

Jarosław Brach 

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Ekonomiczno-ekologiczny wpływ wdrożenia zestawów drogowych klasy MLHV-SEC/HCT-HCV na łańcuchy dostaw przy przewozach *general cargo*


Economic and ecological impact of the implementation of MLHV-SEC/HCT-HCV road combinations on the supply chains in the field of general cargo transport

Synopsis. Jednym z kluczowych elementów prowadzących do poprawy efektywności oraz redukcji kosztów i negatywnego oddziaływania na środowisko przez łańcuchy dostaw są zmiany zachodzące w systemach transportowych i środkach transportu obsługujących te łańcuchy. W artykule podjęto – dotychczas praktycznie nieobecną w polskiej literaturze naukowej – tematykę korzyści ekonomicznych, ekologicznych i organizacyjnych, jakie wiążą się z wprowadzeniem do eksploatacji wydłużonych megazestawów drogowych o podwyższonej dopuszczalnej masie całkowitej. Cel tego artykułu polega na udowodnieniu, że wdrożenie w przewozach tzw. ładunków ogólnych – *general cargo* megawydłużonych zestawów o podwyższonej masie całkowitej i w rezultacie o podniesionych zdolnościach przewozowych poprawi konkurencyjność łańcuchów dostaw wykorzystujących takie zestawy. Ten wzrost konkurencyjności stanowi pochodną tego, że zestawy takie pozwalają na zdecydowane ograniczenie zużycia paliwa i tym samym emisji substancji szkodliwych, w tym CO₂, w przeliczeniu na wykonaną pracę przewozową. Dodatkowa obniżka kosztów zachodzi wskutek zmniejszenia o połowę do wykonania tej samej pracy przewozowej liczby niezbędnych kierowców i ciężarówek. Podstawowa teza badawcza brzmi zatem, że zestawy takie istotnie przyczyniają się do wzrostu konkurencyjności kosztowej łańcuchów dostaw oraz redukcji ich negatywnego wpływu środowiskowego. Artykuł ten w głównej mierze powstał na podstawie analizy wyników badań oraz artykułów naukowych opublikowanych przez renomowane skandynawskie – szwedzkie i fińskie – wyższe uczelnie oraz instytuty badawcze. Powyższe wynika z tego, że te dwa kraje mają w Europie największe praktyczne doświadczenie ze wdrażania zespołów tego rodzaju. Testy trwają zaś w Holandii i Hiszpanii.

Słowa kluczowe: MLHV-SEC-HCT/HCV, logistyczne łańcuchy dostaw

Kody JEL: R41, R49

Abstract: One of the key elements leading to the improvement of efficiency and reduction of costs and negative environmental impact of supply chains are changes in transport systems and means of transport used in these chains. The article deals with the – so far practically absent in Polish scientific literature – the subject of economic, ecological and organizational benefits related to the introduction of extended road mega trains with an increased permissible total weight. The purpose of this article is

 Jarosław Brach – Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; Katedra Logistyki;
e-mail: jaroslaw.brach@ue.wroc.pl; <https://orcid.org/0000-0002-7615-3893>

J. Brach

to prove that the implementation of the so-called general cargo megalong road trains connected with the increased total weight and, as a result, increased transport capacity will improve the competitiveness of supply chains using such combinations. This increase in competitiveness is a derivative of the fact that such combinations allow for a significant reduction in fuel consumption and thus the emission of harmful substances, including CO₂, per transport performance. The additional cost reduction is achieved by halving the number of drivers and trucks required for the same transport work. The basic research thesis is that such combinations significantly contribute to the increase in cost competitiveness of supply chains and the reduction of their negative environmental impact. This article was mainly based on the analysis of research results and scientific articles published primarily by renowned Scandinavian – Swedish and Finnish – universities and research institutes. The above is due to the fact that these two countries in Europe have the most practical experience of implementing teams of this kind. Tests are ongoing in the Netherlands and Spain.

Key words: MLHV-SEC-HCT/HCV class road train, logistic supply chains

Wstęp

Na efektywność, ekonomiczność i ekologiczność funkcjonowania współczesnych łańcuchów logistycznych w decydującym stopniu wpływają zasady i wymogi w sferach działania i współdziałania, formułowane przez systemy transportowe, z których korzystają te łańcuchy. Kluczową funkcję pełnią tu więc, poza infrastrukturą, polityką, prawem i strategią wykorzystania, same cechy środków przewozu, w tym ich zdolność do przemieszczania określonej masy towarowej w określonych relacjach, na określonych warunkach finansowych i środowiskowych oraz przy użyciu określonych zasobów ludzkich i rzeczowych.

Obecnie w warunkach europejskich, w tym zachodnioeuropejskich, kluczową rolę w obsłudze łańcuchów logistycznych odgrywa transport samochodowy. Powyższe wynika z jego immanentnych cech, takich jak m.in. relatywnie duża dostępność, wysoka elastyczność samego przemieszczania, duża średnia prędkość i możliwa wysoka punktualność, istotna dla systemów zaopatrzenia czy dostaw operujących w ścisłych reżimach *just-in-time* czy *just in-sequence*, oraz zdolność do wykonywania usług od drzwi do drzwi. Do tego dochodzą istotne kwestie ekologiczne – w żadnej innej z gałęzi transportu nie dokonał się bowiem taki przełom w redukcji emisji substancji szkodliwych i hałasu, jak na przełomie ostatnich bez mała trzech i pół dekady zaszedł właśnie w budowie ciężarówek różnych klas i typów. Co więcej, gałąź ta wciąż wykazuje znaczny potencjał do dalszego skutecznego obniżania swojego negatywnego wpływu na otoczenie, w tym przyrodę, przy jednoczesnej nadal postępującej ekonomizacji wykonywanych prac. Z jednej strony odbywa się to poprzez wprowadzanie do eksploatacji coraz nowocześniejszych i oszczędniejszych samochodów, wyróżniających się silnikami spalinowymi o sprawności powyżej 50% oraz poprawioną aerodynamiką. Z drugiej strony wdrażane są kolejne koncepcje zarządzania usprawniające przemieszczanie tak, by towarzyszyło mu jak najmniej wszelkich strat zasobów, w tym głównie czasu i kapitału. Z trzeciej zaś pojawiają się nowe koncepcje łączenia pojazdów, mogące się przyczynić do dalszej poprawy wykonywania zadań, co automatycznie przekłada się na polepszenie konkurencyjności tak obsługiwanych łańcuchów dostaw. Jedną z takich wizji jest koncepcja megawydłużonych zestawów o podwyższonej dopuszczalnej masie całkowitej, określanych mianem MLHV-SEC/HCT-HCV.

