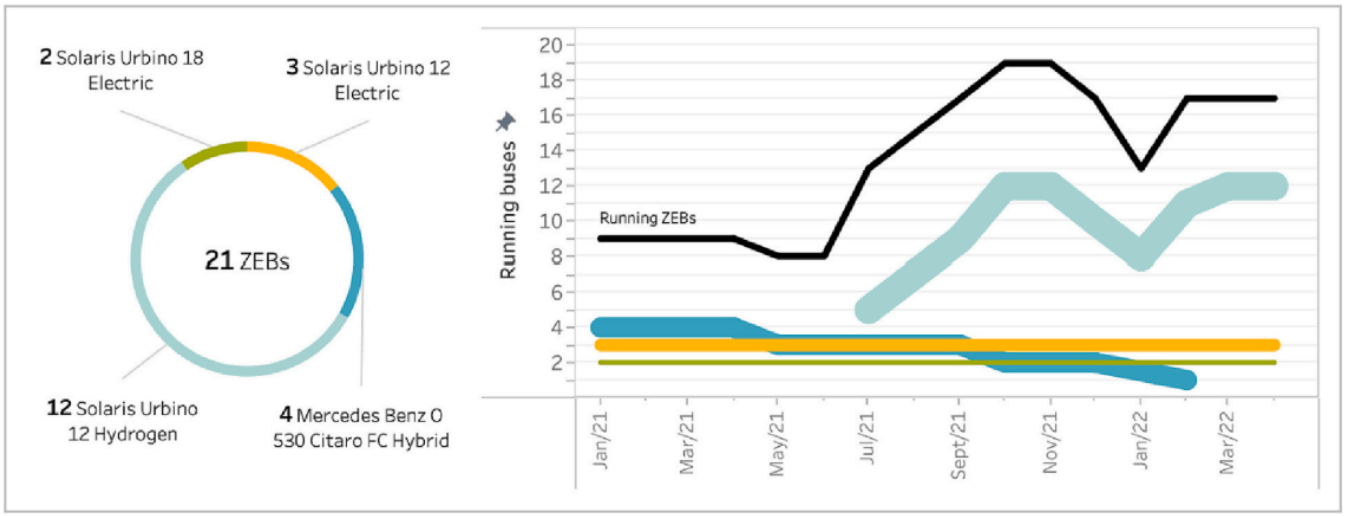

hydrogen
BOLZANO
BOZEN

Vodíková kocovina? Náklady na provoz jsou (a budou) vysoké

06.09 2023 18:24, Libor Hinčica, Autobusy

Včera jsme publikovali na našich stránkách článek týkající se nákupu dalších 18 vodíkových autobusů (tentokrát v článkové verzi) pro Kolín nad Rýnem a okolí, v jehož rámci jsme nakousli také otázku financování vozidel a jejich nákladů. Připomeňme, že dopravce RVK je s flotilou 72 vodíkových autobusů jejich momentálně největším provozovatelem v Evropě, vozidla s palivovými články si ale prorážejí cestu také do dalších měst a států, čemuž je zpravidla věnována série zpráv protkaná superlativy o technologickém skoku, kterého to či ono město zařazením vodíkových autobusů právě dosáhlo. Vodíkové autobusy se stávají či stanou brzy součástí i našich (česko/slovenských) autobusových flotil.

V Praze prozatím především formou „kombinovaného studia“ testují vodíkový autobus Škoda H’City, v Bratislavě s velkou slávou zahájili k prvnímu srpnu provoz čtyř vodíkových autobusů od Solarisu na lince jedoucí z větší části pod trolejbusovým trolejovým vedením, Ústí nad Labem může vystavit objednávku na vodíkové autobusy takřka okamžitě (tedy až mu na ně přisype peníze EU), v Ostravě běží na nákup vodíkových autobusů táhnoucí se výběrové řízení, přičemž do prvního prvku periodické tabulky, zdá se, se zde zamiloval rovnou celý Moravskoslezský kraj, a některá další města o vodíku sní a odhodlala se již i k testování. Například konurbace Mostu a Litvínova, která zvládla v prosinci 2022 otestovat nejprve portugalský vůz z produkce CaetanoBus (Toyoty) a v na přelomu června a července letošního roku i ryze *szlovák* elektrobus Modulo H2Bus, aby již první testování odhalilo zcela neočekávané poznatky, když bylo konstatováno, že: *„Autobus má vyšší výkon než jeho běžný dieselový ekvivalent, je tichý a lokálně zcela bezemisní.“*

