available: <https://www.hytep.cz/o-vodiku/tiskove-zpravy/klicova-smernice-eu-definuje-budouci-rolu-vodiku-v-evropske-energetice>.
- [2] Ředitelství silnic a dálnic ČR, „Délky a další data komunikací,“ 2023. [Online]. Available: <https://rsd.cz/silnice-a-dalnice/delky-a-dalsi-data-komunikaci#zalozka-dalnice>.
- [3] European Commission, „europa.eu,“ 2021. [Online]. Available: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7b299e69-5dc8-11ec-9c6c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_25&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7b299e69-5dc8-11ec-9c6c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_25&format=PDF).
- [4] European Commission, „Europa.eu,“ 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html>.
- [5] European Commission, „data.consilium.europa.eu,“ 12 2022. [Online]. Available: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15664-2022-INIT/en/pdf>.
- [6] Ředitelství silnic a dálnic ČR, „Mapová aplikace,“ Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2023. [Online]. Available: <https://www.rsd.cz/mapy##/mapy>.
- [7] Ministerstvo dopravy, „Dopravní politika České republiky pro období 2021 – 2027 s výhledem do roku 2050,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-CR-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhled>.
- [8] Ministerstvo průmyslu a obchodu, „Vodíková strategie České republiky,“ Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2022. [Online]. Available: <https://www.mpo.cz/assets/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/2021/7/VODIK-A4-BOOK-final.pdf>.
- [9] Ministerstvo životního prostředí, „Státní politika životního prostředí ČR,“ 2021. [Online]. Available: [https://www.mzp.cz/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi](https://www.mzp.cz/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi).
- [10] Ministerstvo dopravy, „Národní akčního plánu čisté mobility,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.hytep.cz/images/dokumenty-ke-stazeni/Aktualizace-NAP-CM.pdf>.
- [11] HYTEP, „Cestovní mapa rozvoje vodíkového hospodářství,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.hytep.cz/images/dokumenty-ke-stazeni/cestovni-mapa-rozvoje-vodikoveho-hospodarstvi.pdf>.
- [12] Ministerstvo dopravy, „Výsledky celostátního sčítání dopravy 2020,“ Ministerstvo dopravy, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vysledky-celostatniho-scitani-dopravy-2020>.
- [13] Eurostat, „Eurostat,“ 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/>.
- [14] Ministerstvo dopravy, „Ročenka dopravy za rok 2022,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Rocenka-dopravy-za-rok-2022-je-tady>.
- [15] Z. Duan, „Research on Hydrogen Consumption and Driving Range of Hydrogen Fuel Cell Vehicle under the CLTC-P Condition,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2032-6653/13/1/9>.
- [16] „Life cycle assessment of hydrogen-powered city buses in the High V.LO-City project: integrating vehicle operation and refuelling infrastructure,“ 2022. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-021-04933-6>.
- [17] A. Harris, „Hydrogen Industrial Trucks,“ 2010. [Online]. Available: [https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/htac\\_oct1410\\_trucks.pdf?Status=Master](https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/htac_oct1410_trucks.pdf?Status=Master).
- [18] Xian-zhe Li, „Power allocation strategy for fuel cell distributed drive electric tractor based on adaptive multi-resolution analysis theory,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223027445>.

- [19] J. Gregor, „POKROČILÉ MODELY LOGISTIKY V OBLASTI ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ,“ 2019. [Online]. Available: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/139107/thesis-1.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.
- [20] Centrum dopravního výzkumu v. v. i., „Vodíková mapa ČR,“ Čistá Doprava, 2023. [Online]. Available: <https://www.cistadoprava.cz/mapy/h2/>.
- [21] Centrum dopravního výzkumu v. v. i., „Registrace všech čistých vozidel v ČR dle NAP ČR,“ CDV, 2023. [Online]. Available: <https://www.cistadoprava.cz/registrace-vsech-cistych-vozidel-v-cr-dle-nap-cm/>.
- [22] h2inframap.eu, „Hydrogen Infrastructure Map,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.h2inframap.eu/>.
- [23] European Hydrogen Backbone, „European Hydrogen Backbone Maps,“ EHB, 2023. [Online]. Available: <https://ehb.eu/page/european-hydrogen-backbone-maps>.
- [24] „European Hydrogen Refuelling Stations Availability System,“ Clean Hydrogen Partnership, 2022. [Online]. Available: <https://h2-stations.eu/>.
- [25] H2Mobility, „H2.LIVE,“ 2023. [Online]. Available: <https://h2.live/en/>.
- [26] „VODÍKOVÁ STRATEGIE ÚSTECKÉHO KRAJE,“ [Online]. Available: <http://www.hsr-uk.cz/vodikova-strategie-usteckeho-kraje/>.
- [27] Hospodářské noviny, „V Ostravě plánují výrobu vodíku z velké solární elektrárny. Pohánět by mohla i vlaky a autobusy,“ 2023. [Online]. Available: <https://hn.cz/c1-67207720-v-ostrave-planuji-vyrobu-vodiku-z-velke-solarni-elektrarny-pohanet-by-mohla-i-vlaky-a-autobusy>.
- [28] Kraj Vysočina, „Kraj Vysočina má vodíkové memorandum,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.kr-vysocina.cz/kraj-vysocina-ma-vodikove-memorandum-region-se-pripravuje-na-budouci-vyuziti-vodikovych-technologie/d-4119768>.
- [29] Ministerstvo životního prostředí, „Hejtmani uhelných regionů podepsali na Ministerstvu životního prostředí vodíkové memorandum,“ 2023. [Online]. Available: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20230404-Hejtmani-uhelných-regionu-podepsali-na-Ministerstvu-zivotního-prostředí-vodikove-memorandum-Cílem-je-větsí-mezikrajská-spolupráce-pro-rozvoj-vodikovych-technologie](https://www.mzp.cz/cz/news_20230404-Hejtmani-uhelných-regionu-podepsali-na-Ministerstvu-zivotního-prostředí-vodikove-memorandum-Cílem-je-větsí-mezikrajská-spolupráce-pro-rozvoj-vodikovych-technologie).
- [30] E.ON, „Vodíku věříme. Technologie už máme, legislativa musí vývoj dohnat,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.eon.cz/byznys-energie/vodiku-verime/>.

