

Digitální model vodíkového dopravního mikrogridu

R – Software



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

NÁZEV PUBLIKACE

Digitální model vodíkového dopravního mikrogridu

PROJEKT

Národní centrum vodíkové mobility (TN02000007)

NÁZEV DÍLČÍHO PROJEKTU

Podpůrný SW pro akceleraci zavádění vodíkové mobility

AUTOŘI

Pavel Hruběš, Václav Koleník (Fakulta dopravní, ČVUT v Praze)

AUTORSKÝ TÝM KONCEPČNÍCH MATERIÁLŮ K SOFTWARE

Pavel Hruběš, Václav Koleník, Stanislav Novotný, Petr Bouchner, Ondřej Smíšek (Fakulta dopravní, ČVUT v Praze)

Jan Přikryl (Výzkumné centrum RICE, Fakulta elektrotechnická, ZČU)

Bronislav Vahalík (Centrum dopravního výzkumu)



Obsah

1	Úvod	4
1.1	Popis výsledku	4
2	Dosavadní stav techniky	6
3	Novost řešení	7
4	Popis SW	8
4.1	Koncepční materiály SW	8
4.2	Analýza funkčních požadavků	8
4.2.1	Vstupy modelu	8
4.2.2	Modelování	11
4.2.3	Validace a kontrola výstupů modelu	13
4.3	Programátorská dokumentace	13
4.3.1	Vstupními soubory a parametry simulace	13
4.3.2	Spuštění a běh simulace	13
4.3.3	Výstupní soubory a parametry simulace	13
4.3.4	Programové zpracování výstupních souborů simulace	14
4.3.5	Funkce software	16
4.3.6	API software	17
5	Popis ověření funkčnosti SW	18
6	Umístění SW	19
7	Způsob využití	20
8	Seznam příloh	21
9	Seznam obrázků	21
10	Seznam tabulek	21

1 Úvod

Vodíková mobilita představuje inovativní přístup k udržitelnému rozvoji dopravy v České republice a nabízí řešení jak pro snižování emisí skleníkových plynů, tak pro posílení energetické nezávislosti země. V kontextu současných environmentálních a energetických výzev je využití nízkoemisního vodíku v dopravě jednou z klíčových oblastí, na kterou se zaměřují nejen státní instituce, ale i průmyslové a akademické subjekty. Vodíková doprava má potenciál nahradit fosilní paliva v městské i meziměstské dopravě, a tím významně přispět k plnění závazků České republiky v oblasti snižování emisí CO₂.

Tento softwarový výstup dílčího projektu se zaměřuje na vytvoření programových komponent digitálního modelu vodíkového dopravního mikrogridu, který umožní dopravní simulaci blízkou reálným podmínkám spojených s implementací vodíkové infrastruktury. Navržený a aplikovaný model využívá softwarové nástroje a komponenty pro simulaci dopravy a ekologických dopadů, což umožňuje analyzovat a optimalizovat dopravní a energetické procesy v různých typech městských oblastí. Díky ucelené problematice simulace vodíkových technologií získají příslušné organizace přístup k datům a predikcím, které umožní efektivněji plánovat postupné nasazení vodíkové mobility a přizpůsobit její zavádění specifickým potřebám jednotlivých regionů.

Komponenty poskytují základní nástroje pro podporu strategických rozhodnutí v oblasti vodíkové mobility, a zároveň přispívá k vytváření podmínek pro širší rozvoj udržitelných technologií v dopravě na národní úrovni.

1.1 Popis výsledku

Dopravní mikrogrid je koncipován jako samostatná oblast s vlastními potřebami mobility, která zároveň interaguje s okolním prostředím. V této oblasti je realizována individuální doprava a doprava vznikající v závislosti na nabízených službách. Důraz je kladen na modelování interní mobility služeb, ale zároveň neopomíjíme interakce s okolím a potenciál individuální dopravy při přechodu na vodíkové technologie.



OBRÁZEK 1: KONCEPT MODELOVÁNÍ VODÍKOVÉHO MIKROGRIDU

Mikrogrid zahrnuje různé druhy dopravy, přičemž každý dopravní prostředek a jeho chování má specifické charakteristiky. Tyto charakteristiky – jako jsou objem ložného prostoru (možný počet cestujících), délka plánované trasy, počet zastávek, úseková rychlost jízdy a další – jsou vstupními

veličinami pro modelování a výpočty. Vodíkový mikrogrid pracuje s předpokladem, že vodík bude jedním ze zdrojů energie pro vozidla, a výsledné charakteristiky odhadují celkové finanční, energetické a environmentální dopady.

Model bere v úvahu nejen současný stav, ale i umožňuje navrhnout možný budoucí vývoj v oblasti mobility a technologií. Zvažuje možné změny v dopravních výkonech a zahrnuje i dříve nezohledňované druhy mobility, jako jsou pěší cesty nebo dopravní prostředky mikromobility.

Jádrem modelu je detailní parametrický popis mobilit a služeb s nimi spojených. Tento popis je výpočetně propojen s provozními modely vozidel a s individuálně definovanými parametry tras. Cílem je zahrnout co nejvíce přesně definovaných a kvalitně popsanych služeb, ačkoliv u některých bude nutné odhadnout parametry na základě expertních znalostí kvůli nedostupnosti skutečných dat.

Model zahrnuje širokou škálu služeb, jako jsou svoz odpadu, technické a úklidové služby, sociální služby, městská hromadná doprava (MHD a VHD), taxi služby, integrované záchranné systémy (IZS), logistiku retailu (maloobchod), poštovní služby, rozvoz potravin a jídla, vnitropodnikovou dopravu a individuální dopravu. Tyto služby jsou pečlivě analyzovány a modelovány tak, aby odpovídaly specifickým potřebám a charakteristikám dané lokality.

2 Dosavadní stav techniky

Stávající simulační nástroje a modely pro dopravní analýzy se primárně zaměřují na tradiční typy vozidel, zejména pak na vozidla s pohonem na fosilní paliva a v menší míře i na elektromobily. Nicméně simulace, které by detailně pracovaly s vodíkovými vozidly a jejich specifickými požadavky na infrastrukturu a spotřebu vodíku, jsou dosud jen minimálně rozvinuté. Současné simulační nástroje sice umožňují základní modelování emisí a spotřeby paliv, ale jejich funkčnost je silně orientována na konvenční pohony, což značně omezuje možnosti simulací vodíkových dopravních systémů.

Absence takto specializovaných simulačních modelů představuje klíčový nedostatek při plánování a rozvoji vodíkové infrastruktury v městském i meziměstském prostředí. Vodíková mobilita vyžaduje specifický přístup, jelikož spotřeba vodíku, jeho distribuce a infrastruktura pro tankování se zásadně liší od tradičních paliv. Vodíková vozidla mají jinou dynamiku spotřeby v závislosti na řadě proměnných, včetně charakteru trasy, rychlosti, zatížení vozidla a dostupnosti tankovacích stanic, což vyžaduje přesnější a korektnější simulace odpovídající tomuto médium.