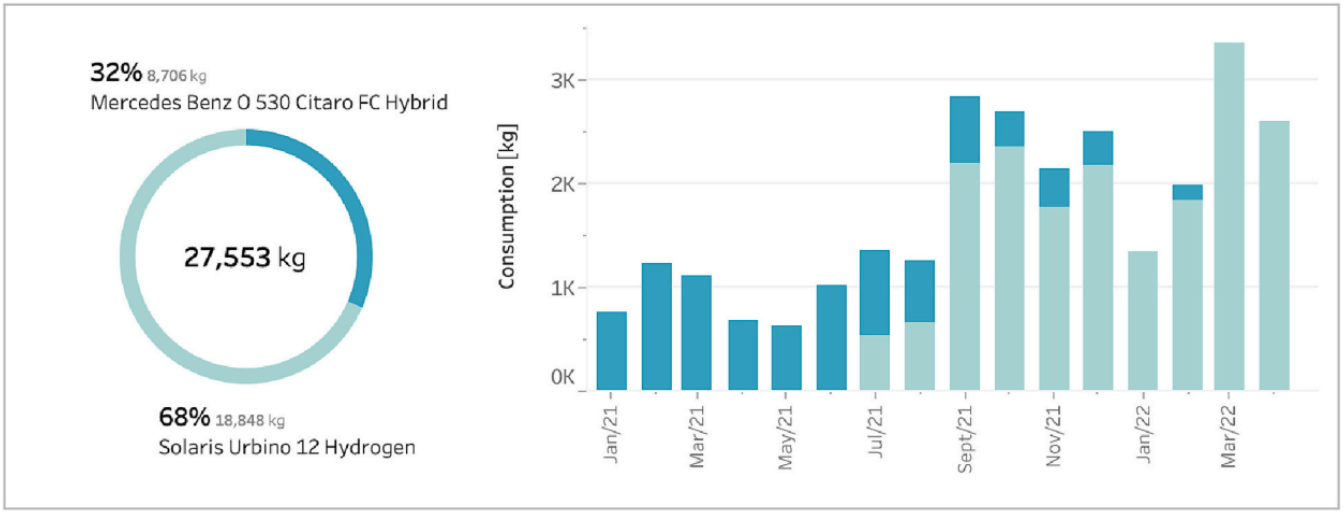


Všech 21 autobusů zařazených do výzkumu Eurac se nikdy nepotkalo v provozu. Starší vodíková Citara postupně odpadala, zatímco flotila vodíkových Urbin rostla pozvolna. (zdroj: Eurac)

