

FRI-2.203-2-TMS-07

STUDY OF THE POSSIBILITIES OF APPLYING HYDROGEN MOBILITY IN MODERN CITIES²⁰

Assoc. Prof. Asen Asenov, PhD Eng.

University of Ruse,
Department of Transport
Phone: 082 888 605
E-mail: asasenov@uni-ruse.bg

Prof. Velizara Pencheva, PhD Eng.

University of Ruse, Bulgaria,
Department of Transport
Phone: 082 888 240
e-mail: ypencheva@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Ivan Beloev, PhD

University of Ruse,
Department of Transport
Phone: 082 888 605
E-mail: ibeloev@uni-ruse.bg

Assist. Prof. Dimitar Grozev, PhD.

University of Ruse,
Department of Transport
Phone: 082 888 231
E-mail: dgrozev@uni-ruse.bg

Prof. Plamen Daskalov, PhD Eng.

University of Ruse, Bulgaria,
Department of Automation and mechatronicst
Phone: 082 888 668
e-mail: daskalov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Tsvetelina Georgieva, PhD

University of Ruse,
Department of Automation and mechatronicst
Phone: 082 888 668
E-mail: cgerogieva@uni-ruse.bg

Abstract: *The state of transport in the city of Ruse and its impact on the environment were evaluated. Based on a study of engineering and technological developments, European policies and good practices for sustainable mobility, the potential and perspectives for the possible implementation of hydrogen mobility in the city are identified. Suitable applications for hydrogen mobility are for urban transport and logistics and inland waterway transport.*

Keywords: *urban transport, hydrogen mobility, inland waterway transport, alternative energy sources*

²⁰ Presented a report of October 25, 2019 with the original title: Изследване на възможностите на прилагане на водородната мобилност в съвременните градове

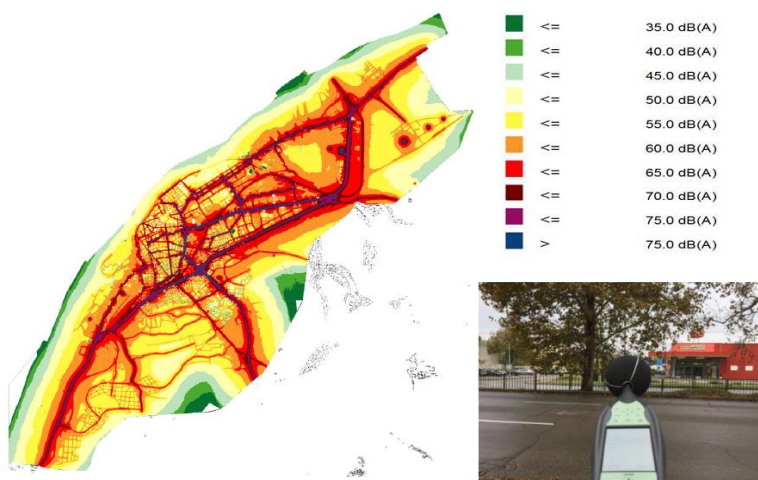
ВЪВЕДЕНИЕ

Транспортът е с важно социално-икономическо значение за страната, но в същото време оказва сериозно влияние върху екологичната система. Увеличаването на мобилността на хората и товарите води до повишаване на отделяните замърсяващи емисии и техните сериозни въздействия върху околната среда. Освен това, транспортът се превърна във важно измерение на концепцията за устойчивост. Той подпомага нарастващите нужди за мобилност особено в градските райони и затова съвременната автомобилизация доведе до интензивно движение, задръствания, липса на места за краткотраен престой и за паркиране, ниска скорост на транспортните потоци и др. В резултат транспортът стана все по-обвързан с екологичните проблеми като изменение на климата (парников ефект), качеството на въздуха и силата на шума.

Гр. Русе е известен в страната с редица екологични проблеми от края на 80-те години на 20-ти век и до момента. Транспортът е една от причините за увеличаване на отрицателното въздействие върху околната среда. Решенията за осигуряване на устойчива мобилност следва да се търсят, отчитайки европейските политики в областта на околната среда, на добрите практики и възможните съвременни решения в областта на технологиите и инженерните изследвания. Въпреки редица публикации по тези въпроси липсват комплексни решения за използване на възможните инженерни и технологични решения в областта на мобилността, включително за използване на различните видове транспорт и алтернативни на ДВГ превозни средства, в т.ч. използване на вътрешния воден транспорт.

