



Program **Doprava 2020+**

**Progresivní rozvoj vodíkového hospodářství
v dopravě ČR
TA ČR CK02000044**

Soubor map plnicích stanic v ČR s progresivním vývojem do r. 2050

Specializovaná mapa s odborným obsahem

Datum: 20. 12. 2023

Autoři:

Libor Špička¹

Vojtěch Přikryl¹

Jiří Sedoník¹

Bronislav Vahalík¹

Vojtěch Cícha¹

Zdeněk Hejkal¹

Michal Kocůrek²

Petr Polívka³

Martin Šilhan³

Jiří Štefanica⁴

¹ Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 33a, 636 00 Brno

² EGÚ Brno, a.s., Hudcova 76A, 612 00 Brno

³ Centrum výzkumu Řež s.r.o., Hlavní 130, 250 68 Husinec

⁴ ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, 250 68 Husinec

Tato mapa vznikla v rámci řešení projektu CK02000044 Progresivní rozvoj vodíkového hospodářství v dopravě ČR

Výsledek CK02000044-V4



Tato specializovaná mapa Soubor map plnicích stanic v ČR s progresivním vývojem do r. 2050 byla vytvořena se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy ČR v rámci Programu Doprava 2020+

Obsah

1	Popis novosti	4
2	Rozsah využití.....	4
3	Informace o přínosech pro uživatele.....	4
4	Seznam odborných podkladů předcházejících vytvoření mapy.....	5
5	Závěr	9
6	Seznam použitých zkratk	11
7	Seznam obrázků	11
8	Seznam tabulek.....	11

1 Popis novosti

Progresivní rozvoj vodíkového hospodářství v dopravě vyžaduje mimo jiné systematický rozvoj sítě vodíkových plnicích stanic. Pro ten dosud v rámci České republiky nebyl zpracován ucelený návrh, ani nebyla představena konkrétní vize v dlouhodobém horizontu. Provozovatelé sítě čerpacích stanic, dopravci a další zájmové skupiny z důvodu utajování citlivých obchodních informací a firemních strategií prezentují své rozvojové plány jen v omezené míře a pouze pro nejbližší časové období. Soubor map vzniklý v rámci řešení projektu CK02000044 Progresivní rozvoj vodíkového hospodářství v dopravě ČR představuje návrh systematického rozvoje sítě vodíkové infrastruktury z hlediska prostorového, výkonového a časového. Vychází jednak z legislativních požadavků daných nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/1804 ze dne 13. září 2023 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva a o zrušení směrnice 2014/94/EU a z prognóz spotřeby vodíku ve variantních scénářích (referenční, koncepční) zpracovaných v rámci řešení projektu. Referenční scénář odpovídá nejlepšímu odhadu rychlosti rozvoje vodíkových dopravních prostředků s ohledem mj. na možnosti místní výroby a dovozních kapacit vodíku jako suroviny pro oblast dopravy. Koncepční scénář do jisté míry vychází z predikce Vodíkové strategie ČR. Návrh rozvoje sítě je v obou scénářích zpracován v dlouhodobém horizontu, a to v časových řezech v letech 2030, 2040 a 2050. Soubor map prezentuje výsledky použití inovativních metod geoprostorových analýz, které jsou detailněji popsány v kapitole 4.

2 Rozsah využití

Výstupy využijí orgány státní správy a místního rozvoje při koncepčním plánování rozvoje infrastruktury vodíkové mobility. Mapové podklady mohou být využity při nastavování dotačních titulů, kde mohou sloužit pro alokaci objemu finančních prostředků jednotlivých výzev na základě informace o potřebném počtu a denním výkonu vodíkových plnicích stanic, a to jak na území ČR tak na úrovni regionů (kraje). Poskytovatel dotace může při vypisování dotačních titulů zaměřených na rozvoj vodíkové infrastruktury bonifikovat výši podpory s ohledem na soulad s výstupy analýz, promítnutých do souboru map, aby docházelo k postupnému systematickému rozvoji a zahušťování sítě plnicích stanic, poskytující optimální podmínky pro rozvoj vodíkové mobility.