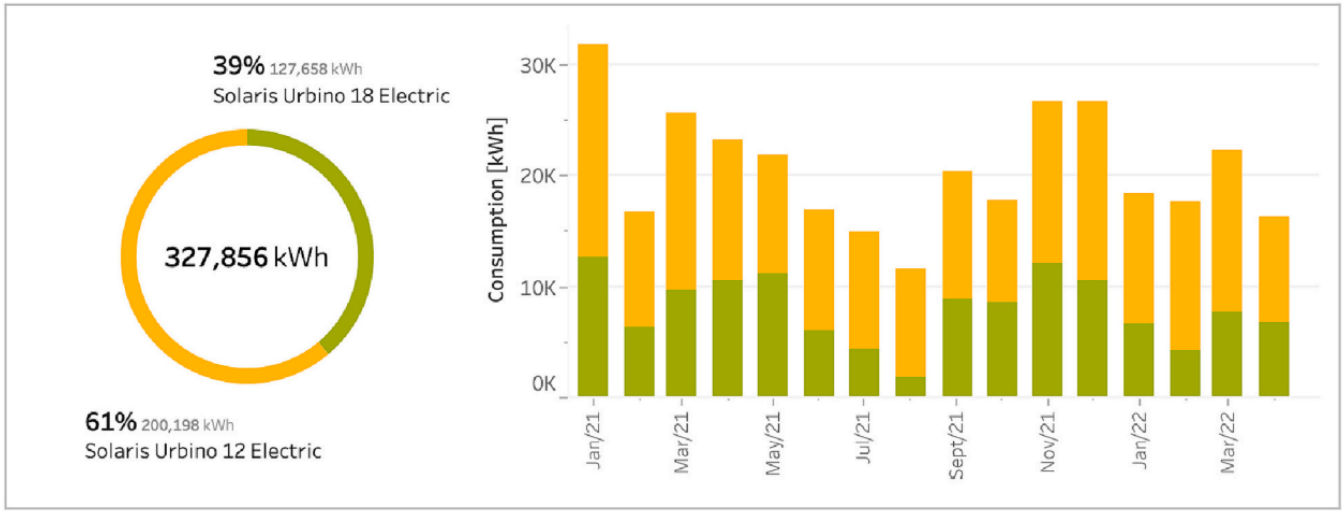
Před zhruba deseti lety byly konference věnované budoucnosti veřejné dopravy protkány přednáškami na téma elektromobility postavené na elektrobusech. Dnešní konference slibují zářnou budoucnost ve spojení s vodíkem, ke kterému postupně konvergují vybraní hráči na trhu svou produkci vozidel, byť jeden z nejvýznamnějších – skupina Daimler Buses – tak činí poněkud plíživě, když jí nově nabízené vodíkové eCitaro ve skutečnosti představuje jen elektrobus s vodíkovým

prodlužovačem dojezdu, nikoli ryze vodíkový autobus (což ovšem obecně nebrání tomu, aby byl autobus veřejnosti jako vodíkový podsouván, ostatně podobné terminologické *zmatení jazyků* se ukázalo jako účinné napříč evropskými producenty už při nabízení hybridních autobusů, které jsou přitom vybaveny jen mild-hybridním modulem).

Aktuální produkce vodíkových autobusů má využívat nejmodernější poznatky v oboru, což má přispívat k vyšší účinnosti v porovnání s dříve vyráběnými palivovými články a nižším nákladům. Reálné náklady k vodíkovým autobusům jsou ale zveřejňovány jen zřídkakdy. Existuje sice sorta neodbytných zvědavců, která sveřepě odmítá přijmout fakt, že společenská poptávka je ve vztahu k vodíkové technologii pouze po pozitivních informacích, které se vejdou do tiskové konference při slavnostním představování vozidel, načež by měla v zájmu adorace na blaho občanů myslících politických představitelů, zástupců dopravních podniků a na veřejné rozpočty poklidně přisátých výrobců nastat uvědomělá autocenzura, která bezpečně odfiltruje z veřejného prostoru Maláčové plytkodiskuzní „*kde na to vezmeme?*“, naštěstí pro výše zmíněné skupiny ale není tato společenská kasta příliš rozšířená, takže lze dál poklidně, beztrestně a s naprostým odtržením od reality plácat o přínosech vodíku prakticky cokoli.



Spotřeba vodíku ve sledovaném období. (zdroj: Eurac)