Cel i metodyka badań

Celem tego artykułu jest przeanalizowanie i wskazanie, że wdrożenie w przewozach tzw. ładunków ogólnych – *general cargo* – megawydłużonych zestawów o podwyższonej masie całkowitej i w rezultacie o podniesionych zdolnościach przewozowych poprawi konkurencyjność łańcuchów dostaw wykorzystujących te zestawy. Ten wzrost konkurencyjności stanowi pochodną tego, że zestawy takie pozwalają na zdecydowane ograniczenie zużycia paliwa i tym samym emisji substancji szkodliwych, w tym CO₂, w przeliczeniu na wykonaną pracę przewozową. Dodatkowa obniżka kosztów zachodzi wskutek zmniejszenia o połowę liczby kierowców i ciężarówek niezbędnych do wykonania danej pracy przewozowej. Podstawowa teza badawcza brzmi zatem, że zestawy tego rodzaju wykazują istotny pozytywny wpływ na obsługiwane przez siebie łańcuchy dostaw, ponieważ podnoszą ich konkurencyjność kosztową oraz redukują negatywny wpływ na środowisko.

Artykuł ten w głównej mierze powstał na podstawie analizy wyników badań oraz artykułów naukowych opublikowanych w pierwszym rządzie przez renomowane skandynawskie – szwedzkie i fińskie – wyższe uczelnie oraz instytuty badawcze. Te dwa kraje mają w Europie największe praktyczne doświadczenie we wdrażaniu zespołów tego rodzaju. Uzupełniają to dane i analizy pozyskane z ośrodków w Holandii i Hiszpanii, gdzie trwają próby takich zestawów. W polskim naukowym piśmiennictwie ekonomicznym artykuł ten jest jednym z pierwszych zwartych opracowań na ten temat [Brach 2021a, b].

Rodzaje drogowych zestawów towarowych o podwyższonych zdolnościach przewozowych

Obecnie w krajach Europy Zachodniej da się wyróżnić następujące rodzaje drogowych zestawów towarowych o zwiększonych zdolnościach przewozowych na skutek wzrostu ich dopuszczalnej masy całkowitej powyżej 40 000/44 000 kg i długości ponad 16,5 m dla zestawu naczepowego oraz 18,35/18,75 m dla zestawu przyczepowego:

- LV – *Long Vehicle* – zestaw wydłużony – wydłużony do 25,25 m, zgodnie z zasadami EMS, czyli o długości większej niż 16,5 i 18,35/18,75 m, lecz nadal o dopuszczalnej masie całkowitej 40 000 kg, jak tradycyjny zestaw 5-siowy, z wyłączeniem przewozów kombinowanych. Można tu ewentualnie podnieść górną granicę masową do 44 000–48 000 kg.
- LHV – *Long Heavy Vehicle* – holenderskie LZV – EC – EuroCombi (EC) – ciężki zestaw wydłużony – ciężki i długi zestaw pojazdów – zestaw wydłużony do 25,25 m, zgodnie z zasadami EMS, ale o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 40 000 kg, w praktyce powyżej 48 000 kg, jako dolną granicę w tej sferze przyjmując ograniczenie czeskie. Przy tym jednocześnie wartość tej dopuszczalnej masy całkowitej dla zespołu nie może przekroczyć 60 000 kg (64 000 kg). Zestaw LHV-LZV-EC to w takim razie zestaw wydłużony do 25,25 m, zgodnie z zasadami EMS i o dopuszczalnej masie całkowitej w przedziale od 48 000 do 60 000 kg (64 000 kg). Wyrażenia – skróty angielskie LHV/EC oraz holenderski LZV można używać w pełni zamiennie.

J. Brach

- SEC – *Super EuroCombi/MegaLHV* – MLHV/MegaLZV – MLZV – zestaw nadal zgodny z zasadami EMS, jedynie dłuższy niż 25,25 m, bądź jedynie o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 60 000 kg (64 000 kg), bądź równocześnie dłuższy niż 25,25 m i cięższy niż 60 000 kg (64 000 kg); warunkiem przynależności do kategorii zestawów SEC jest ich zestawienie zgodnie z zasadami EMS, czyli składanie się przez takie zestawy wyłącznie ze standardowych europejskich modułów pojazdowych – naczep i/czy przyczep.
- HCT-HCV – *High Capacity Transport/High Capacity Vehicle* – zestaw tylko dłuższy niż 25,25 m, bądź tylko o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 60 000 kg (64 000 kg), bądź zarazem dłuższy niż 25,25 m i cięższy niż 60 000 kg (64 000 kg); zestawy takie mogą się jednak składać z niestandardowych pod względem mas i wymiarów bezsilnikowych jednostek taborowych – tzn. dłuższych i wyższych (ponad 4 m, realnie 4,2–4,4 m) albo jedynie dłuższych wieloosiowych naczep i przyczep o podwyższonej dopuszczalnej masie całkowitej – w praktyce megawieloosiowych – o liczbie osi większej niż trzy – oraz o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 27 000–36 000 kg.

Wyrażeń SEC/MLHV/MLHZ nie można więc używać w pełni zamiennie, bo wyrażenie HCT/HCV ma szersze znaczenie niż wyrażenie SEC/MLHV/LMZV, gdyż dotyczy także specyficznych wykonań pojazdów, które nie są obecnie wykorzystywane w zespołach holenderskich i ogólnie pozaskandynawskich, a jedynie w szwedzkich i głównie fińskich. W efekcie każdy zestaw klasy SEC/MLHV/MLHZ jest zarazem zestawem klasy HCT/HCV, ale nie każdy zestaw HCT/HCV jest zestawem klasy SEC. Do grupy SEC nie zaliczają się mianowicie – jak wskazano – zestawy HCT/HCV złożone ze specyficznych skandynawskich, przeważnie fińskich, jednostek pojazdowych, takich jak megawydłużone, wieloosiowe naczepy i przyczepy albo nietypowe konfiguracje leśne – do wywozu drewna i wiórek drzewnych. Obecnie określenia HCT i HCV mają zatem najszersze znaczenie. I właśnie zestawy klasy **MLHV-SEC-HCT** będą stanowić przedmiot dalszych rozważań.