Doposud nebyly vyvinuty ucelené modely, které by komplexně zohledňovaly různé aspekty vodíkové mobility, včetně modelování spotřeby vodíku nebo analýzy environmentálních dopadů v reálných podmínkách. Existující simulační nástroje proto nemohou plně odpovědět na otázky spojené s ekologickou a ekonomickou efektivitou vodíkové dopravy v různých lokalitách. Aby bylo možné pokročit v rozvoji vodíkové mobility, je nutné vytvořit pokročilou sadu digitálních simulačních modelů včetně takového modelu mobility, jenž zohlední specifické vlastnosti vodíkových vozidel, spotřebu vodíku v reálném provozu a podmínky pro jeho distribuci.

V tomto výsledku vytvořený digitální model vodíkového dopravního mikrogridu vychází z potřeby doplnit současné simulační technologie o dopravní simulační modely určené výhradně pro vodíkovou dopravu. Cílem je vytvořit ucelené programové postupy, které poskytnou možnost přesnější analýzy spotřeby vodíku a environmentálních přínosů, a podpořit tak efektivní plánování a realizaci vodíkové infrastruktury na úrovni měst i regionů.

3 Novost řešení

Řešení navrhované v dílčím projektu DP003N přináší posun v oblasti simulačních nástrojů pro podporu rozvoje vodíkových řešení určených pro dopravu. Předkládaný výsledek pak reaguje na nedostatky současných systémů, které nezahrnují dostatečně modelový provoz vozidel na vodíkový pohon a jejich specifické požadavky na infrastrukturu a spotřebu. Vytvořený software rozšiřuje možnosti dopravních simulací o detailní modelování vodíkové mobility, což představuje unikátní přístup s důrazem na zvýšení objemu znalostí v oblasti simulací alternativních pohonů.

Navržený postup s příslušným software nejen rozšiřuje využití simulačních nástrojů, ale přináší další prvky novosti v oblasti technologií modelování dopravy s alternativními pohony. Svou schopností modelovat spotřebu vodíku a jeho dopady napomáhá k dosažení ekologických cílů a přináší nové poznatky, které jsou důležité pro udržitelný rozvoj dopravních systémů.

Klíčové prvky novosti softwaru zahrnují:

1. Kombinace vědeckých modelů s praktickým využitím: Software implementuje parametry a charakteristiky vodíkových vozidel a jejich flotil.
2. Dynamická simulace: Software umožňuje simulovat dynamické chování různě zvolených regionů, flotil dopravních vodíkových vozidel, dynamické změny vstupních parametrů v souladu s celkovou kalibrací dopravního chování pro realistické modelové výstupy.
3. Multimodální modelování a vzájemná interakce módů: Významným aspektem dopravních simulací je možnost vzájemného ovlivnění jízdy jednotlivých vozidel, a to i v různých poměrech vodíkových a standardních vozidel, což přináší opět realističtější modelové výstupy.
4. Ná vaznost a integrace s dalšími komponentami dílčího projektu DP003N „Podpůrný SW pro akceleraci zavádění vodíkové mobility“: Výstupy budou plně integrovány v rámci ostatních komponent dílčího projektu.

4 Popis SW

4.1 Koncepční materiály SW

Pro vytvoření dopravního modelu byl využit a dále rozšířen otevřený mikrosimulátor dopravy Eclipse SUMO (Simulation of Urban Mobility) (<https://eclipse.dev/sumo/>), který je otevřeným nástrojem umožňujícím provádět mikroskopické a mezoskopické multimodální simulace dopravy. Jádrem modelů je z expertních posouzení vytvořená dopravní poptávka, která se skládá z komplexu provozovaných dopravních služeb s definicí využití jednotlivých vozidel, která se pohybují po územně dané dopravní síti. Dominantně jsou simulace tímto nástrojem zaměřeny na témata řízení dopravního provozu, tedy úlohy ovlivnění a zkapacitnění oblastí či komunikací formou volených řídicích strategií a ověřování jejich dopadů na simulovaný provoz. Programové úpravy tohoto výstupu byly zaměřeny na adaptaci a využití těchto nástrojů při simulaci vodíkového dopravního mikrogridu. Jedná se o mikroskopickou, prostorově spojitou a časově diskrétní simulaci dopravního proudu, případně o mezoskopickou prostorově i časově diskrétní simulaci, kde ale je každé vozidlo explicitně modelováno, má vlastní trasu a pohybuje se individuálně po síti se vzájemnou interakcí s ostatními vozidly a vozidlovými módy. Simulace jsou ve výchozím nastavení deterministické, ale existují různé možnosti pro zavedení pravděpodobnostních jevů.