Dalším uživatelem mohou být investoři, výrobci vodíku a provozovatelé sítě čerpacích a plnicích stanic. Mapy mohou využít při plánování rozvoje svých sítí, transformaci podnikání a hledání podnikatelských a investičních příležitostí.

3 Informace o přínosech pro uživatele

Soubor map obsahuje vyznačené pozice pro optimální umístění vodíkových čerpacích stanic na celém území ČR v různých časových řezech (2030, 2040 a 2050). Rozmístění veřejných plnicích stanic zahrnuje optimistickou (koncepční) a minimalistickou (referenční) variantu scénáře rozvoje vodíkového hospodářství. Všem uživatelům a zejména pak orgánům státní sféry v první řadě přinese

informace o minimální podobě infrastruktury potřebné pro splnění požadavků nařízení Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. Dále přinese informace o optimálním počtu a výkonu stanic, které by měly být vybudovány v jednotlivých časových horizontech, aby byla pokryta předpokládaná spotřeba vodíku. Mapy zároveň přinesou informace o optimální poloze stanic, aby docházelo k rovnoměrnému a systematickému plošnému rozvoji sítě. Výše jmenované přínosy mohou být využity i při nastavování výzev operačních programů.

4 Seznam odborných podkladů předcházejících vytvoření mapy

Návrh rozvoje sítě vychází z aktualizované prognózy spotřeby vodíku (viz Tabulka 1), která byla zpracována v rámci pracovního balíčku WP1 projektu CK02000044 Progresivní rozvoj vodíkového hospodářství v dopravě ČR (výsledek CK02000044-V1) a využívá postupy stanovené v metodice, vytvořené v pracovním balíčku WP3 téhož projektu (výsledek CK02000044-V3). Aktualizace reflektuje změny evropské i národní legislativy v oblasti infrastruktury alternativních paliv a aktualizace národních strategických dokumentů, zejména Akčního plánu čisté mobility. Pro návrh rozvoje infrastruktury byla použita prognóza spotřeby vodíku ve dvou scénářích – referenčním a koncepčním. Referenční scénář odpovídá nejlepšímu odhadu rychlosti rozvoje vodíkových dopravních prostředků s ohledem mj. na možnosti místní výroby a dovozních kapacit vodíku jako suroviny pro oblast dopravy. Koncepční scénář do určité míry vychází z predikce Vodíkové strategie ČR. Návrh je v obou scénářích zpracován v časových řezech v letech 2030, 2040 a 2050.

Tabulka 1: Prognóza spotřeby vodíku v silniční dopravě

Spotřeba H ₂ [t]	2030	2040	2050
Referenční scénář	4 134	34 496	359 679
Koncepční scénář	8 412	100 480	632 154

Jak budou vodíková vozidla používána z geografického pohledu, tj. kde budou registrována a kde provozována, ani jaké bude prostorové rozdělení jejich dopravních výkonů, není možné předem predikovat. Proto byl zvolen přístup předpokládající obdobné využití jako v případě stávajících vozidel. Následujícím krokem bylo stanovení podílu sledovaných kategorií stávajících vozidel v jednotlivých krajích na celkové spotřebě energie v silniční dopravě. Dále bylo provedeno rozdělení předpokládané spotřeby vodíku ve sledovaných kategoriích vozidel do jednotlivých krajů v podílech, které byly stanoveny na základě provedené analýzy.

Aby bylo možné navrhnout vhodné lokality pro výstavbu VPS, bylo provedeno detailnější rozdělení spotřeby vodíku v jednotlivých územních celcích. Spotřeba vodíku byla rozdělena na sčítací úseky na základě dopravního výkonu (údaje ze sčítání dopravy). Pro každý kraj byla stanovena předpokládaná spotřeba vodíku na jednotlivých sčítacích úsecích silnic. Takto rozdělená spotřeba představovala jeden ze základních vstupů do geoprostorových analýz.