Możliwe zasadnicze sfery wprowadzania zestawów klasy MLHV-SEC-HCT-HCV

Wprowadzenie zestawów MLHV-SEC-HCT-HCV do eksploatacji

Finlandia i Szwecja to pierwsze kraje UE, które dopuściły do normalnego ruchu, a nie wyłącznie do ograniczonych jazd próbnych, zestawy klasy EMS, czyli oparte na tzw. europejskim systemie modułowym, zgodnie z EC 53/96–96/53/EC. W krajach tych już półtorej dekady temu zaczęto badać efektywność przewozowo-organizacyjno-ekologiczną zespołów transportowych pojazdów jeszcze dłuższych i cięższych niż EMS, określanymi mianem HCT/HCV, czyli mogących zabrać jeszcze więcej ładunków czy/i jeszcze cięższe ładunki. Finlandia i Szwecja dopuszczają już bowiem do normalnego ruchu, chociaż niekiedy na limitowanej sieci dróg, zestawy dłuższe i cięższe niż bazowy EMS, tzn. o maksymalnej masie całkowitej do 104 000 kg oraz o maksymalnej długości do 34,5 m [Lahti i Tanttu 2016].

Niemniej w połowie pierwszej dekady tego stulecia zestawy tego rodzaju znajdowały się w użyciu testowym przynajmniej w dwóch kolejnych krajach – tzn. w Holandii i Wielkiej Brytanii. Aktualnie zestawy te są próbnie sprawdzane w Holandii i Hiszpanii. W innych miejscach w Europie również istniała i nadal – mimo upływu tylu lat – istnieje silna presja przemysłu i samych wytwórców pojazdów dotycząca stosowania dłuższych i cięższych zestawów.

Obecnie jest rozpatrywanych kilka zasadniczych obszarów implementacji takich super-/megawydużonych zestawów. Obszary te można podzielić na następujące grupy:

- przewozy określonych rodzajów ładunków, które mogą być dokonywane takimi specyficznymi zestawami w wielu miejscach, oczywiście przy spełnieniu w każdym z tych miejsc zadanych wymagań brzegowych, w tym w pierwszym rzędzie wymogów prawnych oraz odnoszących się do infrastruktury. Pod względem lokalizacji wdrożenia przewozy te cechują się więc dużym uniwersalizmem, gdyż mogą być realizowane – o ile warunki lokalne na powyższe pozwalają – w licznych miejscach;
- przewozy nietypowe czy/i nietypowego ładunku, wykonywane tylko w określonym miejscu i ściśle zoptymalizowane, w tym pod względem taborowym, do takiego wykonywania w zadanym otoczeniu infrastrukturalnym i biznesowym.

W przypadku przewozów o charakterze uniwersalnym da się wydzielić dwie podstawowe sfery ich wdrożenia pod kątem realizacji ściśle zdefiniowanych zadań przemieszczenia. Tymi obszarami są:

1. Sektor leśny – przewóz drewna z miejsc jego składowania po wycince w lasach do tartaków, składów czy centrów ekspedycyjnych w postaci bocznic kolejowych albo nadbrzeży portowych, ewentualnie przewóz wiórów drzewnych z tartaków do terminali przeładunkowych drogowo-kolejowych, ekologicznych mikroelektrowni czy zakładów przeróbki (produkcji płyt wiórowych). Jazdy odbywają się zatem zazwyczaj po utwardzonych drogach gruntowych oraz normalnych drogach gminnych i powiatowych, najczęściej wyróżniających się relatywnie niewielkim natężeniem ruchu. Poza tym, ze względu na kompletację stosowanych tu przeważnie samochodów – wysoka kabina i mocny silnik, jazdy równie dobrze mogą być realizowane po zwykłych drogach publicznych, przy uwzględnieniu jednak wszelkich możliwych ograniczeń w tym zakresie, jak rodzaj dróg, maksymalne naciski i liczba osi czy prędkość maksymalna.
2. Sektor produkcyjny i logistyczny – na ogół do obsługi tzw. tras wahadłowych między centrami logistycznymi czy/i zakładami produkcyjnymi. Z założenia jazdy odbywają się przeważnie po autostradach i innych szlakach kategorii co najmniej 2+ (dwa pasy ruchu w jednym kierunku plus pas awaryjny), z dopuszczalnymi jedynie kilku-, maksymalnie kilkunastokilometrowymi zjazdami dojazdowymi po drogach niższej kategorii w celu wykonania załadunku/rozładunku w terminalu/centrum logistycznym/zakładzie/punkcie składowania. Oczywiście jest to, że MLHV-SEC nigdy nie będą mogły wjechać do centrów miast i nigdy nie będą służyły do klasycznych przewozów w ramach dostaw miejskiej logistyki ostatniej mili. Niemniej mogą realizować terminalowe dowozy ostatniej mili, w tym kontenerów/nadwozi wymiennych, w ramach obsługi dużych przesyłek całopojazdowych czy operowania wymiennymi znormalizowanymi przeładunko-

wymi jednostkami ładunkowymi, w ruchu między portami/terminalami intermodalnymi a centrami logistycznymi/hubami. Tego typu sytuacja może też wystąpić w sektorach komunalnym i selektywnej zbiórki odpadów, przy przewozie kontenerów z odpadami/złomem z centrów segregacji/zbiórki na wysypiska bądź złomowiska. Poza tym pojazdy HCT może wykorzystywać w miastach – sektor budowlany. Jeśli władze pozwolą, możliwe staje się bowiem wdrożenie tzw. miejskich solo wywrotek HCT City. Warto rozważyć także ciężkie miejskie betonozbiorniki – wzmocnione 4-osiowe oraz 5-osiowe, z bębniami o pojemności powyżej odpowiednio 10 i 12 m³.