Околна среда и мобилност в гр. Русе. Основният проблем за община Русе по отношение на атмосферния въздух е годишното превишаване на средно дневната норма за ФПЧ10 (фини прахови частици с размер под 10 микрона). Броят на регистрираните превишения по показател ФПЧ10 от автоматичната станция за контрол на качеството на атмосферния въздух – АИС „Възраждане“, гр. Русе, (над $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) през 2017 г. е 72, (РЗИ – Русе, 2018). Превишенията на ФПЧ10 основно се дължат на използването на твърди горива за отопление в битовия сектор, особено през зимния период на годината и транспорта в комбинация с климатичните условия.

Основни източници на шум в околната среда на гр. Русе са автомобилният и железопътният транспорт, заедно с промишлеността. През застроената територия на града преминават участъци от основни национални и международни автомобилни и железопътни трасета. С най-голями нива на шум от транспорта са бул. „Христо Ботев“, бул. „Цар Освободител“, бул. „Липник“, бул. „Съединение“, бул. „България“, ул. „Тулча“, бул. „Скобелев“ и ул. „Плиска“ (фиг. 1.), (Спектри ЕООД, 2017).



Фиг. 1. Стратегическа карта на шума през деня при отчитане на всички източници в гр. Русе

Начините за придвижване на територията на даден град зависят от редица фактори като: географско разположение, качество на услугите в градския обществен транспорт, състояние

на пътната инфраструктура, наличието на места за придвижване на пешеходците, наличие на велоалеи и др.

В периода 01.05.2019-30.05.2019 г. беше направено “on line” проучване сред 300 човека за обичайния им начин на придвижване в гр. Русе. Резултатите са показани в табл. 1.

Таблица 1. Резултати от проучване за обичайния начин на придвижване в град Русе, месец май 2019

Начин на придвижване	Брой	%
Личен автомобил	169	56,33
Обществен транспорт	44	14,67
Ходене пеша	54	18
Колоездене	2	0,67
Мотоциклет	1	0,33
Друго	30	10
Общо	300	100

От табл. 1 е видно, че над половината от анкетираните използват личен автомобил за придвижване, 15% обществен транспорт и само 18% се придвижват пеша. Стойността на процента на колоезденето (0,67%) означава, че то почти не се използва като начин за придвижване.

В плана за устойчива градска мобилност, SUMP за град Русе разработен за периода 2016-2026 е приета визия „Постигане на висока степен на мобилност в градските зони и прилежащите територии на гр. Русе при условията на придвижване с осигурена максимална достъпност, сигурност, безопасност и гарантирано опазване на околната среда, в интерес на местната общност и като основа за стимулиране на вътрешния интегритет и устойчивото развитие на региона“. Като целевите показатели са следните: до 2026 г. само 21,5% от пътуванията да се извършват с лични автомобили, а 78,5% да се извършват с устойчиви форми на транспорт (градски обществен транспорт, пеша, с велосипед и др.), (Община Русе, 2015).

Сериозен ресурс за достигане на тези показатели може да се търси в градския обществен транспорт.

Към 2019 г. в рамките на град Русе общественият транспорт се осъществява с тролейбуси и автобуси. Мрежата на градския транспорт в града се състои от 25 маршрута (линии), от които: 7 тролейбусни и 18 автобусни. Маршрутната схема на града предлага преки връзки между всички райони на Русе без прикачване, с голяма дължина на маршрутите и това е причина за големи интервали на движение.

Град Русе се обслужва от тролейбусни линии - № 2, № 9, № 13, № 21, № 24, № 27, № 29. Основните тролейбусни маршрути минават по бул.“Цар Освободител“, бул.“Генерал Скобелев“, бул. „Христо Ботев“, бул. „Васил Левски“, пл. „Оборище“.