Dalšími výchozími podklady pro geoprostorové analýzy a vytváření map byly:

- provozované vodíkové plnicí stanice a stanice, které byly podpořeny ve výzvě Operačního programu doprava (uvedeny v Tabulka 2) (zdroj: Vodíková mapa ČR, <https://www.cistadoprava.cz/mapy/h2/>),
- databáze čerpacích stanic, vč. prostorových dat (ČUZK),
- silniční síť ČR, členěná podle typu komunikací (ČUZK),
- silniční síť TEN-T,
- topografická databáze České republiky (Data200, ČUZK)
- seznam městských uzlů, vyjmenovaných v příloze II nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1315/2013, resp. návrhu nařízení Evropského parlamentu a Rady o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě, o změně nařízení (EU) 2021/1153 a nařízení (EU) č. 913/2010 a o zrušení nařízení (EU) č. 1315/2013 (COM (2021) 812), přičemž nad rámec návrhu probíhá diskuze o rozšíření na 10 měst (akceptováno při řešení),
- nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/1804 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR).

Tabulka 2: Výchozí VPS stanice

Popis	Výkon [kg·den ⁻¹]	Plnění požadavků AFIR			Stav
		Výkon	Uzel	TEN-T	
Litvínov	460	n/a	Ne	Ne	Provoz
Praha 5, Hlubočepy	460	Ne	Ano	Ano	Provoz
Ostrava, Vítkovice	40	Ne	Ano	Ano	Provoz
Ostrava, Hranečnick	1000	Ano	Ano	Ano	Realizace (podpořeno)
Napajedla	100	Ne	Ne	Ano	Realizace (podpořeno)
Praha 9	460	Ne	Ano	Ano	Příprava (podpořeno)
Ostrava, Pustkovec	460	Ne	Ano	Ano	Příprava (podpořeno)
Brno, Slatina	460	Ne	Ano	Ano	Příprava (podpořeno)
Praha, Michle	150	n/a	Ano	Ne	Příprava (podpořeno)

Pozn. Parametr výkon je hodnocen pouze ve vztahu k hlavní síti TEN-T

Mezi vstupní data síťové analýzy patří nabídky potenciálních lokalit, představované současnou sítí čerpacích stanic, na kterých je možné vybudovat novou stanici (Candidate facilities), a "vyžadované" lokality již vybudovaných vodíkových stanic (Required facilities). Pro první scénář (rok 2030) byly uvažovány vodíkové plnicí stanice, které byly v roce 2023 v provozu, ve fázi výstavby, nebo podpořené z operačních programů (viz Tabulka 2). Každá z těchto stanic má v popisných atributech informaci o svém denním výkonu (v kg H₂), který byl využit při výpočtu síťové analýzy. Dle požadavku AFIR vyplývá nutnost vybudovat do roku 2030 nové stanice v městských uzlech, které také vstupovaly do analýzy v pozici "vyžadovaných lokalit" (Required facilities). Denní výkon stanic v těchto městských uzlech byl pro účely síťové analýzy pro rok 2030 pevně stanoven na 300 kg, tedy na hodnotu, která je předpokládána jako investičně přijatelnější.

Z kandidátních lokalit (Candidate facilities), představovaných existujícími čerpacími stanicemi v dojezdové vzdálenosti 10 km od sledované sítě spotřeby (síť TEN-T pro účely splnění požadavků AFIR a síť dálnic, silnic pro motorová vozidla a silnic I. třídy pro plošný rozvoj infrastruktury na celém území ČR), pak algoritmus vybíral optimální rozmístění (alokaci) vzhledem k poptávce ze zdrojů

spotřeby. Kandidátním stanicím byla nastavena hodnota jejich maximálního denního výkonu (v závislosti na scénářích 300, 500 a 1000 kg).