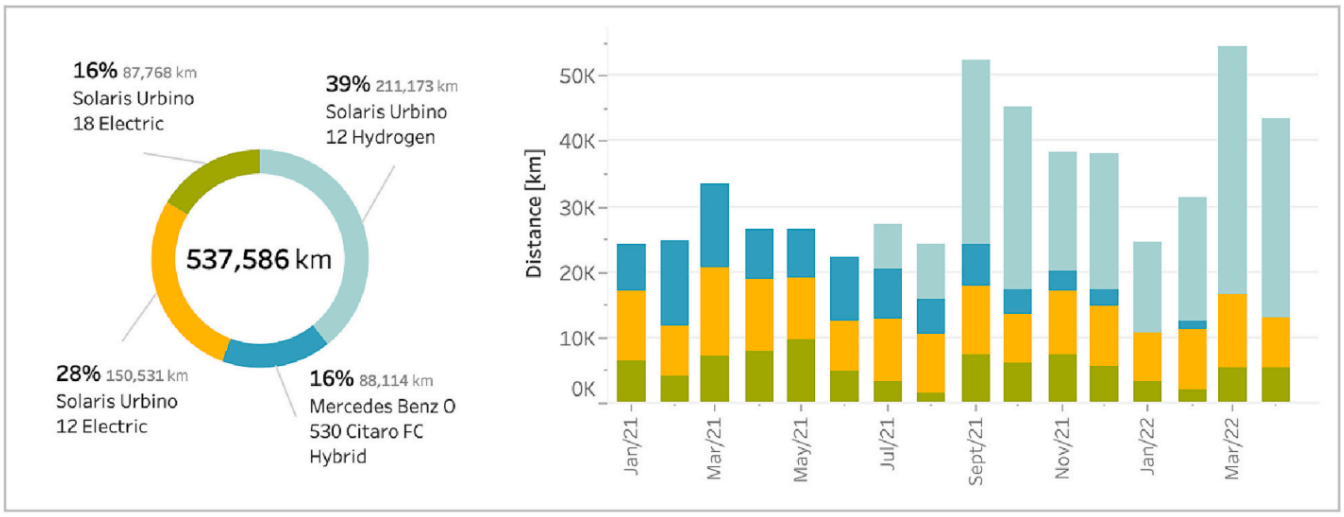


…a elektrické energie pro nabíjení elektrobusů. (zdroj: Eurac)

Černou díru v poznání nákladů na provoz autobusů vybavených palivový články nyní alespoň

částečně zaplnil italský výzkumný institut Eurac, který měl možnost sledovat data z provozu od dopravce *Società Bus Servizi D`Area* (SASA) v jihotyrolském Bolzanu. Důležitým prvkem tohoto výzkumu je skutečnost, že již nebyly porovnávány jen starší vodíkové autobusy z produkce Mercedesu (Citaro FuelCELL-Hybrid) z roku 2014, ale i aktuálně vyráběná generace autobusů Solaris Urbino hydrogen, která již zahrnuje nejnovější generace palivových článků z produkce kanadského Ballardu. Díky tomu lze porovnávat nejen náklady na vodíkové autobusy obecně, ale i mezi dvěma generacemi vozidel. Studie se přitom soustředila na porovnání nákladů vodíkových autobusů a elektrobusů, nikoli vozidel s konvenčními spalovacími motory. Vzhledem k tomu, že náklady elektrobusů jsou v porovnání s dieselovými autobusy samy o sobě vyšší, je zřejmé, že při srovnání vodíkový versus dieselový autobus by bylo dosaženo ještě propastnějších rozdílů.

Italové z institutu Eurac sledovali provoz vodíkových autobusů a elektrobusů po dobu více než jednoho roku (od ledna 2021 do dubna 2022), přičemž výsledné hodnoty ve vztahu k nákladům na vodíkové autobusy ovlivňuje nepříznivě už samotná pořizovací cena, která je i oproti elektrobusům vyšší o zhruba 30–40 %. Už tuto vstupní investici je proto nutné někam rozpočítat, byť samozřejmě dotační ekonomický systém (to jest jakási kapitalistická obdoba *socialismu s lidskou tváří*) staví princip odpisů na hlavu, což bourá základní ekonomické poučky a znesnadňuje vyhodnocení ekonomických dopadů. Roční doba sledování provozu sice přináší bezpochyby širokou základnu dat, na druhé straně ale ani tak neumožňuje zanést náklady týkající se údržby, takže níže uvedené údaje sledují jen a pouze náklady na spotřebu paliva, nikoli onu zvýšenou cenu vozidel či náročnost oprav a servisu. Při vyčíslení a započtení těchto nákladů by se provoz vodíkových autobusů dále významně prodražoval.