Линиите на обществения градски транспорт в град Русе се обслужват от два автобусни превозвача. Единият е „ШАНС 99“ ООД, който обслужва автобусни линии с №№ 3, 4, 5, 12, 15, 20, съгласно Договор № 2- Гр.- ОбТС за обществен превоз на пътници, както и автобусни линии с № 6, 7, 11, 16, 19, 30, съгласно Договор № 3- Гр.-ОбТС за обществен превоз на пътници. Другият превозвач е „ГЕОКОМЕРС“ ООД, който обслужва автобусни линии с № 8, 10, 18, 23, 28, 33 , съгласно Договор № 1-Гр.-ОбТС за обществен превоз на пътници.

Анализът на маршрутната схема на града и работата на обществения градски пътнически транспорт показва, че е необходимо да се проектира нова транспортна схема на града (последната е от 1984 г. с многократни корекции), което ще позволи оптимизация на пътуванията и избягване на дублиране на маршрути, както и да се подобри качеството на транспортната услуга, включително и подновяване на транспортния парк на обществения градски транспорт.

Освен, че е необходимо намаляване използването на лични автомобили трябва да се търсят решения за използване на превозни средства алтернативни на автомобилите с ДВГ.

Прегледът на европейската политика в областта на градската мобилност и на добрите практики в много европейски градове показва перспектива свързана с нови инженерни и технологични решения, а също и промяна в моделите на придвижване като споделено пътуване и интегрирана мобилност. Сегрегацията на трите пътя може да доведе до много добри резултати, като в основата стоят инженерни и технологични решения за екологизиране на превозните средства.

Инженерни и технологични решения за екологизиране на превозните средства.

В света се работи по приложението на ключови технологии като използване на биогорива, електрически автомобили, автомобили задвижвани с водород (с използване на водородни горивни клетки) с очаквания да допринесат за намаляване на емисиите. Биогоривата все повече се изследват като възможно алтернативен източник на бензина и дизеловото гориво по отношение главно на транспорта. Перспективите за биогоривата са разгледани в (Zhang, F. & Cooke, P., 2009).

От десетилетия електричеството е проучено като алтернативен източник на енергия за замяна или допълване на ДВГ. Според (Richardson, M.J.... Taylor N.C., 2011) хибридните автомобили са разделени в следните видове:

- Микро хибриден автомобил „Micro hybrids“. Автомобил със система за спиране работата на двигателя „Stop Start“ – спира се работата на двигателя, когато автомобилът спре на място за престой, (Volvo DRIVE, Volkswagen blue motion technologies);
- Лек хибриден автомобил „Mild Hybrid“ – това е автомобил със система „Stop Start“, като допълнително е надграден с ограничено усилване и регенерация за почистване на катализатора (BMW active hybrid, Honda integrated motor assist), (Marafi M., Stanislaus A., Furimsky E., 2010);
- Среден хибрид “Medium Hybrid” – допълнително надграждане върху микрохибридните възможности с увеличено използване на електрическа енергия, която позволява намаляване мощността на ДВГ, (Pullen K. R., Etemad S., Thornton W. E., Villegas J., 2011);
- Пълен хибрид “Full Hybrid” – може да работи известно време като чист електромобил, (Toyota и Lexus Hybrid Synergy Drive);
- Хибридни електрически превозни средства с включване в електрическата мрежа за зареждане „Plug-in Hybrid Electric Vehicles“ (PHEV) – HEV. Те имат възможност да се презареждат от електрическата мрежа. Също така имат по-големи електродвигател и батерия и могат да работят значително време като електромобили, (Toyota Prius, General motors E-Flex system);
- Електрическо превозно средство с удължен пробег „Range Extended Electric Vehicle“ – това е предимно електрическо превозно средство с вграден генератор за производство на електроенергия, който позволява да се увеличи пробегът на автомобила. За целта се използва бензинов ДВГ. Пример за това е Chevrolet Volt, който може да измине около 60 km на електричество, осигурено от литиево-йонна батерия с 16 kWh и задвижващ електродвигател от 111 kW. За осигуряване на допълнителния пробег се използва 1400 cm³ бензинов двигател с мощност 53 kW. При този случай пробегът се увеличава до 500 km;
- Кинетичните хибридни системи „Kinetic hybrid systems“ - използват допълнителни устройства, за да възстановят и използват отново енергията получена например при спиране на автомобила;
- Чисти електрически превозни средства “Pure electric vehicles” – това изобщо не са хибридни автомобили, но са включени, тъй като се очаква те да допринесат съществено за намаляването на отделяните CO₂ в бъдеще и започват масово да се разпространяват, като алтернативни на автомобилите с ДВГ, (Tesla, Пежо e-208).