Zdrojová data poptávky (Demand Points) představuje pro účely analýzy spotřeba vodíku na sčítacích úsecích v ČR ve dvou scénářích – referenčním a koncepčním. Hodnota spotřeby každého úseku zájmové sítě slouží jako váha, která spolu se vzdáleností mezi úsekem a potenciální (kandidátní) stanicí vstupuje do alokačního algoritmu. Tato vzdálenost byla omezena na 100 km, aby z důvodu naplněných kapacit stanic nedocházelo k tvorbě dlouhých tras mezi zdrojem a stanicí.

Pro síťovou analýzu v GIS byl použit nástroj Maximize Capacitated Coverage (Maximální kapacitní pokrytí). V této analýze se algoritmus snaží přiřadit co nejvíce poptávkových bodů k zařízením, aniž by došlo k překročení jejich výkonu. Obecným cílem bylo pokrýt spotřebu vodíku na úsecích sítě, a dosáhnout tak maximálního vytížení stanic. V algoritmu byla nastavena hraniční dojezdová vzdálenost, počet zařízení, které má algoritmus vybrat a výkon “vyžadovaných” a “kandidátních” stanic, který určuje horní mez při maximalizaci pokrytí.

Z kandidátních lokalit byl algoritmem vybrán definovaný počet nových stanic (Chosen facilities) optimálně rozmístěných na síti vzhledem ke zdrojům spotřeby. Tím došlo ke změně z kandidáta na “vybraný” prvek, který dále obsahuje popisné atributy o počtu “přiřazených” úseků k vybrané stanici a hodnotu jejich celkového denního výkonu (suma spotřeb), která nepřekračuje maximální definovaný výkon stanice. Dalším výstupem algoritmu jsou spojnice z poptávaných lokalit spotřeb do vybraných stanic. Výsledný tvar liniových tras byl pro grafické zjednodušení reprezentován pouze přímkou, avšak se zachováním popisných atributů reprezentující síťové řešení optimální trasy (váha, síťová cena, vzdálenost trasy apod.).