4.2 Analýza funkčních požadavků

4.2.1 Vstupy modelu

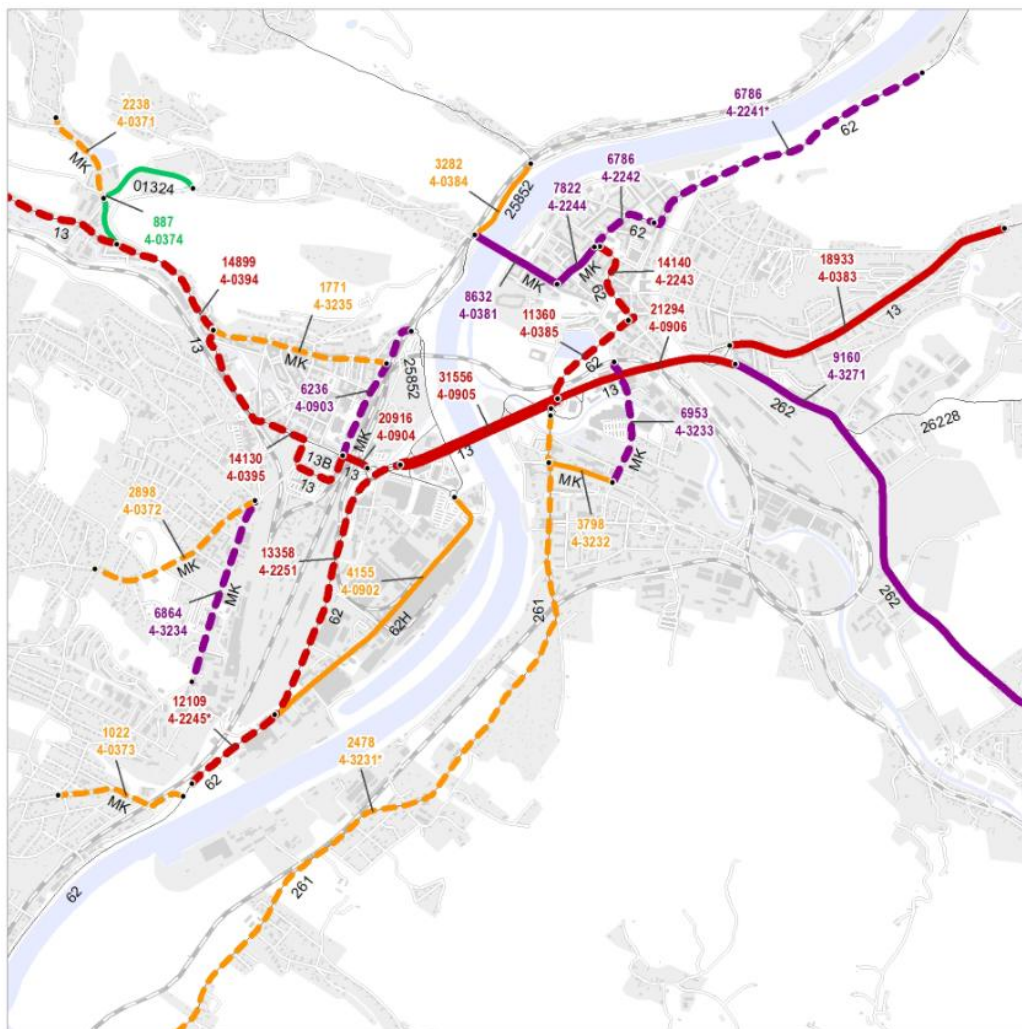
Města

Řešení bylo navrženo pro implementaci modelu vodíkového dopravního mikrogridu v třech různých typech lokalit, přičemž se v modelech zohledňuje jejich velikost a specifické charakteristiky. Jako vybrané příklady jsou zpracována města různé velikosti: od Děčína, který má přibližně 50 000 obyvatel, přes Poděbrady s populací kolem 15 000 obyvatel, až po menší město, reprezentované Českou Kamenicí s přibližně 5 000 obyvateli. Tento přístup umožňuje nejen testování a optimalizaci modelu v různých podmínkách, ale také zajišťuje jeho flexibilitu a schopnost adaptace na různé typy urbanistických oblastí, což je klíčové pro jeho široké uplatnění v praxi.

Model zahrnuje typické dopravní služby v lokalitách, jako jsou svoz odpadu, technické a úklidové služby, sociální služby, městská a příměstská hromadná doprava (MHD a VHD), taxi služby, integrované záchranné systémy (IZS), logistiku retailu (maloobchod), poštovní služby, rozvoz potravin a jídla, vnitropodnikovou dopravu a individuální dopravu.

Pro vytvoření modelového mapového podkladu byl použit nástroj Netconvert, který umožňuje vytváření dopravních infrastrukturních sítí (silničních, železničních, vodních a pěších map) pro účely dopravních simulací. Slouží k převodu reálných nebo uživatelem definovaných mapových dat do formátu sítě vhodných k běhu simulace. Netconvert umožňuje importovat data z různých zdrojů, včetně např. OpenStreetMap (OSM), a převádět je na simulovatelné dopravní síť. Při převodu jsou vytvářeny infrastrukturní modelové objekty jako např. silnice, křižovatky a další prvky, které tvoří základní model sítí pro simulaci dopravního chování. Významným aspektem je možnost definování vlastních pravidel, parametrů silničních segmentů pro zkvalitnění a přiblížení simulací reálnému světu.

Rozsah modelované dopravní sítě pro jednotlivá města byl uvažován dle mapek výsledků Celostátního sčítání dopravy, které realizovalo primárně Centrum dopravního výzkumu. Příklady zpracovaných dat jsou uvedeny v následujících obrázcích a tabulkách.



OBRAZEK 2: ROZSAH MODELOVÉHO ÚZEMÍ PRO LOKALITU MĚSTA DĚČÍN

Zdroj: ŘSD ČR – CSD 2020

Důležitým informačním zdrojem pro přípravu modelu je rovněž analytická část Plánu udržitelné městské mobility města Děčín¹ (PUMM 2018), která se věnuje důležitým aspektům stávající potřeby mobility a dalšímu předpokládanému vývoji.

V následující tabulce 1 je uveden předpokládaný demografický vývoj počtu obyvatel ve třech scénářích pro roky 2018, 2022, 2030 a 2050, který je v tomto pohledu spíše pesimistický a předpokládá stagnaci či úbytek obyvatel.

¹ https://www.mobilitadecin.cz/images/dokumenty/SUMP_Decin_Analyticka_cast.pdf

Scénáře/Roky	2018	2022	2030	2050
Vysoký	49 226	48 909	49 226	49 812
Střední	49 226	48 787	48 366	46 559
Nízký	49 226	48 665	47 506	43 306

TABULKA 1: ODHAD VÝVOJE POČTU OBYVATEL MĚSTA DĚČÍN

Podobně významné jsou parametry odhadu přepravních výkonů pro jednotlivé dopravní módy, které jsou uvedeny na obrázku 3. Zde je patrný mezi lety 2018 a 2050 předpokládaný postupný příklon k cyklodopravě oproti individuální automobilové, při zachování rozsahu veřejné hromadné dopravy.



OBRÁZEK 3: ODHAD DĚLBY PŘEPRAVNÍ PRÁCE PRO LOKALITU MĚSTA DĚČÍN

Pro samotný dopravní mikrogrid je rovněž důležitý přesah na okolní lokality, viz data tabulky 2, tedy znalost odhadu vnitřních potřeb mobility a předpokládaný přesah zatížení vnějším provozem, případně zatížení tranzitem, kdy každá z těchto dalších složek může vyvolávat potřeby na vodíkové palivo.

rok	Objem - celkem	Objem - vnitro	Objem - vnější	Objem - tranzit	Výkon
	cest	cest	cest	cest	vozkm
2018	77885	33073	42587	2225	742167
2022	79267	32872	44095	2300	764155
2030	80705	30235	47892	2578	810756
2050	78785	24835	51198	2752	865941

TABULKA 2: ODHAD DOPRAVNÍHO OBJEMU A VÝKONU V AUTOMOBILOVÉ DOPRAVĚ MĚSTA DĚČÍN

Dopravní a jiná data

Nutnou podmínkou řádného fungování modelů jsou tedy velmi heterogenní kalibrační data, která je třeba získat a upravit do potřebných struktur a formátů komponent simulace. Vytvořené komponenty a modely pro všechna města jsou založena na datech Českého statistického úřadu (počet obyvatel (2024), dojíždka a vyjíždka (2021)) a Ředitelství silnic a dálnic (RPDI z Celostátního sčítání dopravy 2020 (2021)). Pro Děčín bylo dále uvažováno s daty z Plánu udržitelné městské mobility města Děčína (2018) a pro Poděbrady s daty z Generelu dopravy města Poděbrady (2018).

4.2.2 Modelování

Modelování dopravy bylo zpracováno pro široké spektrum dopravních módů, které lze rozdělit do dvou hlavních kategorií: přeprava osob a ostatní dopravní služby. V kategorii přepravy osob byly zahrnuty individuální automobilová doprava, veřejná hromadná doprava, taxi, motocyklová, cyklistická a pěší doprava. Kategorie ostatních dopravních služeb obsahovala zásobování, doručovací služby, rozvoz jídla, svoz odpadu, technické služby a sociální služby.

Pro každý dopravní mód byly stanoveny charakteristické parametry specifik zdrojů a cílů přepravy, charakteru tras a typů využívaných vozidel. Zásadním aspektem modelování byla diferenciací dopravního chování mezi jednotlivými městy, která byla zohledněna prostřednictvím rozdílných podílů jednotlivých druhů dopravy na celkovém počtu cest v daném městě. Tyto podíly byly odvozeny ze strategických dokumentů jednotlivých měst.

Tento přístup umožnil vytvoření dopravní simulace, která zohledňuje jak obecné charakteristiky jednotlivých dopravních módů, tak specifické místní charakteristiky a trendy v různých městských prostředích.

Modelování silniční dopravy

V rámci modelování dopravy pomocí lze využít nástroje Routesampler k reprezentaci specifických charakteristik dopravní sítě, jako je intenzita dopravy, kapacita silnic nebo rychlostní omezení na jednotlivých hranách sítě.