Te zasadnicze obszary wdrożenia, bardziej uniwersalne co do lokalizacji wykonywania zadań, mogą uzupełniać sfery nietypowe, jednostkowe – tzn. rozwiązania ściśle dopasowane – jednostkowo zoptymalizowane pod kątem jednego konkretnego przypadku – tzn. wykonywania konkretnych prac tylko i wyłącznie w jednym konkretnym miejscu, nierzadko przy wykorzystaniu specjalnie w tym celu skonfigurowanego taboru. Przykładem może być wywóz w Szwecji rudy żelaza z kopalni odkrywkowej [Volvo 2018].

Wdrożenia zestawów klasy MLHV-SEC-HCT/HCV w przewozach *general cargo*

Podmioty gospodarcze bardzo szybko wykorzystwały możliwości, jakie dała sposobność wprowadzenia zestawów samochodowych nowego rodzaju. Dlatego w ostatnich latach kilka programów dotyczących wdrożenia pojazdów systemu – klasy HCT zostało zrealizowanych w Szwecji i Finlandii. W Szwecji w programy te byli włączeni między innymi CLOSER, Szwedzka Agencja Transportu, Szwedzka Administracja Transportu, Instytut Badań Transportu (VTI), Vinnova i Trivektor. Projekty te skupiły się na pozytywnych i negatywnych skutkach wprowadzenia pojazdów o dużej pojemności (HCV) na szwedzkich drogach. Pilotażowe studia przypadków HCT zostały przeprowadzone np. w projekcie ETT [Löfroth i Svenson 2012], projekcie Duo2, One Coil More [Adell i in. 2013] i w przypadku Jula [Bergqvist i Monios 2012]. Projekty te dotyczyły zatem dwóch zasadniczych obszarów implementacji – sektora leśnego oraz przewozów *general cargo* – tzw. ładunków ogólnych. Analogiczna sytuacja wystąpiła w Finlandii.

O ile w skandynawskim sektorze leśnym zestawy wydłużone i o zwiększonych zdolnościach przewozowych – o dopuszczalnej masie całkowitej 74 000 kg i długości 30 m, są normalnie wdrożone już od lat, o tyle kompletnie inaczej prezentuje się ta kwestia w odniesieniu do zestawów uniwersalnych i specjalizowanych, typowo szosowych. Ten drugi zakres badań dotyczy bowiem drogowych zestawów MLHV-SEC-HCT do przewozów na dalekich dystansach. W tym przypadku niezwykle ciekawe były już pierwsze doświadczenia brytyjskie sprzed półtorej dekady [Who says we... 2007]. Jak już wówczas wskazywano, jeden 84-tonowy zestaw eliminuje dwa tradycyjne, 40-tonowe, co przekłada się na: zmniejszenie o połowę liczby kierowców i samochodów oraz redukcję innych kosztów wynikającą z mniejszych podatków czy innych opłat oraz niższego zużycia paliwa w przeliczeniu na tkm. Potwierdzają to dobitnie rezultaty osiągnięte przez jedną z brytyjskich firm transportowych (właściciel Stan Robinson), która porównywała ekonomikę eksploatacji zestawu 44-tonowego (w Wielkiej Brytanii dozwolone są takie zestawy) z 84-tonowym. Oba zestawy miały przewieźć tyle samo ładunku na tym samym, 360-milowym odcinku. Okazało się, że sama oszczędność na paliwie wyniosła 107 GBP

lub 76 p na litrze. Gdyby do tego dodać zmniejszenie innych wydatków – redukcję kosztów osobowych, niższe opłaty za wypożyczenie (*leasing*) jednego ciągnika z mocniejszą, co najmniej 600-konną jednostką napędową zamiast dwóch ciągników z silnikami 420-konnymi – to sumaryczne oszczędności tylko na jednokrotnym pokonaniu tego rzeźzonego, 360-milowego odcinka dochodziły do 290 GBP. Mnożąc tę sumę przez 22 dni (przez tyle dni przeciętnie miesięcznie wykorzystuje się zestaw) i 12 miesięcy, uzyskuje się 76 560 GBP (114 840 EUR – dane przeliczeniowe dla analizowanego okresu) oszczędności rocznie. Kwota ta pozwalała wtedy na zakup jednego, dobrze wyposażonego zestawu. Korzyści z wprowadzenia 84-tonowych zespołów były i nadal są zatem niepodważalne, z kolei ewentualne niedogodności pokrywają się z wadami oraz ograniczeniami w ruchu tyczącymi się LHV i generalnie w niemal analogiczny sposób mogą zostać wyeliminowane.

Szwecja

Pomijając te wcześniejsze niewielkie prace brytyjskie, należy zaznaczyć, że jednym z pionierów w sferze próbnego wprowadzania zestawów MLHV do normalnej eksploatacji jest szwedzka Scania [Scania Transport Laboratory, Scania Transport Laboratory..., Scania..., Scania Annual and sustainability report]. W 2014 roku, po otrzymaniu od niej wniosku, szwedzka agencja transportowa udzieliła zgody na używanie na normalnych drogach publicznych między Södertälje i Helsingborg w Szwecji zestawów o łącznej długości ok. 32 m. Decyzję tę poprzedziły testy stabilności zespołów pojazdów o długości 31,5–32 m. Zrealizowała je szwedzka administracja transportowa, aby zapewnić, że pojazdy te nie stanowią żadnego zagrożenia, np. podczas gwałtownych manewrów omijania. Ponadto wykazano, że zestawy te nie spowodują zakłóceń w ruchu drogowym oraz że z łatwością będą mogły utrzymać prawne ograniczenie prędkości do 80 km/h. Wymagane są też od nich:

- specjalne adaptacje pojazdów,
- tabliczki „Długi pojazd” na ciągniku/naczepie,
- ograniczenie prędkości do 80 km/h,
- łańcuchy śniegowe „na miejscu” – w ciągnikach,
- urządzenie – sprzęg do holowania przyczep,
- składane tylne zabezpieczenie przeciwnajazdowe w naczepach.