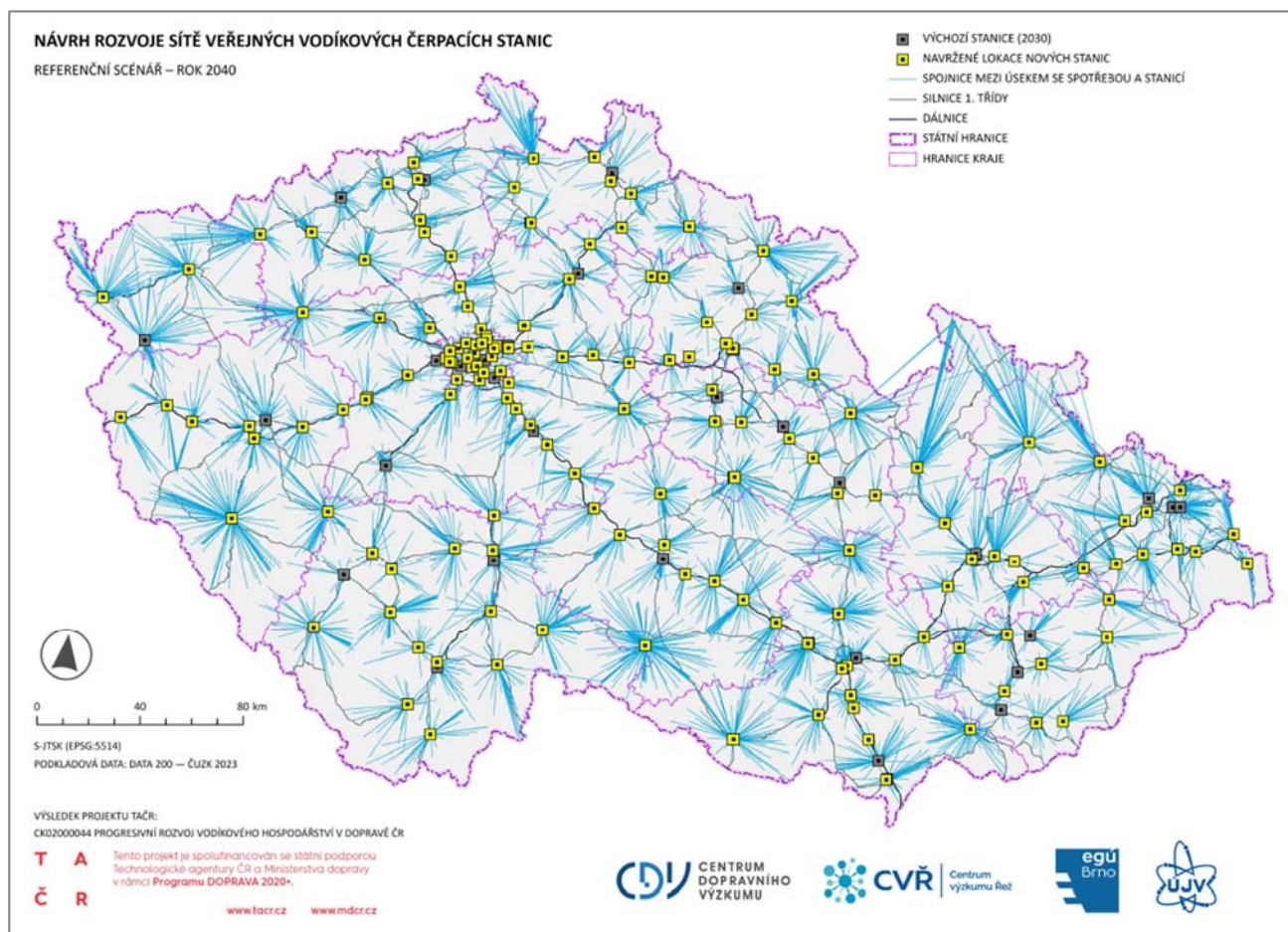
Algoritmus byl v každém scénáři opakovaně spouštěn, přičemž se měnil počet hledaných stanic, dokud nebylo dosaženo akceptovatelného pokrytí spotřeby vodíku. Snahou nebylo dosáhnout 100% pokrytí spotřeby, které by vedlo k neefektivnímu využití výkonu stanic, ale naopak bylo snahou jejich vytížení maximalizovat. Zároveň bylo snahou, vzhledem k výši investičních nákladů, počet stanic udržet v rozumné míře.

V každém následujícím časovém řezu se vyžadované lokality i nově nalezené lokality z předchozího časového řezu stávají vyžadovanými lokalitami vstupujícími do analýzy.

Nastavené výkony stanic byly pro splnění požadavků AFIR nastaveny na $1000 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$ na hlavní síti TEN-T a $300 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$ v městských uzlech. Pro oba scénáře roku 2030 (referenční i koncepční) byly výkony hledaných stanic $300 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$. V obou scénářích roku 2040 byly u vyžadovaných lokalit ponechány jejich denní výkony a u hledaných stanic byl zvolen výkon $500 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$. S ohledem na výši celkové spotřeby vodíku v roce 2050 byly v referenčním scénáři navýšeny výkony ve vyžadovaných lokalitách (předpoklad obnovy technologií stanic po uplynutí životnosti) i v nově hledaných lokalitách, a to ve dvou variantách – na $1000 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$ a $2000 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$. V koncepčním scénáři byl u vyžadovaných i hledaných stanic zvolen výkon $2000 \text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$. Výsledky síťových analýz jsou shrnuty v Tabulka 3. Ukázka grafického výstupu v podobě mapy je na Obrázek 1.