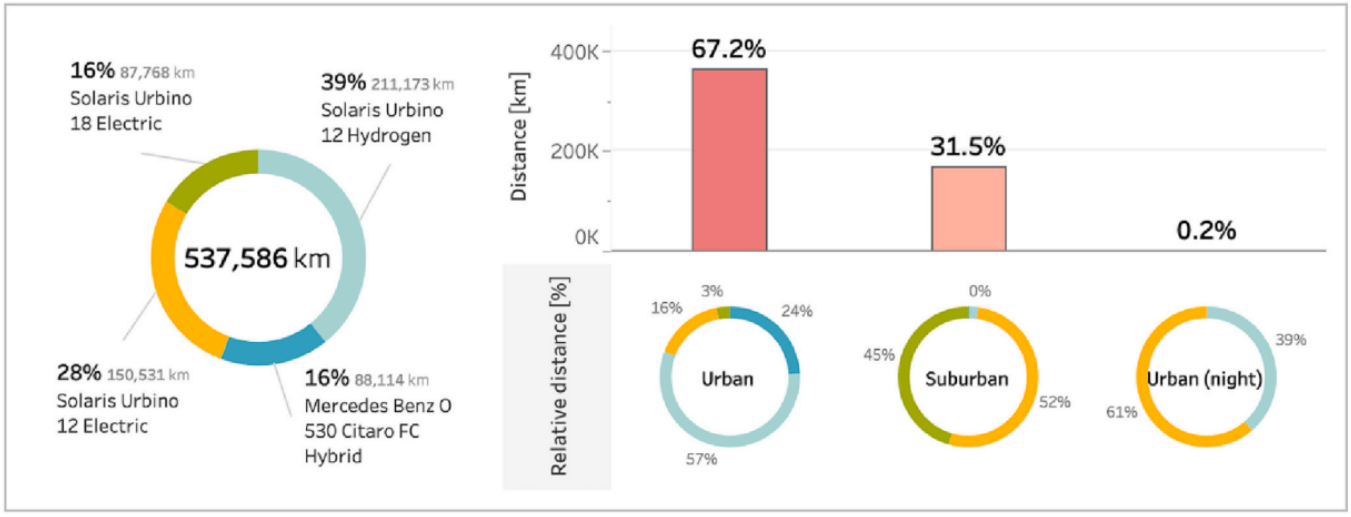


Ujeté kilometry dle jednotlivých typů v rámci výzkumu. Přestože od října 2021 již bylo v provozu všech 12 vodíkových Urbin, jejich kilometrické proběhy až do jara byly zhruba identické jako v případě pěti elektrobusů. To se změnilo až v samotném závěru výzkumu. (zdroj: Eurac)

V provozu v Bolzanu a okolí bylo sledováno celkem 21 vozidel – 4 starší vodíková Citara FuelCELL-Hybrid, 12 vodíkových Urbin a k nim 5 elektrobusů Urbino (z toho 2 článkové). Celkem najela vozidla ve sledovaném období 537 500 km, z čehož přes výrazně početnější zastoupení v průzkumu připadalo na vodíkové vozy jen 56 %, když Urbina hydrogen od Solarisu najezdila 211 173 km a Citara FuelCELL-Hybrid 88 114 km. Oproti tomu pětice elektrobusů najela 238 299 km (z toho 150 531 km připadalo na sólo vozy a 87 768 km na článkové). Bylo to dáno skutečností, že nikdy nejezdilo všech 21 sledovaných autobusů současně. První měsíce roku 2021 byly z vodíkových autobusů v provozu jen ty od Mercedesu, z nichž v květnu 2021 navíc jeden vůz odpadl a v říjnu 2021 jej následoval další. Zbylé dva vozy s trojcípou hvězdou ve znaku poté byly do provozu

nasazovány už jen sporadicky. Oproti tomu flotila vodíkových Urbin začala sloužit teprve v červenci 2021 a kompletní (plný stav 12 vozů) byla až v říjnu téhož roku. I tak ovšem trvalo až do jarních měsíců roku 2022 (želbohu v té době výzkum právě končil), než 12 vodíkových autobusů začalo podávat poměrově odpovídající kilometrické výkony jako 5 elektrobusů. Samotné průměrné hodnoty za celé sledované období nejsou vzhledem k výše uvedenému vypovídající.