Takie wydłużone zestawy o długości 31,5–32 m składają się z normalnego szosowego, 2- lub 3-osioowego ciągnika siodłowego z silnikiem o bardzo dużej mocy oraz dwóch seryjnych, 3-osiowych, 13,6-metrowych naczep (mega), sprzęgniętych ze sobą za pomocą specjalnego 2-osioowego wózka – tzw. *dolly*. Są to więc zestawy dwu-/binaczepowe z *dolly*, a w zwykłym ruchu autostradowym na zadanej trasie posługuje się nimi Laboratorium Transportowe Scania – *Scania Transport Laboratory*. Jest ono zresztą pionierem w sferze wdrażania takich zestawów ciągnika i dwóch naczep, ponieważ w próbnej eksploatacji użytkuje je od 2015 roku. W ciągu następnych 5 lat gromadzono dane i doświadczenia po pokonaniu ok. 4 mln km. W tym czasie każdego dnia 2 takie ciężkie binaczepowe, 31,7-metrowe zestawy przejeżdżały prawie 600 km z głównego zakładu produkcyjnego w Södertälje do Malmö. Był to odcinek trasy do fabryki Scanii w Holandii – w miejscowości Zwolle, gdyż na granicy zestawy te były rozformowywane na dwa standardowe zespoły

ciągnika i naczepy. Przy czym, mimo że maksymalna masa całkowita tych megadługich zestawów może dochodzić do 78 000 kg, to w rzeczywistości wynosi 74 000/41 000 kg.

Ogólnie zestawy Scania Transport Laboratory są wykorzystywane w następujących relacjach przewozowych:

- SE – Szwecja: Södertälje – Malmö,
- SE-DK – Szwecja – Dania: Malmö – Rødby – promy,
- SE-DE – Szwecja – Niemcy: Puttgarden – granica holenderska,
- SE-NL – Szwecja – Holandia: holenderska granica – Zwolle.

Inny ciekawy projekt badawczy odbywający się w Szwecji i dotyczący wdrażania zestawów klasy HCT w normalnym ruchu drogowym nazywa się DUO, ma dwie edycje, a jednym z jego głównych uczestników jest koncern Volvo Trucks [Cider i Larsson 2019]. W ramach DUO sprawdzano następujące zespoły [Closer 2017]:

- Två DUO-kärra ekipage – 3-osiowe podwozie z dwoma 2-osiowymi, centralnoosiowymi przyczepami – długość zestawu ok. 27,5 m;
- Ett DUO-trailer ekipage – zestaw z dwoma naczepami – 3-osiowy ciągnik siodłowy oraz dwie standardowe naczepy 3-osiowe, 13,6-metrowe, połączone ze sobą za pomocą 2-osiowego wózka dolly – długość zestawu ok. 32 m;
- En ETT-kombination – jedna kombinacja/zestaw – 3-osiowa ciężarówka + 2-osiowy wózek, 3-osiowy-łącznik – naczepa podnaczepowa i 3-osiowa naczepa – długość całości ok. 30 m.

W lipcu 2019 roku równolegle trwały dwa oddzielne testy. Pierwszym realizowanym przedsięwzięciem była „przyczepa DUO” z podwoziem i dwiema przyczepami (*dubble trailer*), razem formującymi zestaw o długości ok. 27 m. Jazdy próbne tym zespołem odbywały się między Göteborgiem i Malmö na trasie E6 oraz na połączeniu z terminalami Schenkers w Göteborgu i Malmö. Testy trwały od 2012 roku, a do lipca 2019 roku zestaw ten – jako przyczepa Duo – przejechał ok. 410 000 km. Niemniej ten *dubble trailer* ma niewielkie obciążenie w porównaniu z europejskim ciągnikiem z pojedynczą naczepą. Mimo to, zgodnie ze wskazaniami, zestaw ten powinien redukować zużycie paliwa nawet o 20% w przeliczeniu na przewożoną jednostkę ładunku.

Późniejszy test DUO-CAT, drugi z projektów testowych w ramach programu DUO2, zawierał już ciężarówkę z dwoma CAT, razem tworzącymi zestaw o długości 27,3 m. Projekt DUO-CAT rozpoczął się 23 marca 2015 roku. Ten zespół pierwszą fazę tzw. pojedynczych jazd (*single trip*) odbywał nocą, jako DUO-CAT, co miało pozwolić na zebranie koniecznego materiału badawczego, a jednocześnie umożliwić wstępną ocenę takiego zespołu w normalnym ruchu i jego percepcji przez innych użytkowników dróg. Jednocześnie zestaw ten w ciągu dnia wykonywał też normalne zadania dystrybucyjne, jednak już tylko jako klasyczny zestaw ciężarówki i jednej CAT – jednej przyczepy. W trakcie pojedynczych nocnych przejazdów jako DUO-CAT zestaw przebył ok. 52 000 km, przed rozpoczęciem we wrześniu 2018 roku drugiej fazy prób w Kinnarps AB. Zestaw ten przejechał także ok. 90 000 km w innym miejscu. Za niezwykle pozytywne przyjęto, że właśnie ten zestaw jako zestaw DUO z przyczepą mógł jeździć o każdej porze dnia.

Poza tym od 15 grudnia 2018 roku [The DUO2 project] zestaw 2-naczepowy – DUO-Trailer o długości 32 m i masie całkowitej 80 000 kg jeździł po drogach między Göteborgiem a Malmö, z nowym ciągnikiem Volvo FH16 i nową normą zezwalającą mu na jazdę w dzień, a nie tylko jak uprzednio w nocy. W rezultacie możliwe stały się całodniowe jazdy

po drodze między Göteborgiem a Malmö, co przełożyło się na dalszy wzrost efektywności wykorzystania sprzętu.

Warto też zwrócić uwagę na badania związane z wprowadzeniem tzw. kooperacji poziomej, towarzyszącej wdrożeniu do eksploatacji w Borås zestawów klasy HCT [Thiel 2019]. W ramach tego badania zwiększono ładowność zestawu z ok. 38 000 do 50 000 kg, czyli o blisko 30%. W drugim etapie w 2020 roku zwiększono masę brutto do 98 000 kg przy ładowności ok. 67 000 kg. W porównaniu z oryginalnym, 60-tonowym zestawem wzrost ładowności wynosi więc ok. 75%, co pozytywnie wpływa na liczbę koniecznych do wykonania jazd.