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1	Výchozí datové zdroje pro modelování poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030 .....	9
Obrázek 3.2	Mapa sítě TEN-T v ČR – úseky v provozu, v realizaci a v přípravě [6] .	14
Obrázek 3.3	Počet vozidel nákladní dopravy v roce 2030 v dotazovaných firmách, rozdělení po okresech .....	24
Obrázek 3.4	Mapa intenzity dopravy na dálnicích a silnicích v ČR v roce 2020 [6] ...	27
Obrázek 3.5	Vodíková mapa ČR pro monitorování aktivit propojených s vodíkovým hospodářstvím [20].....	29
Obrázek 3.6	Interaktivní mapa vodíkové infrastruktury v dopravě h2.live [25].....	30
Obrázek 3.7	Realizované a plánované vodíkové plničky společnosti Orlen Unipetrol společně s vhodnými lokalitami pro další rozvoj .....	33
Obrázek 4.1	Odhad rozmístění vodíkových plnicích stanic na území ČR podle zpracování CDV reflektující aktuální návrh AFIR.....	38
Obrázek 4.2	Rozmístění množství spotřebovaného vodíku na úrovni okresů na základě dotazníkového šetření .....	41
Obrázek 4.3	Celková poptávka po vodíku v roce 2030 pro jednotlivé okresy na základě dotazníkového šetření .....	42
Obrázek 5.1	Návrh lokalit VPS na podkladové mapě intenzity dopravy .....	45
Obrázek 5.2	41 vybraných okresů a denní množství spotřebovaného vodíku ve variantě "Firma".....	47
Obrázek 5.3	Průnik obou variant na mapě okresů ČR.....	48



## 10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1	Hlavní cíle nařízení AFIR.....	11
Tabulka 3.2	Požadavky pro výstavbu plnicích stanic na hlavních sítích TEN-T a v městských uzlech .....	12
Tabulka 3.3	Hlavní body nařízení o TEN-T .....	13
Tabulka 3.4	Současná předjednaná strategická ambice do roku 2030.....	16
Tabulka 3.5	Počet vozidel na vodíkový pohon v letech 2030, 2040 a 2050 na základě dotazníku.....	22
Tabulka 3.6	Výsledky průzkumu – přijatelné navýšení ceny vodíku proti fosilním palivům.....	23
Tabulka 3.7	Firmy, které zvažují stavbu vodíkové plničky .....	23
Tabulka 3.8	Výsledky analýzy poptávky po vodíku pro vozidla komunální techniky ...	25
Tabulka 3.9	Průměrné roční nájezdy vozidel a spotřeba vodíku .....	28
Tabulka 4.1	Předpokládaná roční spotřeba paliva v roce 2030 .....	36
Tabulka 4.2	Průměrná denní intenzita dopravy v navrhovaných lokalitách vodíkových plnicích stanic v obou směrech jízdy .....	39
Tabulka 4.3	Množství spotřebovaného vodíku v jednotlivých lokalitách – scénář min. VPS.....	40
Tabulka 4.4	Množství spotřebovaného vodíku v jednotlivých lokalitách – scénář max. VPS.....	40
Tabulka 4.5	Počet vodíkových vozidel jednotlivých kategorií firem na základě odpovědí v dotazníku.....	41
Tabulka 5.1	Srovnání průměrné denní spotřeby vodíku v roce 2030 na základě průzkumu ochoty firem, NAP CM a AFIR.....	43
Tabulka 5.2	Spotřeba vodíku v kg/den jednotlivých kategorií vozidel v roce 2030 na základě dotazníkového šetření, rozdělena do krajů.....	46
Tabulka 5.3	Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií vozidel ve vybraných okresech.....	47





**Název:**

Metodika výpočtu poptávky po nízkouhlíkovém a obnovitelném vodíku v dopravě v České republice do roku 2030

**Autoři:**

Ján Poláčik, Michal Kocůrek, Petra Kostrhounová, Zdeněk Příbyl, Roman Ličbinský, Bronislav Vahalík, Petr Polanský, Vojtěch Přikryl, Jan Sochor, Adam Giurg, Petr Řihák

**Recenzenti/Oponenti:**

Ing. Martin Šilhan, PhD., MBA a Ing. Lucie Burešová

**Ilustrace:**

Ján Poláčik a kolektiv EGÚ Brno, a. s.

**Odborná korektura:**

Roman Ličbinský

**Grafická úprava:**

Ján Poláčik a kolektiv EGÚ Brno, a. s.

**Vydalo:**

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 33a Brno, Česká republika  
[www.cdv.cz](http://www.cdv.cz)

**Rok, místo a číslo vydání:**

2024, Brno, 1. vydání

ISBN 978-80-88655-09-1 (online; pdf)