Особеностите на отделните видове хибридни автомобили са посочени в таблица 2. Автомобилите, които имат най-много функции са „Plug-in Hybrid Electric Vehicles“ и „Range Extended Electric Vehicle“.

Таблица 2. Особености на типовете хибридни автомобили

Функции	Micro hybrids	Mild Hybrid	Medium Hybrid	Full Hybrid	Plug-in Hybrid Electric Vehicles	Range Extended Electric Vehicle	Kinetic hybrid systems	Pure electric vehicles
Спиране на ДВГ, когато автомобилът е спрял	x	x	x	x	x	x	x	
Спиране и стартиране на ДВГ		x	x	x	x	x	x	
Зареждане на енергия при спиране		x	x	x	x	x	x	x
Малко използване на електрическа енергия за подпомагане на ДВГ		x	x	x	x	x	x	
Значително използване на електрическа енергия за подпомагане на ДВГ. Ползват се ДВГ с малка мощност			x	x	x	x	x	
Може да работят кратко време като електромобили, около 3 km				x	x	x	x	x
Може да работят значително време като електромобили, около 40 km					x	x		x
Може да работят продължително време като електромобили, около 160 km								x
Работят основно с презареждане на батериите с електрическа енергия от мрежата (електромобили)					x	x		x

Чисто електрическите МПС използват електрически двигател захранван от акумулаторни батерии, вместо ДВГ. При него значително се намаляват отделяните емисии на CO₂. Приема се, че отделяните емисии от автомобила са нула, но поради това, че се ползва електричество от националната електрическа мрежа, то стойността на отделените емисии CO₂ зависи пряко от отделените при производството на електричество емисии. В страните, като Норвегия и Исландия електрическата енергия се получава основно от възобновяеми енергийни източници (Richardson, M.J.... Taylor N.C., 2011) и при тях може да се приеме, че емисиите на CO₂ са относително малки до под 50 g/100 km пробег. При останалите държави, към които се числи и Р. България тези количества са над 50 g/100 km и достигат до 100-130 g/100 km пробег. При тези автомобили изминатото разстояние с едно зареждане на батерията е малко около 50-60 km при най-масово разпространените автомобили и до около 300-450 km при най-новите модели, като тези на Тесла, Пежо и т.н. Също така експлоатационния живот на батерията е ограничен.

Традиционните хибридни превозни средства са проектирани да използват както електродвигател, така и двигател с вътрешно горене. Те могат да изминат по-дълги разстояния от чисто електрическите 500 km. При тях има възможност за работа само на електричество и работа на електричество при зареждане на батерията от работата на ДВГ, обикновено бензинов. При тези автомобили двигателите се произвеждат също серийно за да могат да се прилагат към разнообразни превозни средства. По-добрият вариант на тези моторни превозни средства е хибридният автомобил да може да се зарежда от националната електрическа мрежа

през нощта или по време на престой през времето на извън пиковото натоварване на мрежата. Друг подходящ сценарий е зареждането да се извършва от електроцентрали, създаващи електричество от възобновяеми енергийни източници, като вятър и слънчева енергия, или водна сила и биомаса.

Друга алтернатива на автомобилите с ДВГ са автомобилите, работещи с водородно гориво и водородна горивна клетка, (Orecchini, F., & Santiangeli, A., 2009).