Model využívá nástroj routesampler pro přiřazení intenzit dopravy z Celostátního sčítání dopravy na známých hranách a pro dopočítání intenzit neznámých. Intenzity dopravy jsou přepočítány pomocí koeficientů denních variací vozidel dle TP 189.

Modelování veřejné hromadné dopravy

Modelování veřejné hromadné je založeno na znalosti polohy zastávek veřejné dopravy a jízdních řádů. Z důvodu zjednodušení je uvažováno s pevným časovým intervalem v rámci provozní doby linek s dodržáním počtu spojů za den.

Modelování vozidel

Při modelování dopravy se využívají výchozí vozidla s předem definovanými vlastnostmi a parametry, jako je maximální rychlost, akcelerace, zpomalení, délka a typ pohonu. Tato metoda umožňuje rychlou simulaci dopravního chování v síti bez nutnosti detailního nastavování parametrů pro každý typ vozidla. Je to zvláště užitečné pro simulace zaměřené na analýzu obecných dopravních toků.

Pro potřeby simulace vodíkového mikrogridu byla tato základní sada vozidel rozšířena o známá vodíková vozidla s jejich specifickými charakteristikami. Byla vytvořena modelová vozidla na základě dostupných parametrů: Toyota Mirai (osobní vozidlo), Solaris Urbino 12 Hydrogen (autobus), Renault Master H2-Tech (lehké nákladní vozidlo) a Hyundai Xcient Fuel Cell (střední nákladní vozidlo), přičemž prostředí je otevřeno pro přidávání dalších vodíkových vozidel všech kategorií v budoucnu představených a dostupných na trhu.

Při modelování byla zohledněna řada parametrů, včetně rozměrů vozidel (délka, šířka), jejich hmotnosti, maximální rychlosti, zrychlení, zpomalení, kritického zpomalení a kapacity. U nákladních vozidel byly z velké části využity předdefinované parametry, nicméně je možné uvažovat např. i variabilitu nákladu, která výrazně ovlivňuje modelové chování jízdy vozidel. Z rešerše aktuálně provozovaných nákladních vodíkových vozidel je patrné, že jejich vlastnosti jsou podobné a blízké parametrům standardních vozidel.

Modelování enviromentálních dopadů

Při modelování emisí lze využít příkazové parametry `--emission-output` a `--tripinfo-output`, které umožňují generovat podrobné výstupy o emisích a informacích o jednotlivých cestách vozidel v simulaci.

Parametr `--emission-output` vytváří soubor s daty o emisích znečišťujících látek, jako jsou: CO₂, NO_x, a PM, pro každé vozidlo v provozu modelové sítě. Tyto údaje mohou souhrnně reprezentovat místně příslušné emise v čase na jednotlivých silničních úsecích, a umožňují tak analyzovat ekologické dopady dopravy na životní prostředí.

Parametr `--tripinfo-output` poskytuje přehled o jízdách všech vozidel, včetně délky trvání cesty, ujeté vzdálenosti, spotřeby paliva, a dalších charakteristik, které pomáhají porozumět chování jednotlivých vozidel v interakci celkové dopravy, jejich efektivitě jízdy vozidel apod.

Modelování ekonomických aspektů

Výše představené modelové parametry o aktivně provozovaných službách, počtu konkrétních užívaných vozidlech a jejich dopravnímu chování umožňují rovněž zpracování odhadu a mikroekonomické vyčíslení investičních a provozních nákladů vodíkové mikrogridu.

Volbou modelového poměru konvenčních a vodíkových vozidel lze sledovat nárůst potřeby vodíku jako energetického zdroje, a tedy rovněž sledovat i investiční potřeby v oblasti plnicí a výrobní infrastruktury.

4.2.3 Validace a kontrola výstupů modelu

Pomocí parametru `--edgedata-output` lze detailně sledovat intenzitu dopravy na jednotlivých úsecích silniční sítě. Tento výstup generuje soubor obsahující klíčové informace o provozu na konkrétních silničních úsecích (edges), jako je počet projíždějících vozidel v čase, což poskytuje přesný obraz o aktuální dopravní zátěži.

U každého z modelů byly výstupy `edgedata-output` porovnány s intenzitou dopravy v modelu s intenzitou dopravy dle Celostátního sčítání dopravy pro různé časové úseky simulace. To zahrnuje informace o tom, kolik vozidel projelo daným úsekem, jaké bylo jejich složení (např. osobní auta, nákladní doprava) a v jakém čase k tomu došlo.

4.3 Programátorská dokumentace

4.3.1 Vstupními soubory a parametry simulace

Vstupními soubory simulace jsou následující parametry:

1. identifikátor existujícího modelu dopravní sítě – aplikace může operovat jen nad známými předem vytvořenými a kalibrovanými modely,
2. výběr dopravních služeb zahrnutých do výpočetního výstupu s procentním zastoupením vodíkových vozidel oproti konvenčním; lze zvolit individuální zahrnutí služeb svozu odpadu, technické a úklidové služby, sociální služby, městská hromadná doprava (MHD a VHD), taxi služby, integrované záchranné systémy (IZS), logistiku retailu (maloobchod), poštovní služby, rozvoz potravin a jídla, vnitropodnikovou dopravu a individuální dopravu,
3. volba podílu konvenčních vozidel a vodíkových vozidel realizace jednotlivých služeb,
4. volba modelového časového horizontu pro aktuální období nebo dle odhadů provozu budoucích desetiletí,
5. na základě předchozího výběru vstupní konfigurace souborů:
 - modelové sítě,
 - plánovaných vozidel a tras vozidel,
 - další potřebné parametry.

4.3.2 Spuštění a běh simulace

Dopravní simulace vodíkového mikrogridu běží vždy pro 24 hodin pracovního dne po vteřinách. Pro další rozšíření implementace lze dále uvažovat i o zahrnutí delšího časového období, např. týdenních provozních cyklů, pro velmi specifické regiony a provozované dopravní služby.

Simulace se spouští s konfigurací dle zvolených parametrů prostřednictvím příkazové řádky.

```
bin/sumo -c CITY_sim.sumo.cfg
```

4.3.3 Výstupní soubory a parametry simulace

Pro jednotlivé cesty jsou pomocí `--tripinfo-output` generovány následující výstupy.

Obecné výstupy zahrnují: název vozidla (id); skutečný čas odjezdu (depart); id pruhu, ve kterém vozidlo zahájilo svou cestu (departLane), pozice na pruhu, kde vozidlo zahájilo svou cestu (departPos); rychlost, kterou vozidlo zahájilo svou cestu (departSpeed); doba, po kterou vozidlo muselo čekat, než mohlo zahájit svou cestu (departDelay); čas, kdy vozidlo dosáhlo svého cíle (arrival); id pruhu, ve kterém bylo vozidlo při dosažení cíle (arrivalLane); pozice na pruhu, kde bylo vozidlo při dosažení cíle (arrivalPos); rychlost vozidla při dosažení cíle (arrivalSpeed); čas potřebný k dokončení trasy (duration); délka trasy vozidla (routeLength); čas, během kterého byla rychlost vozidla menší nebo rovna 0,1 m/s (waitingTime); počet případů, kdy byla rychlost vozidla menší nebo rovna 0,1 m/s (waitingCount); čas, během kterého vozidlo provádělo plánovanou zastávku (stopTime); čas ztracený jízdou pod ideální rychlostí (timeLoss); počet případů, kdy bylo vozidlo přesměrováno (rerouteNo); seznam zařízení (devices), typ vozidla (vtype), individuální rychlostní faktor vozidla (speedFactor) a zda bylo vozidlo odstraněno ze simulace před dosažením cíle (vaporized).