Celkem ve zkoumaném období bylo natankováno 27 553 kg vodíku (18 848 kg pro Urbina, 8 706 kg pro Citara) při průměrné ceně 13,8 € za kilogram. Cena elektřiny pro nabíjení elektrobusů oproti tomu činila jen 0,4 €/kWh, přičemž spotřeba elektrobusů činila 327 858 kWh (z čehož 200 198 kWh spotřebovaly sólo vozy a 127 568 kWh článkové). Hlavní výhoda vodíkového autobusu oproti elektrobusu – prodloužený dojezd – se v provozu projevovala jen minimálně. Posuďte sami – max. dojezd dvanáctimetrového Urbina na vodík činil 300 km, avšak elektrobus najel max. jen o 21 km méně (tedy 279 km). Citaro FuelCELL-Hybrid zvládlo max. 271 km, článkový elektrobus Urbino 18 pak 215 km. Nízké hodnoty vodíkových autobusů ale byly dány zvolenými oběhy pro nasazení vozidel, nikoli technologickými limity vodíkové technologie – autobusy se většinou dostaly k plnicímu místu v době, kdy měly nádrže na vodík z cca 50 % naplněné, zatímco u elektrobusů šlo o hodnoty z hlediska zbývající energie limitní.

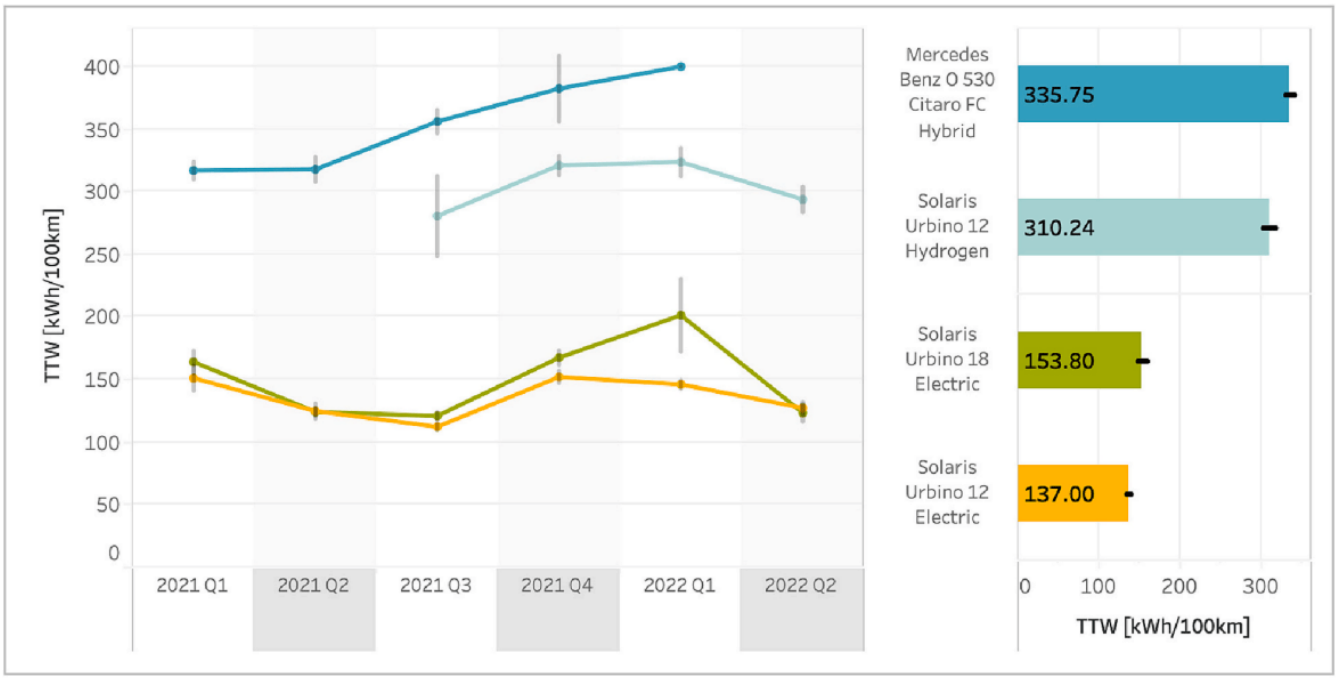


Z tohoto grafu vidíme, že elektrobusy jsou nasazovány především na příměstské linky, zatímci vodíkové autobusy dominují městskému provozu přímo v Bolzanu. (zdroj: Eurac)