Tabulka 3: Výsledky síťových analýz

Scénář	Počet výchozích VPS [-]	Počet nových VPS [-]	Celkový počet VPS [-]	Celková nepokrytá spotřeba [kg-den ⁻¹]	Pokrytí prognózané spotřeby [%]
Referenční AFIR	9	8*	17	n/a	n/a
Referenční 2030	17	18	35	62	99,45
Referenční 2040	35	162	197	2410	97,45
Referenční 2050 1t	197	789	986	8183	99,17
Referenční 2050 2t	197	296	493	1292	99,87
Koncepční AFIR	9	10	19	n/a	n/a
Koncepční 2030	19	48	67	78	99,66
Koncepční 2040	67	505	572	7336	97,34
Koncepční 2050 2t	572	294	866	9558	99,45



Obrázek 1: Ukázka grafického výstupu analýzy (mapa)

5 Závěr

Na základě provedených síťových analýz vznikl soubor 36 map v tiskové kvalitě ve formátu A3. Výsledek projektu je zveřejněn na webu Čistá doprava v režimu bezplatného veřejného přístupu. Dostupný je z adresy <https://www.cistadoprava.cz/ck02000044-progresivni-rozvoj-vodikoveho-hospodarstvi-v-doprave-cr/>.

Soubor map plnicích stanic v ČR s progresivním vývojem do roku 2050 obsahuje tyto mapy:

- Referenční scénář – rok 2030 podle požadavků nařízení Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva
- Referenční scénář – rok 2030 podle požadavků nařízení Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva {včetně maximálního denního výkonu stanic}
- Referenční scénář – rok 2030
- Referenční scénář – rok 2030 {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Referenční scénář – rok 2030 {včetně denního výkonu stanic}
- Referenční scénář – rok 2030 {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi, včetně maximálního denního výkonu stanic a naplnění kapacity}
- Referenční scénář – rok 2030 (výchozí stanice) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2030 (navržené lokace nových stanic) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2040
- Referenční scénář – rok 2040 {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Referenční scénář – rok 2040 (výchozí stanice) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2040 (navržené lokace nových stanic) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2050 (denní výkon 1 tuna)
- Referenční scénář – rok 2050 (denní výkon 1 tuna) {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Referenční scénář – rok 2040 (výchozí stanice, denní výkon 1 tuna) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2040 (navržené lokace nových stanic, denní výkon 1 tuna) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2050 (denní výkon 2 tuny)
- Referenční scénář – rok 2050 (denní výkon 2 tuny) {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Referenční scénář – rok 2050 (výchozí stanice, denní výkon 2 tuny) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Referenční scénář – rok 2050 (navržené lokace nových stanic, denní výkon 2 tuny) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}

- Koncepční scénář – rok 2030 podle požadavků nařízení Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva
- Koncepční scénář – rok 2030 podle požadavků nařízení Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva {včetně maximálního denního výkonu stanic}
- Koncepční scénář – rok 2030
- Koncepční scénář – rok 2030 {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Koncepční scénář – rok 2030 {včetně denního výkonu stanic}
- Koncepční scénář – rok 2030 {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi, včetně maximálního denního výkonu stanic a naplnění kapacity}
- Koncepční scénář – rok 2030 (výchozí stanice) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Koncepční scénář – rok 2030 (navržené lokace nových stanic) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Koncepční scénář – rok 2040
- Koncepční scénář – rok 2040 {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Koncepční scénář – rok 2040 (výchozí stanice) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Koncepční scénář – rok 2040 (navržené lokace nových stanic) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Koncepční scénář – rok 2050 (denní výkon 2 tuny)
- Koncepční scénář – rok 2050 (denní výkon 2 tuny) {se zobrazením spojnic mezi úseky se spotřebou vodíku a stanicemi}
- Koncepční scénář – rok 2050 (výchozí stanice, denní výkon 2 tuny) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}
- Koncepční scénář – rok 2050 (navržené lokace nových stanic, denní výkon 2 tuny) {se znázorněním kapacitního vytížení stanic}

6 Seznam použitých zkratk

AFIR	Nařízení Evropského parlamentu a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva
COM	Dokument navržený Komisí
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
EU	Evropská unie
GIS	Geografický informační systém
TEN-T	Transevropská dopravní síť
VPS	Veřejná plnicí stanice

7 Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka grafického výstupu analýzy (mapa).....	8
--	---

8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Prognóza spotřeby vodíku v silniční dopravě.....	5
Tabulka 2: Výchozí VPS stanice	6
Tabulka 3: Výsledky síťových analýz.....	8