Výstupy emisí zahrnují: množství CO vypuštěného vozidlem během cesty (CO_abs), množství CO₂ vypuštěného vozidlem během cesty (CO₂_abs), množství HC vypuštěného vozidlem během cesty (HC_abs), množství PM_x vypuštěného vozidlem během cesty (PM_x_abs), množství NO_x vypuštěného vozidlem během cesty (NO_x_abs), množství paliva spotřebovaného vozidlem během cesty (fuel_abs) a množství elektřiny spotřebované vozidlem během cesty (electricity_abs).

4.3.4 Programové zpracování výstupních souborů simulace

Programové zpracování výstupních souborů simulace představuje proces transformující simulační data do uceleného pohledu na energetickou, ekonomickou a enviromentální náročnost vodíkové dopravy. Cílem bylo kvantifikovat spotřebu paliva a následně vyčíslit finanční náklady spojené s provozem vodíkových vozidel.

Metodika výpočtu spotřeby paliva byla navržena prostřednictvím dvou přístupů. První metoda vychází z výpočtu na bázi výhřevnosti paliva, která přepočítává výslednou spotřebu benzínu na vodíkový ekvivalent. Druhá metoda byla založena na určení spotřeby paliva, vycházející z dat o spotřebě jednotlivých typů vozidel.

Investiční výdaje na vozidla byly kalkulovány s ohledem na vysokou pořizovací cenu vodíkových technologií. Do nákladového spektra byly zahrnuty rozdílné cenové hladiny pro jednotlivé kategorie vozidel – od relativně dostupných osobních automobilů až po podstatně dražší nákladní vozy.

Náklady na infrastrukturu byly vyčísleny jako významná investiční položka. Součástí kalkulace bylo zahrnutí počátečních investic do vybudování vodíkových plnicích stanic, distribuční sítě a technologického zázemí. Servisní náročnost vodíkových vozidel byla hodnocena jako samostatná kategorie, která se výrazně odlišuje od tradičních vozidel.

Hlavní využitím by měl být odhad potenciálních úspor při masivnějším nasazení vodíkových technologií.

Výstupem programového zpracování je komplexní soubor dat, který umožňuje podrobné hodnocení energetické náročnosti, ekonomické efektivity a enviromentální zátěže vodíkových dopravních

systémů. Tento nástroj poskytuje informace pro strategická rozhodnutí v oblasti udržitelné dopravy a podporuje plánování s ohledem na ekonomické a ekologické přínosy.

Příklad výpočtu spotřeby vodíku provozované flotily mikrogridu:

```
#####
import xml.etree.ElementTree as ET

# Define the path to your output XML file
xml_file = r''

# Density of gasoline in kg/L
gasoline_density = 0.74 # kg/L

# Parse the XML file
tree = ET.parse(xml_file)
root = tree.getroot()

# Initialize the total fuel consumption
total_fuel_abs = 0.0

# Iterate over each tripinfo element
for tripinfo in root.findall('tripinfo'):
    # Extract the fuel_abs attribute
    fuel_abs = tripinfo.find('emissions').get('fuel_abs')
    if fuel_abs is not None:
        # Add the fuel_abs value to the total
        total_fuel_abs += float(fuel_abs)

# Convert total fuel consumption from mg to kg
total_fuel_abs_kg = total_fuel_abs * 1e-6

# Convert total fuel consumption from kg to liters using the density of gasoline
total_fuel_liters = total_fuel_abs_kg / gasoline_density

# Print the total fuel consumption in mg and liters
print(f'Total fuel consumption: {total_fuel_abs} mg')
print(f'Total fuel consumption: {total_fuel_abs_kg} kg')
print(f'Total fuel consumption: {total_fuel_liters:.6f} liters')
#####

# Define constants
density_gasoline = 0.74 # kg/L
heat_of_combustion_gasoline = 44.4 # MJ/kg
heat_of_combustion_hydrogen = 141.8 # MJ/kg
density_hydrogen = 0.08988 # kg/m^3

# Volume of gasoline used (example value)
volume_gasoline = total_fuel_abs_kg # L

# Calculate mass of gasoline
mass_gasoline = volume_gasoline * density_gasoline

# Calculate total energy produced by gasoline
energy_gasoline = mass_gasoline * heat_of_combustion_gasoline

# Calculate equivalent mass of hydrogen needed
mass_hydrogen = energy_gasoline / heat_of_combustion_hydrogen

# Calculate volume of hydrogen needed
volume_hydrogen = mass_hydrogen / density_hydrogen

# Print results
print(f"Mass of gasoline used: {mass_gasoline:.2f} kg")
print(f"Energy produced by gasoline: {energy_gasoline:.2f} MJ")
print(f"Equivalent mass of hydrogen needed: {mass_hydrogen:.2f} kg")
print(f"Equivalent volume of hydrogen needed: {volume_hydrogen:.2f} m^3")
#####
```

Příklad výpočtu nákladů provozu vodíkového mikrogridu:

```
import xml.etree.ElementTree as ET

# Path to your output.xml file
file_path = r''

# Parse the XML file
tree = ET.parse(file_path)
root = tree.getroot()

# Initialize total route length
total_route_length = 0.0

# Iterate over each tripinfo element and sum the routeLength attributes
for tripinfo in root.findall('tripinfo'):
    route_length = float(tripinfo.get('routeLength'))
    total_route_length += route_length

# Print the total route length
print(f"Total Route Length: {total_route_length:.2f} meters")
# Convert total route length from meters to kilometers
total_route_length_km = total_route_length / 1000

# Print the total route length in kilometers
print(f"Total Route Length: {total_route_length_km:.2f} km")
#####
spotreba = 0.0160073
hmotnost_potrebneho_vodiku = total_route_length_km * spotreba
print(f"Total Fuel consumption: {hmotnost_potrebneho_vodiku:.2f} kg")
cena = mass_hydrogen * 278
print(f"Price: {cena:.2f} Kč")
#####
```

4.3.5 Funkce software

Rozhraní softwarového balíčku má následující funkce:

`ModelParametersStructure= GetConfigurations()`

Vrátí seznam existujících konfigurací simulací a možných rozsahů parametrů, která jsou v dané simulaci použitelná pro spuštění různých variant modelů.

Příklad pro Python:

```
class ModelParametersStructure:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.__location = ["Děčín", "Poděbrady", "Česká Kamenice"]
```

```
        self.__year_model = ["2020", "2030", "2050"]
```

```
        self.__services = [__location]["S1", "...", "Sn"]
```

```
        self.__h2proportions = [__location]["S1H2", "...", "SnH2"]
```

`res = SetConfigurations(ModelParameters)`

Nastaví příslušné parametry modelu dle potřeby uživatele, definování konkrétní lokality modelu, konkrétního modelového roku dopravní simulace, dopravních služeb zahrnutých do dopravního provozu a podíl alternativních vodíkových vozidel oproti vozidlům se standardním pohonem.