Při rozpočtení nákladů „paliva“ na kilometr došel Eurac k závěru, že jízda elektrobusu na vzdálenost jednoho tisíce metrů vychází na 0,55 € (cca 13,30 Kč), zatímco u vodíkového pohonu šlo o 1,27 € (zhruba 30,70 Kč). Data elektrobusů jsou přitom nepříznivě zatížena skutečností, že do nich vstupuje dvojice článkových vozů, které mají spotřebu z principu vyšší, takže i výsledný 2,3násobek zvýšených nákladů (pouze!) na palivo je pro vodík ještě milosrdný. U 12m elektrobusu měla činit průměrná spotřeba 1,37 kWh/km, u článkového 1,538 kWh/km. Spotřeba vodíku se lišila mezi starším Citarem FuelCELL-Hybrid a novým Urbinem o zhruba 8 % (9,31 kg/100 km a 10,07 kg/100 km; v neprospěch Citara). Nejlepší naměřená spotřeba vodíkového Urbina 12 činila 7,7 kg na 100 km (nejhorší oproti tomu 10,78 kg/100 km), u staršího Citara odpovídal nejlepší výsledek 8,71 kg/100 km a nejhorší 11,96 kg/100 km.

Nová generace palivových článků tedy může mít pozitivní vliv na lepší účinnost (potažmo nižší spotřebu), současně je ale nutno brát v potaz konstrukční řešení obou druhů vodíkových autobusů a míru zapojení instalovaných trakčních baterií do výsledné rovnice spotřeby, což ovšem studie dále nerozebírá, takže nelze říci, na kolik se pod lepšími výsledky vodíkového Urbina propisují opravdu

právě jen nové palivové články. Navíc s ohledem na pozvolna omezované nasazení vodíkových Citar bylo nemožné srovnávat data ve stejném čase, na stejných linkách a při stejné obsaditelnosti. To je mimochodem jeden z nedostatků výzkumu, protože k poměřování sice slouží data z reálného provozu, avšak elektrobusy se objevují (článkové v podstatě výhradně) primárně na příměstských linkách, zatímco vodíkové autobusy naopak hlavně na těch městských. Charakter provozu a topografie linek mohly bezpochyby částečně data ovlivnit, hovoříme nicméně o odchylkách v řádech jednotek procent.



Spotřeba vozidel přepočtená na potřebnou elektrickou energii v kWh pro provoz na 100 km. (zdroj: Eurac)

K výše uvedeným hodnotám spotřeby je nutno brát v potaz ještě nízkou účinnost vodíkového pohonu, kdy studie došla k závěru, že pro provoz vodíkového autobusu stejné (12m) velikosti je nutno mít k dispozici o 126–145 % více elektrické energie než v případě elektrobusu. Důvodem je nejen nízká účinnost daná výrobou, stlačováním a transportem vodíku, ale také účinnost samotného palivového článku využívajícího reverzní elektrolýzy k výrobě elektrické energie. Výsledná účinnost článku (tedy již na vozidle bez započtení oněch ztrát spojených s výrobou a transportem) má podle průzkumu činit 40–49 %. Vezmeme-li tlak na používání tzv. zeleného vodíku, tedy vyráběného elektrolýzou z obnovitelných zdrojů, musí být výsledné hodnoty účinnosti mizerné, protože už „přeměna“ elektřina > vodík má sama o sobě účinnost do 60 %.