Finlandia

W ramach realizowanych przedsięwzięć badawczych fińska firma Vähälä wykonała dwa projekty dotyczące zestawów HCT [Closer]:

Projekt nr 1 cechowały:

- megawydłużona naczepa 5-osiova o długości 19,6 m, z osiami w układzie 1 + 3 + 1,
- 2 jednostki operujące na trasie Helsinki – Jyväskylä,
- pomiary zapożyczone ze Szwecji, ale używano naczepę z jedną osią dodatkową,
- główne cele:
 - badanie i rozwijanie stabilnego oraz bezpiecznego na drogach zestawu ciężarowego,
 - przygotowanie naczepy przyjaznej dla środowiska w sferze niskiego zużycia paliwa i z jedną jednostką chłodzącą,
 - opracowanie naczepy efektywnej pod względem kosztów osobowych, co oznacza brak dodatkowych czasów łączenia i rozłączania oraz mniejsze obciążenie drzwi na terminalach i w magazynach,
 - także dodatkowe badania techniczne, np. połączenie 5 osi z 2 osiami skrętnymi,
 - wyniki badań dostarczane co miesiąc do TraFim – Fińskiej Agencji Bezpieczeństwa Transportu.

Projekty badawcze Vähälä HCT nr 2 wyróżniały z kolei:

- zestaw o całkowitej długości 31,5 m i całkowitej masie maksymalnej 88 000 kg, składający z 3-osiowego ciągnika siodłowego, specjalnej 5-osiowej naczepy podnaczepowej z osiami w układzie 1 + 3 + 1 oraz – z tyłu – standardowej naczepy 3-osiowej,
- 2 jednostki działające na trasie Helsinki – Oulu, z licencją do Rovaniemi,
- główne cele:
 - badanie i rozwijanie stabilnego i bezpiecznego na drogach zestawu ciężarowego,
 - opracowanie stabilnego zestawu o masie całkowitej 88 000 kg z dwoma „przegubami” – punktami obrotu – we wcześniejszych badaniach typowy model w Finlandii występował z 3 przegubami – punktami obrotu;

J. Brach

- badanie korzyści w zakresie większej pojemności nadwozi i sposobów redukcji emisji do środowiska w przypadku jednorazowego transportowania większych partii ładunków co do kubatury/tonażu,
- opracowanie zestawu HCT, w którym poza drogą licencjonowaną można załadować i rozładować naczepę po naczepie.
Jednocześnie głównymi celami Vähälä Corporation są:
- wykorzystanie istniejących jednostek floty,
- indywidualne pomiary jednostek floty na niskim poziomie – wartości po okresie użytkowania,
- nowe prawodawstwo umożliwiające odmienne zróżnicowanie floty, w zależności od celu.

Ponadto Vähälä wyznaje dwie wartości zasadnicze – tzn. bezpieczeństwo na drogach i odpowiedzialność – oraz dąży do ciągłej eksploatacji nowoczesnej floty, co oznacza:

- niskie zużycie paliwa i mniejszą emisję na przewożony m³/t,
- optymalizację sieci terminali linowych jako priorytet po wejściu nowych przepisów,
- badania nad wprowadzeniem paliw alternatywnych – wdrożenie do eksploatacji ciężarówek zasilanych LNG, by formować zespoły ciężarówki LNG + naczepy HCT.

Poza tym Vähälä Corporation dostosowuje się do przepisów dotyczących długich przyczep i naczep. Projekt badawczy Vähälä HCT nr 1 obejmował naczepę o długości 19,6 m. Prawnie może być stosowana przyczepa lub naczepa o długości 17 m, ale w tej chwili Vähälä nie widzi sensu wdrażania w swojej flocie jednostek o długości 17 m. Gdy masa dłuższych jednostek wzrośnie, długość w transporcie masowym (tarcica, bele papieru itd.) prawdopodobnie nie ulegnie zwiększeniu. Powyższe spowoduje zmniejszenie ładowności (t), a dodane osie zwiększą zużycie paliwa. Dlatego przypuszczalnie najbardziej ekonomicznym sposobem dla tego środka transportu jest dalsze stosowanie standardowych modułów w zestawach o długości 25,25 m.

Podmiot wskazuje również na podstawowe wyzwania legislacyjne. Są to:

- fakt, że głównym sprawdzianem dla dłuższych pojazdów będzie sieć dróg miejskich i niższych poziomów,
- uwzględnienie, że firma dąży do budowy/zakupu zespołów pojazdów, których składowe mogą być również używane jako mniejsze jednostki,
- przyjęcie, że z punktu widzenia firmy maksymalna masa całkowita 76 000 kg jest bardzo odpowiednia,
- uwzględnienie, że najważniejsze dla firmy pozostaje zwiększenie objętości,
- fakt, że zwiększenie całkowitej masy maksymalnej jest większym problemem i że należy to zrobić w zakresie fińskiej sieci drogowej.

Doświadczenia Finlandii z eksploatacją dłuższych zespołów są więc generalnie pozytywne. Niemniej wskazuje się na pewne ograniczenia i zastrzeżenia. Pojawiają się m.in. problemy z przejazdami i rondami, głównie w miastach i na innych obszarach zurbanizowanych, oraz niemal 10% skrzyżowań (ok. 1200) w sieci dróg publicznych teoretycznie okazuje się problematyczne przy długich zestawach.

Warto też zwrócić uwagę na doświadczenia z dotychczasowej eksploatacji zestawów o dopuszczalnej masie całkowitej 76 000 kg i o wysokości 4,4 m. Zgłaszane są tu następujące uwagi regionów drogowych i użytkowników dróg:

- ograniczenia masy powodują problemy, głównie na mniej ważnych drogach,
- wąskie drogi są trudne do pokonania przez wyższe pojazdy,
- modernizacji wymagają promy,
- występuje ograniczona nośność mostów kamiennych i innych mostów specjalnych,
- stan niektórych dróg o jednokierunkowym dużym natężeniu ruchu szybko się pogarsza, szczególnie szybko się powiększają spadki na krawężniach,
- pojawiają się życzenia dotyczące „premi zimowej”.