Příklad pro Python:

```
class ModelParameters:
    def __init__(self, location, year, services, h2proportions):
        self.__location = location
        self.__year_model = year
        self.__services = services
        self.__h2proportions = h2proportions
```

```
res = RunSimulation(ModelParameters)
```

Vrátí informaci o proběhlé simulaci, připraví na disku fyzické soubory simulací, které dle potřeby může funkcí GetSimulationResult() vrátit formou výstupních souborů představených v předchozích kapitolách, například seznam simulovaných cest pro konkrétní vozidla, charakteristiky provozu na konkrétním úseku sítě apod.

Příklad pro Python:

```
import os
exit_status = os.system("bin/sumo -c CITY_sim.sumo.cfg")
```

```
res = GetEmissionSummary()
```

Po proběhnutí zvolené simulace funkce vrací sumarizovaný výpočet emisních parametrů.

```
res = GetEcomomySummary()
```

Po proběhnutí zvolené simulace funkce vrací sumarizovaný výpočet ekonomických charakteristik.

```
res = GetSimulationResult()
```

Vrací konkrétní výstupní soubory představené v předchozích kapitolách, například seznam simulovaných cest pro konkrétní vozidla, charakteristiky provozu na konkrétním úseku sítě apod.

4.3.6 API software

Připravená api jsou definovaná v prostředí www.apidog.com Více viz <https://www.apidog.com/apidoc/shared-211e606d-1fb2-4582-a1ed-1d71455f291a/folder-2348216>

5 Popis ověření funkčnosti SW

Ověření funkčnosti vyvíjeného softwaru pro simulaci vodíkové mobility je podstatným krokem k zajištění jeho přesnosti a spolehlivosti. Proces ověřování se zaměřuje na analýzu a srovnání simulovaných dopravních dat s reálnými dopravními údaji, aby bylo možné potvrdit, že software realisticky modeluje dopravu a spotřebu vodíku ve vozidlech v různých podmínkách. Při ověřování se simulace zaměřují na klíčové aspekty, jako je intenzita dopravy, složení vozového parku, pohyb vozidel na specifických úsecích sítě a environmentální dopady jednotlivých scénářů.

V rámci simulace jsou analyzovány jednotlivé dopravní úseky a je zaznamenávána frekvence a typ projíždějících vozidel. Tento přístup umožňuje porovnávat modelované intenzity dopravy s údaji z reálných zdrojů, například celostátních dopravních průzkumů. Srovnání dat v různých časových intervalech pomáhá identifikovat, zda software správně reflektuje skutečné dopravní podmínky, včetně typických denních a týdenních výkyvů v intenzitě provozu. Současně se monitoruje složení dopravy, které zahrnuje rozdělení vozidel na osobní, nákladní a další typy, což přispívá k lepší kalibraci modelu a zvýšení přesnosti výsledků.

Dalším důležitým prvkem ověřování je sledování spotřeby vodíku u jednotlivých vozidel a jejich environmentální dopady, včetně emisí. Tato data jsou využita pro analýzu ekologických přínosů vodíkové dopravy a pro posouzení efektivity různých typů vozidel a dopravních scénářů. Výsledky simulací se tak porovnávají s daty o spotřebě z jiných zdrojů a s údaji o emisích z dopravních průzkumů, což umožňuje získat komplexní obraz o chování vodíkových vozidel v reálných podmínkách.

Zajištění přesnosti modelu je dále podpořeno testováním softwaru na různých typech dopravních sítí a v různých geografických oblastech. To zahrnuje simulace v městských, příměstských a venkovských prostředích, které mají odlišné dopravní charakteristiky a specifické potřeby pro rozvoj vodíkové infrastruktury. Díky tomuto přístupu lze ověřit, že software je schopen se přizpůsobit různorodým podmínkám a poskytuje konzistentní a spolehlivé výsledky pro široké spektrum scénářů.

Celkově tento proces ověřování potvrzuje funkčnost a přesnost softwaru, což zajišťuje, že je vhodný pro podporu strategických rozhodnutí v oblasti vodíkové mobility. Díky ověření modelu lze efektivněji plánovat infrastrukturu, předpovídat potřeby pro tankování vodíku a optimalizovat trasy vodíkových vozidel tak, aby bylo dosaženo co nejlepších ekologických a provozních výsledků.



6 Umístění SW

Zpracovaný Digitální model vodíkového dopravního mikrogridu je běžící aplikace na serveru ČVUT v Praze Fakulty dopravní, Konviktská 20, 110 00 přístupné přes OpenAPI.

7 Způsob využití

Vyvinutý software pro simulaci vodíkové mobility nabízí možnosti využití v plánování a optimalizaci dopravní infrastruktury zaměřené na udržitelnou dopravu. Díky schopnosti modelovat specifické vlastnosti vodíkových vozidel, jejich spotřebu, a environmentální dopady, lze software efektivně využít při rozhodování o budování vodíkové infrastruktury na úrovni měst i regionů. Potenciální uživatelé mohou využít k posouzení efektivity vodíkových tras, plánování rozmístění tankovacích stanic a analýze reálných přínosů zavedení vodíkových vozidel do dopravy.

Software umožňuje simulovat různé scénáře zavedení vodíkové dopravy, a to v různých geografických oblastech s odlišnými dopravními charakteristikami. Tento přístup je užitečný například při identifikaci vhodných lokalit pro budování vodíkových stanic, nebo při optimalizaci tras pro vozidla s ohledem na jejich specifické potřeby na tankování vodíku. Simulace také umožňují analyzovat dopad na životní prostředí a ekonomiku provozu, což přispívá k efektivnímu zavádění nízkoemisních dopravních řešení.

V praktickém uplatnění mohou výsledky simulací sloužit jako podklad pro rozvoj strategických plánů na podporu vodíkové mobility v České republice. Software může přispět ke zvyšování povědomí o výhodách vodíkové dopravy a podpořit státní správu při rozhodování o investicích do udržitelné infrastruktury. Výstupy ze simulací lze využít také k predikci provozních nákladů a ke stanovení ekonomické výhodnosti jednotlivých scénářů zavedení vodíkové dopravy včetně posouzení návratnosti investic do vodíkových technologií.

Díky pokročilým simulačním možnostem software napomáhá nejen k lepšímu pochopení vodíkové mobility, ale i k urychlení jejího reálného nasazení. Tento nástroj tedy poskytuje cennou podporu pro tvorbu dlouhodobých strategií v oblasti udržitelné dopravy, a může se tak stát klíčovým prvkem v procesu přechodu na čistší a ekologičtější dopravní systém.

8 Seznam příloh

Příloha 1: Videosoubor se záznamem funkčnosti

- [NAHYC_DP003N-V03-Dopravni_mikrogrid.mp4](#)

Příloha 2: Uživatelská příručka pro digitální model vodíkového dopravního mikrogridu

Viz níže.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Koncept modelování vodíkového mikrogridu	4
Obrázek 2: Rozsah modelového území pro lokalitu města Děčín	9
Obrázek 3: Odhad dělby přepravní práce pro lokalitu města Děčín.....	10

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Odhad vývoje počtu obyvatel města Děčín.....	10
Tabulka 2: Odhad Dopravního objemu a výkonu v automobilové dopravě města Děčín.....	11

Příloha 2:

Uživatelská příručka pro digitální model vodíkového dopravního mikrogridu

1 Úvod

Tento dokument popisuje uživatelské využití softwarové aplikace *Digitální model vodíkového dopravního mikrogridu*, která je výsledkem TN02000007//003N-V03 projektu NAHYC-m. Aplikace představuje zapouzdření pro simulátor dopravního provozu v hypotetickém vodíkovém mikrogridu. Simulátor je aktivován požadavkem na vybranou lokalitu, daný letopočet zamýšlené simulace a výběr dopravních služeb. Úkolem aplikace je simulovat pohyb vodíkových vozidel v mikrogridu dle vstupních parametrů a zpět poskytovat výstupní parametry dané simulace. Na základě těchto parametrů lze v dalších komponentách DP003N vypočítat energetickou a ekonomickou náročnost daného vodíkového dopravního konceptu a také celkovou potřebu dodávaného vodíku pro daný dopravní koncept.