При тези автомобили се използва компресиран водород за получаване на електрическа енергия в горивна клетка, с която да се задвижва превозното средство. Според направените изследвания за пробег от 100 km в извън населено място на един автомобил от среден клас са необходими около 3,7 -3,8 l водород. Пример за това е Honda FCX Clarity, със 100 kW електродвигател, която изминава около 460 km с един резервоар водород. Други хибридни автомобили, използващи водородна горивна клетка, които имат голям пробег с едно зареждане са: Mercedes-Benz B-Class F-Cell с пробег от около 400 km; Nissan X-TRAIL FCV с пробег от 480 km; GM HydroGen4, изминаващ с едно зареждане от 4,2 kg водород 320 km, което е 1,31 kg/100km; Toyota Mirai, изминаващ с едно зареждане от 4,7 kg водород 600 km. Обикновено в един автомобил, според (Eberle, U., & von Helmolt, R., 2010) се зареждат между 4 и 7 kg водород на 350 или 700 bar.

Предимствата на водородните превозни средства в сравнение с електрическите и хибридните може да се дефинират в няколко аспекта:

- времето за зареждане е значително по-малко (3-10 минути, в сравнение с най-доброто време от 40 минути, или най-често срещаните случай 3-6 часа при електрическите);

- водородните превозни средства могат да изминават 2 - 3 пъти по-голям пробег с едно зареждане;

- автомобилите с горивни клетки решават проблемите, които възникват при електрическите във връзка с жизнения цикъл на батерията;

- водородът може да се съхранява за продължителен период от време, за разлика от електричеството;

- водородните превозни средства се разглеждат като възможности на кръговата икономика;

- водородните превозни средства са с ниско ниво на шум и добро ускорение (Водородният автомобил е задвижван от електродвигател, като енергията за него идва от окисляването на водорода. Това веднага дава две основни предимства - ниско ниво на шума и почти моментално достигане до максимален въртящ момент, а това означава много добро ускорение).

През последните десетилетия много от ресурсите за научноизследователска и развойна дейност са ангажирани с технологиите за водород и горивни клетки. Те привличат значителен интерес от страна на политиците и частните инвеститори.

Стотици демонстрационни проекти се изпълняват в света и се очаква да имат търговско приложение. Основното предизвикателство е да се намалят разходите за технологии.

Водородните горивни клетки се считат за по-добри в дългосрочен план при условие, че разходите могат да бъдат намалени до достъпно ниво.

Студентски отбори от Русенския университет и Технически университет София участваха през 2019 година с прототипи на градски автомобили, задвижвани с водород (фиг. 2). И двата проекта са първите демонстрационни проекти на България в областта на водородната мобилност. Следва да се отчете академичната отговорност на ректорските ръководства на двете висши училища по отношение началото на развитие на водородната мобилност в страната.



Прототип на Технически университет София



Прототип на Русенски университет „А. Кънчев“

Фиг. 2. Прототипи на електрически автомобили с водородна клетка на българските отбори, участвали в Лондон през 2019 година в състезанието Шел Еко Маратон

Технически университет – София е първия български участник в Shell Eco-marathon Европа. От 2008 г. насам отборът се състезава в категория „градски тип“. В началото студентите разработват хибридни двигатели, след това се спират на електрически двигатели, като в различните издания на състезанието използват електрическа батерия (plug-in) или водородна горивна клетка. С автомобил, задвижван с водородна горивна клетка участват и на състезанието през 2019 г.

През 2017 г. Русенският университет добави нов отбор в състезанието „HydRU racing Teem“, който се състезава в категория „градски тип“, задвижван от водородна горивна клетка. През годините отборът разработи три изцяло нови концепции на автомобила. През 2018г. на пистата в Лондон отбора се класира на достойното пето място с автомобила HydRU R3.

Край град Русе преминава река Дунав и това е възможност да се включи корабоплаването по реката на къси разстояния като част от маршрутната система на града.

По национална програма „Нисковъглеродна енергия за транспорта и бита“ е предвидено да се разработи физичен модел на речен плавателен съд, задвижван с водород. За входни данни на модела се предвижда да се използват резултатите получени от изпитването на плавателен съд-тримаран по река Дунав, задвижван със слънчева енергия. Тримаранът е разработен по проект на Русенския университет и Община Силистра „Чист достъп в транграничната зона Силистра – Кълъраш“), (Община Кълъраш, 2014).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направеното изследване може да обобщи следното:

1. Може да се приеме, че част от екологичните проблеми на град Русе са предизвикани от транспорта, според регистрираните превишения по показател ФПЧ10 от автоматичната станция за контрол на качеството на атмосферния въздух – АИС „Възраждане“, гр. Русе.