Zestawy klasy HCT sprawdzano również w Finlandii w przemieszczaniu specyficznych ładunków, takich jak złom stalowy w specjalnych wzmocnionych kontenerach. Takie prawie 33-metrowe zestawy [SAAB 2018], zdolne do jednoczesnego przewożenia do czterech kontenerów, w 2018 roku były testowane na fińskich drogach na podstawie specjalnego pozwolenia, wydanego przez Trafi. Takie specjalne zezwolenie dotyczyło kilkudziesięciu pojazdów klasy HCT, a na jego podstawie zestawy te mogły się poruszać w sposób eksperymentalny po wcześniej ustalonej trasie. Jeden taki zestaw HCT przewoził kontenery między regionalnymi jednostkami usługowymi Stena Recycling a zakładem kruszenia Tahkoluoto w Pori. Ten system transportu obejmuje sortowanie metali przeznaczonych do recyklingu i ładowanie ich do zielonych pojemników do recyklingu VR Transpoint. Za jednym razem 12-osiowy zespół HCT o długości 32,9 m może przewozić 4 takie specjalnie wykonane kontenery. Wnioski z tego sprawdzianu okazały się pozytywne. Złom metalowy zajmuje dużo miejsca, a efektywność transportu poprawia się na wiele sposobów, gdy jeden zestaw zabiera 4 pojemniki zamiast 3. Co więcej, trudno ściernałna blacha Hardox pozwoliła na zwiększenie wysokości i długości boku kontenera. Potrzebnych stało się mniejjazd, gdyż jednocześnie dało się przewozić wyraźnie większe ładunki. Oznacza to także mniej ciężarówek na drogach. Zwiększone bezpieczeństwo, przyjazność dla środowiska i wydajność to jedne z osiągniętych korzyści. Tym bardziej, że Finlandia to dość duży kraj, chcący zbadać wszelkie możliwości redukcji wpływu na środowisko i presji na wzrost kosztów logistyki produktów pochodzących z recyklingu.

Poza tym Finowie wskazują [Lahti 2020], że w Europie istnieje duży potencjał dla ograniczonego wdrażania zestawów klasy SEC-HCT, a najbardziej do przemieszczania nimi nadają się ładunki spaletyzowane, na które przypada znaczna część samochodowych przewozów w Unii. W krajach UE-28 na ładunki spaletyzowane przypada mianowicie 42,9% całości przewozów. Wykorzystanie w tym przypadku zdolności przewozowych odbywa się poprzez tzw. elastyczne jednostki ładunkowe. Same gałęzie transportu muszą się zaś skupić na właściwym segmencie ładunków.

Hiszpania

Oprócz Szwecji i Finlandii testowanie zwykłych szosowych zestawów binaczepowych – 2-naczepowych dla uzyskania korzyści dla środowiska odbywa się w Hiszpanii [Scania 2019]. Od 2018 roku w tym kraju trwa bowiem test koncepcji *twin trailer*, jak ją tam nazywają. Najpierw siły połączyli hiszpański wytwórca aut osobowych SEAT i jego partner logistyczny – Grupo Sesé, aby ocenić zalety wprowadzenia 31,7-metrowej kombinacji

J. Brach

ciągnika siodłowego i 2 naczep. Dla realizacji tego przedsięwzięcia uzyskali od władz stosowne zwolnienie. Testom wstępnie poddawano 2-osiowy ciągnik Scania R 580 (580 KM), ciągnący dwie 13,6-m naczepy, co zwiększa dopuszczalną masę całkowitą zestawu do 70000 kg. Jazdy tego zestawu odbywają się między Saragossą i fabryką SEAT-a pod Barceloną. Trasa ta na długość liczy około 300 km i całkowicie przebiega przez autostradę.

SEAT i Grupo Sesé nie są jedynymi hiszpańskimi podmiotami testującymi zestawu klasy SEC. W dniu 4 maja 2020 roku [Railertotal NL, 2020] ukazała się informacja, że tamtejszy producent zabudów, naczep i przyczep chłodniczych – SOR Iberica – opracował i buduje zestaw Super Eco Combi dla swojego klienta – przedsiębiorstwa Disfrimur z siedzibą w Murcji na południu Hiszpanii. Przy czym o ile wcześniej Seat przeprowadzał próby z SEC o długości 32 m, ale tworzonym przez 2 naczepy kurtynowe i osiągającym masę całkowitą do 70 000 kg, o tyle Disfrimur przygotował się do uruchomienia w Hiszpanii największej kombinacji składającej się z naczep typu chłodnia. W rozwiązaniu tym podwozie przedniej naczepy zostało wzmocnione, a wózek *dolly* nie ma osi kierowanych. Pojemność tej kombinacji wynosi 66 europalet, czyli 2 razy więcej niż standardowo w jednej warstwie zabiera 1 naczepa chłodnia. Zestaw ten początkowo ciągnął ciągnik siodłowy MAN z silnikiem o mocy 640 KM.

Połączenie to wdrożono w całej Hiszpanii w ramach projektu badawczego z Uniwersytetem w Saragossie i hiszpańską RDW.

Holandia

Kolejnym krajem wdrażającym – chociaż na tym etapie na skalę eksperymentalną – mega-wydłużone zestawy drogowe o podniesionej dopuszczalnej masie całkowitej, sprzęgnięte zgodnie z koncepcją EMS, jest Holandia. Kraj ten ma duże, pomijając Szwecję i Finlandię [Lundqvist 2006], doświadczenie w tej dziedzinie, gdyż już 20 lat temu [Kampfraath 2006] rozpoczęto w nim pierwsze testy EcoCombi/LHV-LZV-HCV. Nowa generacja zestawów stanowiąca właśnie wydłużone i o podniesionej dopuszczalnej masie całkowitej wydanie EcoCombi/LHV-LZV została przez Holendrów określona mianem Super EcoCombi, w skrócie SEC.

W dniu 11 grudnia 2019 roku zatwierdzono rozległy plan testowy dla SEC. Zasadniczo sprawdzian odbywa się na drogach publicznych, po pierwszych doświadczeniach na torze prób. Wybrano 4 trasy, na których najprawdopodobniej będą jeździć te zestawy. Jeśli to zależy od zaangażowanych stron i rządu, w ciągu kilku lat 2 naczepy zostaną poprowadzone na ustalonych trasach między Venlo i Rotterdamem, Rotterdamem i Arnhem, Bredą i Groningen oraz w relacji Maastricht – Amsterdam. Zainteresowanie udziałem w tym przedsięwzięciu wyraziło już wiele podmiotów. Znajduje się między nimi dużo znaczących firm – przewoźników/spedytorów związanych z sektorem TSL, w tym Koeltrans Angeren, Peter Appel, Simon Loos, Cornelissen, Jumbo, DPD, Westerman, Ewals, Post-Kogeko, Jan de Rijk i Vos Logistics. W sumie nad tym procesem ministerstwo współpracuje z jedenastoma przewoźnikami. Ostatecznie uczestnikami tzw. pilotażowej grupy projektowej holenderskiego testu SEC są: Cornelissen Group, DAF, DHL, DPD, Ewals Cargo Care, Getru, Jan de Rijk, Koeltrans BV, Peter Appel Transport [De Cristofaro 2019], Post Kogeko, Scania, Simon Loos, TRTA, Vos Logistics, Van der Wal, Westerman, uzupełnieni przez Ministerstwa Transportu, Robót Publicznych i Gospodarki Wodnej oraz Środowiska i Infrastruktury.