2 Nástroje přípravy modelů

Nutnou podmínkou spouštění simulačního prostředí je příprava základních souborů simulace, kde je nutné mít připravené:

- geometrická data komunikací dopravní sítě,
- data tras a vozidel,
- konfigurační soubor,

přičemž pro každou další modelovou lokalitu je před samotnou simulací nutné tyto soubory modelového prostředí vytvořit.

V rámci projektu byly prozatím implementovány tři vzorové lokality dopravních sítí modelů mikrogridu:

- Děčín,
- Poděbrady,
- a Česká Kamenice.

Podkladovým prostředím pro simulaci vodíkového dopravního mikrogridu je otevřený dopravní simulátor Eclipse SUMO. Pro vytvoření modelového mapového podkladu dopravní sítě se v tomto prostředí používají nástroje Netconvert a Nedit.

2.1 Netconvert

Netconvert umožňuje vytváření dopravních infrastrukturních sítí (silničních, železničních, vodních a pěších map). Tento nástroj slouží k převodu reálných nebo uživatelem definovaných mapových dat do formátu sítě vhodných k běhu simulace.

Netconvert je aplikace příkazového řádku. Předpokládá alespoň jeden parametr – kombinaci *typu souboru*, který se má importovat, jako název parametru a *názvu souboru*, který se má importovat, jako hodnota parametru.

Netconvert umožňuje importovat data z různých zdrojů a převádět je na simulovatelné dopravní síť. Při převodu jsou vytvářeny infrastrukturní modelové objekty jako např. silnice, křižovatky a další prvky, které tvoří základní model sítě pro simulaci dopravního chování.

Netconvert je schopen importovat silniční sítě zadané v následujících formátech:

- textové „SUMO plain“ XML popisy (*.edg.xml, *.nod.xml, *.con.xml, *.tl.xml)
- OpenStreetMap (*.osm.xml),
- VISUM,
- Vissim,
- OpenDRIVE
- MATsim
- SUMO (*.net.xml)
- Shapefiles (.shp, .shx, .dbf), např. ArcView
- Robocup Rescue League,
- Interní varianta DLR Navteq's GDF (Elmar formát)

Simulační síť vytvořená z importovaných dat se zapisuje do souboru **NET.NET.XML**. Chcete-li síť zapsat do jiného souboru, použijte volbou **-o <FILE>** uložit do souboru s názvem např. **MY_SUMO_NET.NET.XML**.

Další podporované datové formáty souvisí s dopravními aspekty a provozem na síti, jedná se například o zastávky veřejné dopravy, linky veřejné dopravy, soubory s údaji o nadmořské výšce apod. kompletní výpis parametrů je možné nalézt na stránce projektu SUMO, <https://sumo.dlr.de/docs/netconvert.html>

2.2 Netedit

Netedit je vizuální editor sítě, který lze použít nejen k vytváření sítě od prvopočátku, ale i k úpravám všech aspektů stávajících sítí. Díky grafickému rozhraní pro výběr a zvýrazňování jej lze také použít k ladění atributů sítě. Netedit je postaven na platformě Netconvert, obecně platí, že vše, co umí Netconvert, umí i Netedit. Editační příkazy se obecně vydávají kliknutím levým tlačítkem myši (podle aktuálního editačního režimu). Uživatelské rozhraní věrně kopíruje rozhraní **SUMO-GUI** i s využitím klávesových zkratk, které jsou zdokumentovány v nabídce *Nápověda*.

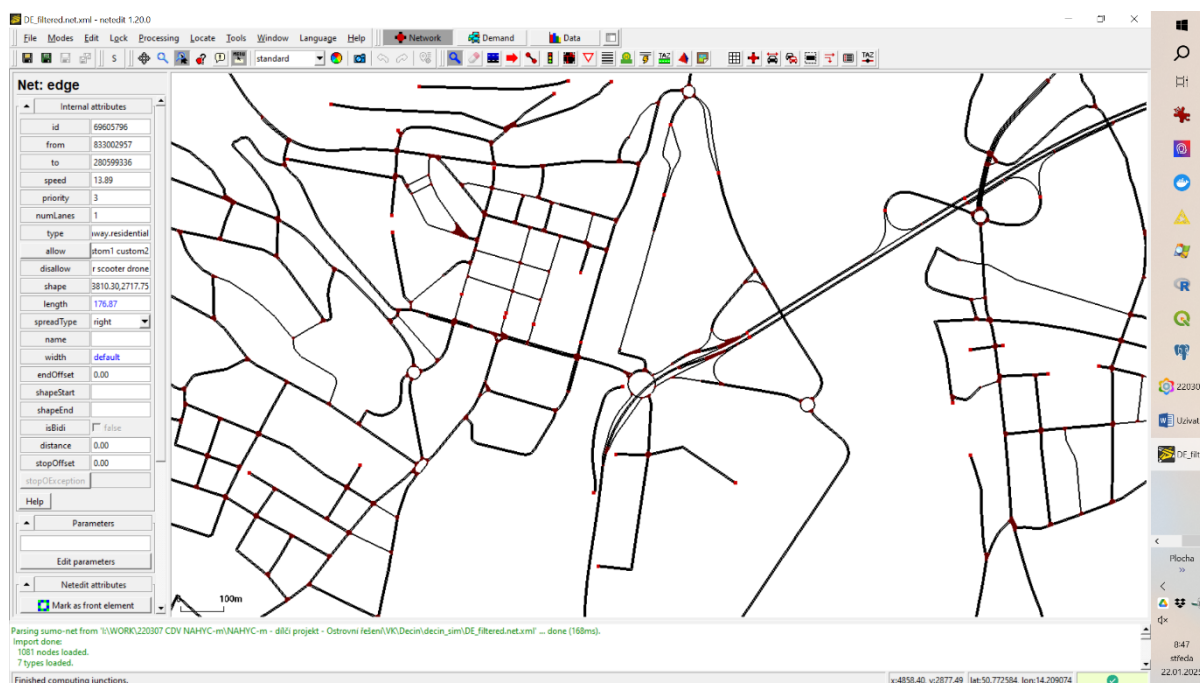
V nástroji Netedit lze přepínat mezi třemi hlavními režimy úprav (superrežimy) pro úpravy objektů souvisejících se sítí, objektů souvisejících s provozem a datových objektů. Každý z těchto superrežimů má řadu dílčích režimů (nazývaných jednoduše režimy) pro kontrolu, mazání a přidávání různých objektů. Některé z těchto režimů jsou společné pro všechny supermódy, zatímco jiné jsou specifické pro konkrétní supermód.