Pro plnění vodíkových Citar se využívala dlouhá léta plnicí stanice místního technologického institutu *Innovazioni Tecnologiche Bolzano*, která zvládla plnit autobusy tempem 2,8 kg vodíku za minutu. Po dodání vodíkových Urbin bylo zapotřebí přijít se sofistikovanějším řešením v podobě nové a výkonnější plnicí stanice, do níž se vodík naváží pomocí kamiónů a původní plnicí místo na půdě institutu bylo v září 2021 opuštěno. Ačkoli to studie výslovně nezmiňuje, lze předpokládat, že i navážený vodík je tzv. zelený, tedy vyroben za využití elektrické energie z místních vodních elektráren.

Znovu je nutno zdůraznit, že provoz vodíkových autobusů (potažmo obecně vozidel veřejné dopravy s palivovými články) je i nadále ekonomický nesmysl, a navzdory šálivým heslům a reklamnímu balastu i ekologický nesmysl (ostatně ne náhodou jsou pilotní projekty provozu vodíkových autobusů

spojovány s petrochemickým průmyslem – povšimněte si, na kolika „pilotech“ participují rafinérie).



Na závěr si dáme ještě jednu propagační fotografii Solarisu s vodíkovým auobusem ve službách SASA Bolzano. (foto: Lukasz Bera; foto: Solaris Bus & Coach)

I kdyby bylo možné znásobit obnovitelné zdroje a vyrábět zelenou elektrickou energii masivněji, než je tomu dnes (což je cca 22 % hrubé konečné spotřeby v rámci EU), k čemuž se propagátoři vodíku často uchylují jako k viditelnému cíli na horizontu, po jehož dosažení mají náklady na elektrickou energii (v rozporu se základním ekonomickým zákonem nabídky a poptávky) údajně výrazně klesnout, byl by nesmysl využívat tuto energii na tak ekonomicky nákladný a ve výsledku neúčinný proces, jakou je výroba a následná spotřeba vodíku, pokud se nabízejí jiné efektivnější cesty uložení i spotřeby této energie. Vodík zkrátka není a ani nemůže být medikamentem pro záchranu planety a často omílané tvrzení, že jediným odpadním produktem provozu vozidel na vodík je vodní pára, není ničím jiným než záměrným ohnutím pravdy nezohledňujícím, jaké plýtvání musí tomuto vypouštění vody do ovzduší předcházet.

Je s podivem, že navzdory výpočtům o nezměrné exploataci zdrojů při produkci vodíku (podepřenými zatím platnými fyzikálními zákony) a zjevně nesmyslnému vyhazování peněz za aplikování vodíkové technologie do praxe, nerezonují až na drobné výjimky ve společnosti hlasy volající po zastavení této nové vlny prodeje odpustků slibujících vykoupení z hříchů nadprodukce CO_2. Je nutné zdůraznit, že vodík nemůže ve skutečnosti udělat Evropu zelenější, protože z principu procesu své výroby a výsledné účinnosti ekologizaci nijak neslouží a ani sloužit nemůže. Stal se jen další obětí tažení, které ekologii coby vědní obor přetransformovalo v ideologii, jež otevřeně řečeno napomáhá jediné věci – k napakování těch, pro které pojem ochrana přírody nebyl nikdy více než líbivě stoupající křivka business plánu. Právě zde je zapotřebí hledat nechuť pro vyvolání diskuze o přínosech vodíkové technologie – v ruletě, v níž každou sázku štědře podpoří vlády (potažmo EU), má zkrátka

příliš mnoho významných průmyslových hráčů již vsazeno vysoké částky na to, aby riskovali, že o ně přijdou, a nezbytným předpokladem k tomu, aby padla šťastná čísla, je, že se svět dál nechá klamat. A svět zjevně klamán být chce.

V článku byly použity údaje a vyobrazení z výzkumu institutu Eurac:

Eurac Research, Institute for Renewable Energy: Aaron Estrada Poggio , Jessica Balest , Alyona Zubaryeva, Wolfram Sparber. *Monitored data and social perceptions analysis of battery electric and hydrogen fuelled buses in urban and suburban areas*. Journal of Energy Storage 72 (2023) 108411.

Url: Vodíková kocovina? Náklady na provoz jsou (a budou) vysoké