2. Резултатите от проведено анкетно проучване за придвижването на жителите на град Русе показват, че предпочитанията са основно за пътуване с личен автомобил над 50%, следвани от обществен транспорт 15% и само 18% за ходене пеш. Това показва, че за промяна на навиците на пътуване на гражданите е необходимо да се предприемат нови мерки различни от ползваните до момента.

3. Прегледът на европейската политика в областта на градската мобилност и на добрите практики в много европейски градове показва перспектива, свързана с нови инженерни и технологични решения, а също и промяна в моделите на придвижване като споделено пътуване и интегрирана мобилност. Сегрегацията на трите пътя може да доведе до много добри резултати, като в основата стоят инженерни и технологични решения за екологизиране на превозните средства.

4. Използването на алтернативни на превозните средства с ДВГ е една от възможностите за решаване на част от екологичните предизвикателства. Развитие на експертизата по усъвършенстване на електромобилите, използването на автомобили, задвижвани с водородна горивна клетка може да реши част от проблемите.

5. Използването на маршрути на плавателни съдове, задвижвани с водород като част от транспортната схема на град Русе може да се приложи също, като добра алтернатива за придвижвания на населението в близост до река Дунав.

БЛАГОДАРНОСТИ

This work was supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme E+: Low Carbon Energy for the Transport and Households, grant agreement D01-214/2018.

ЛИТЕРАТУРА

РЗИ – Русе, (2018). Анализ на качеството на атмосферния въздух и здравния статус на населението на град Русе за 2017 година. Русе. (**Оригинално заглавие:** RZI - Ruse, (2018). *Analysis of the air quality and health status of the population of Ruse for 2017*).

Спектри ЕООД, (2017). Разработване на актуализирани стратегически карти за шум за агломерация Русе. София. (**Оригинално заглавие:** Spectra Ltd. (2017). *Development of updated strategic noise maps for Ruse agglomeration. Sofia*).

Община Русе, (2015). План за устойчива градска мобилност на Община Русе 2016-2026. Русе. (**Оригинално заглавие:** Municipality of Ruse, (2015). *Sustainable Urban Mobility Plan of Ruse Municipality 2016-2026. Ruse*).

Zhang, F. & Cooke, P. (2009) Global and regional development of renewable energy, working paper for DIME, online available on 01/06/2009: <http://www.dimeeu.org/files/active/0/Cooke%2009-Fang-Renewables-Review.pdf>

Richardson, M.J.... Taylor N.C., 2011. Innovations in Fuel Economy and Sustainable Road Transport. Elsevier B.V.

Marafi M., Stanislaus A., Furimsky E., (2010) Handbook of Spent Hydroprocessing Catalysts. P. 121-190

Pullen K. R., Etemad S., Thornton W. E., Villegas J., (2011) The TurboClaw compressor for engine downsizing by twin-charging. 7th International Conference on Compressors and their Systems. P. 93-99

Orecchini, F., & Santiangeli, A., (2009) Automakers' Powertrain Options for Hybrid and Electric Vehicles. Electric and Hybrid Vehicles, Rome, Italy. Elsevier B.V. P. 579–636, ISBN 978-0-444-53565-8

Eberle, U., & von Helmolt, R., (2010) Fuel Cell Electric Vehicles, Battery Electric Vehicles, and their Impact on Energy Storage Technologies. Electric and Hybrid Vehicles. P. 227–245

Община Кълъраш, (2014) Стратегия за развитие на устойчива транспортна система в трансграничната зона Кълъраш – Силистра. Проект Clean access in Calarasi – Silistra cross border area + MIS-ETC 118, финансиран по Програмата за Трансгранично сътрудничество Румъния - България 2007-2013. 2014. 112 p. [In Bulgarian: Calarasi Municipality. Strategy for Development of a Sustainable Transport System in the Calarasi - Silistra Cross - Border Area. Clean Access project in Calarasi - Silistra cross border area + MIS-ETC 118, financed under the Romania - Bulgaria Cross Border Cooperation Program. Romania]. <http://www.silistra.bg/files/2015/24.11.2015-555c9e482dd833749330b5ed78c1d1621.pdf>