2.3 Trasy (routes)

Dalším krokem přípravy simulace je vytvoření souboru tras, kde definujete typy vozidel, trasy a jednotlivá vozidla. Cílem je přiřazení dopravního provozu na připravené síti, jehož součástí je i kalibrace tohoto provozu, pro které jsou důležité vstupy strategických dokumentů a s odhady budoucího provozu.

V rámci projektu byly implementovány tři různé modely provozu na roky:

- 2020,
- 2030,
- a 2050.



OBRAZEK 4 UKÁZKA PŘÍPRAVY DOPRAVNÍ SÍTĚ MĚSTA DĚČÍN V NETEDIT

Pro modelování dopravního provozu se používá nástroj Routesampler, který generuje provoz (směřovaná vozidla nebo toky) v reprezentaci dle specifických charakteristik dopravní sítě, jako je intenzita dopravy, kapacita silnic nebo rychlostní omezení na jednotlivých hranách sítě. Jako vstup vyžaduje připravený soubor, který definuje předpokládané trasy vozidel. Trasy jsou ze vstupu (heuristicky) vzorkovány tak, aby výsledný provoz splňoval údaje o sčítání dopravy.

V rámci tohoto kroku probíhají aktivity:

1. Definování typů vozidel – v souboru XML definujeme různé typy vozidel, které budou použity v simulaci. Například XML `<vType id="car" accel="2.6" decel="4.5" sigma="0.5" length="5" minGap="2.5" maxSpeed="70" color="1,0,0"/>`

2. Vytvoření tras - definujte trasy, které vozidla budou následovat. Každá trasa je sekvence uzlů (nodes) nebo hran (edges). Například XML `<route id="route0" edges="edge1 edge2 edge3"/>`
3. Generování vozidel – plánované vytvoření vozidla s přiřazením trasy, specifikuje se čas, kdy se vozidlo objeví na trase. Například XML `<vehicle id="veh0" type="car" route="route0" depart="0"/>`

Výsledkem je uložení souboru s koncovkou `.rou.xml`, například `myroutes.rou.xml`, který obsahuje veškerý návrh tras, které budou realizovány ve spuštěné simulaci.

Vytvořené modely zahrnují navržené trasy pro širokou škálu služeb, jako jsou svoz odpadu, technické a úklidové služby, sociální služby, městská hromadná doprava (MHD a VHD), taxi služby, integrované záchranné systémy (IZS), logistiku retailu (maloobchod), poštovní služby, rozvoz potravin a jídla, vnitropodnikovou dopravu a individuální dopravu. Tyto služby byly pečlivě analyzovány a modelovány tak, aby odpovídaly specifickým potřebám a charakteristikám vybraných lokalit.

Pro potřeby simulace vodíkového mikrogridu byla rovněž doplněna základní sada modelových vozidel o známá vodíková vozidla s jejich specifickými charakteristikami. Byla vytvořena modelová vozidla na základě dostupných parametrů pro:

- Toyota Mirai (osobní vozidlo),
- Solaris Urbino 12 Hydrogen (autobus),
- Renault Master H2-Tech (lehké nákladní vozidlo)
- a Hyundai Xcient Fuel Cell (střední nákladní vozidlo),

přičemž prostředí je otevřeno pro přidávání dalších vodíkových vozidel všech kategorií v budoucnu představených a dostupných na trhu.

Posledním krokem přípravy simulačního modelu je integrace všech připravených podkladových souborů do konfiguračního souboru simulace. Konfigurační soubor je klíčový pro nastavení a spuštění simulace. Tento soubor určuje, které vstupní soubory se použijí, a definuje různé parametry simulace. Základní struktura konfiguračního souboru je následující:

XML

```
<configuration>
```

```
  <input>
```

```
    <net-file value="mynetwork.net.xml"/>
```

```
    <route-files value="myroutes.rou.xml"/>
```

```
  </input>
```

```
  <time>
```

```
    <begin value="0"/>
```

```
    <end value="3600"/>
```

```
<step-length value="1"/>
</time>
<report>
  <log value="sumo.log"/>
  <error value="sumo.err"/>
</report>
</configuration>
```

Jednotlivé sekce obsahují následující informace

Sekce <input>:

<net-file>: Odkazuje na soubor sítě.
<route-files>: Odkazuje na soubor tras.

Sekce <time>:

<begin>: Počáteční čas simulace.
<end>: Konečný čas simulace.
<step-length>: Délka časového kroku simulace.

Sekce <report>:

<log>: Soubor pro ukládání logů.
<error>: Soubor pro ukládání chybových zpráv.

V rámci konfiguračního souboru lze přidat další sekce pro specifikaci doplňkových souborů, jako jsou soubory s definicemi semaforů, detektorů a dalších prvků. Pro více informací a podrobnosti lze využít oficiální dokumentaci.

3 Programové nastavení parametrů simulace

Připravené simulace se volají prostřednictvím připraveného společného API pro veškeré komponenty realizovaného dílčího projektu DP003N: Podpůrný SW.

3.1 API Rozhraní

Specifikace OpenAPI umožnila definovat strukturu a chování API pomocí standardizovaného formátu. Konkrétně jsou definovaná API v prostředí www.apidog.com, a poskytují tak přístup k aplikaci pro modelování provozu flotily vozidel ve vodíkovém ostrovním mikrosystému.

3.1.1 Seznam všech předdefinovaných dopravních sítí vodíkových ostrovů

List all pre-defined hydrogen island traffic networks

<HTTPS://<SERVER>/TRAVEL/MODELS>

Načtení seznamu předdefinovaných sítí pro simulaci dopravy uložených na serveru pro modelování cest spolu s jedinečnými značkami sítě.

```
[
  {
    "tag": "decin",
    "name": "City of Děčín",
    "description": "This model simulates hydrogen vehices in the city
of Děčín (cca 50k inhabitants on 120kmsq). Avaliable hydrogen vehicles are
public transport buses, small and mid-size delivery vehicles."
  },
  {
    "tag": "podebrady",
    "name": "City of Poděbrady",
    "description": "..."
  },
  {
    "tag": "ceska_kamenice",
    "name": "Česká Kamenice",
    "description": "..."
  }
]
```

Součástí těchto postupů je možnost získání a provedení změn v celé konfiguraci nastavení modelu.

- ModelParameters = GetConfigurations()
- SetConfigurations(ModelParameters)

Run the simulation

<HTTPS://<SERVER>/TRAVEL/SIMULATE>

Spustí simulaci pomocí zadané konfigurace.

Simulation results

<HTTPS://<SERVER>/TRAVEL/RESULTS>

Vrátí datovou sadu s kompletními výsledky simulace v nezpracovaném formátu (XML). Formát odpovídá výstupním formátům SUMO.

Vrátí identifikátor výsledku simulace poskytnutého předchozím voláním simulovat a komprimovaný archiv výsledků simulace ve formátu XML ve formátu LZMA (.xz)

```
{  
  "id": "string",  
  "data": "string"  
}
```

více viz.

<https://www.apidog.com/apidoc/shared-211e606d-1fb2-4582-a1ed-1d71455f291a/folder-2348216>

3.2 Konfigurační soubor

V lokálním režimu spuštění lze parametry vstupů a požadovaných výstupů nastavit přes konfigurační soubor simulace. Simulace se pak spouští s konfigurací dle zvolených parametrů prostřednictvím příkazové řádky.

```
bin/sumo -c CITY_sim.sumo.cfg
```