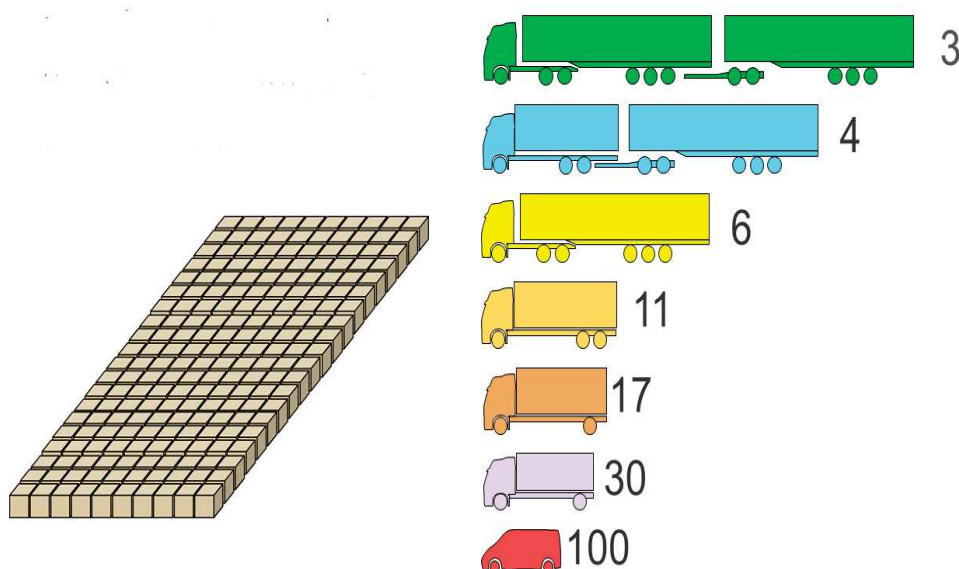
ry. W skład grupy pilotażowej wchodzi jeszcze TLN, RDW, RWS i TNO [Bigtrack International 2020].

Przewidziany do badań holenderski SEC jako kombinacja składa się 2- bądź 3-osiowego ciągnika siodłowego i dwóch 13,6-metrowych naczep połączonych ze sobą za pomocą 2-osiowego wózka *dolly*. Ma długość 32 m oraz dopuszczalną masę całkowitą 72 000 kg. W rezultacie pozostaje bliski temu, co dzieje się w Skandynawii, gdzie w Finlandii zezwolono na poruszanie się przez kombinacje maksymalnie 76-tonowe, a w Szwecji 74-tonowe. Zaangażowani są nadal w fazie pilotażowej, tak jak w Hiszpanii. Przy tym, ponieważ dopuszczalną masę całkowitą tymczasowo określono na 72 000 kg podzielone na 11 osi, oznacza to średni nacisk na oś na poziomie tylko 6500 kg. Dla porównania zwykły 40-tonowy ciągnik z naczepą przy 5 osiach wywiera uśredniony nacisk jednostkowy na poziomie 8000 kg, czyli o ponad 20% wyższym.

Korzyści związane z wdrożeniem w przewozach *general cargo* zestawów klasy MLHV-SEC-HCT/HCV

Jeśli porównuje się różne rodzaje pojazdów pod kątem przewozu tej samej ilości ładunku, wynik pokazuje, że zużycie paliwa zależy od tego, który typ pojazdu zostanie wybrany do realizacji konkretnego zadania. O tym, że w pewnych warunkach wykorzystanie zestawów HCT okazuje się korzystne, świadczy zaprezentowany przykład dotyczący zabrania z Malmö do Göteborga przez różne typy pojazdów 200 palet o masie 600 kg/paletę. Mianowicie do przetransportowania takiej liczby palet o takiej masie, przyjmując maksymalne wykorzystanie objętości ładunkowej czy/i ładowności poszczególnych rodzajów pojazdów, trzeba (rys. 1):

- 3 zestawy klasy HCT,
- 4 zestawy klasy EMS-LHV,
- 6 tradycyjnych zestawów z naczepą o długości 16,5 m,
- 11 tradycyjnych ciężarówek 3-osiowych,
- 17 tradycyjnych ciężarówek 2-osiowych klasy tonażowej ciężkiej,
- 30 ciężarówek dystrybucyjnych,
- 100 aut dystrybucyjnych klasy van o ładowności minimum 1200–1300 kg.



Rysunek 1. Liczba różnych rodzajów pojazdów konieczna do przewiezienia 200 palet o masie 600 kg/paletę z Malmö do Göteborga

Figure 1. The number of different types of vehicles required to transport 200 pallets of 600 kg/pallet from Malmö to Gothenburg

Źródło: materiały wewnętrzne Volvo Trucks.

Oczywiście zdolności przewozowe co do możliwości zabrania określonych rodzajów ładunku o określonych parametrach, takich jak przede wszystkim masa i wymiary, każdego z tych rodzajów pojazdów są odmienne, gdyż pojazdy te bazowo powstały do wykonywania kompletnie innego zakresu prac – wyróżniają się innymi wymiarami, kompletacją układu napędowego, manewrowością, zdolnością przewozową itp. Niemniej, im pojazd jest cięższy i cechuje się większymi zdolnościami przewozowymi, tym bardziej przy maksymalnym spożyciu tych zdolności spadają jednostkowe koszty przemieszczania nim – maleją sumaryczne zużycie paliwa i emisja substancji szkodliwych, w tym CO₂, oraz potrzeba mniejszej liczby kierowców. Dlatego jednostkowe koszty przemieszczenia – jak w podanym przypadku – 600-kilogramowych palet będą największe w sytuacji zastosowania lekkiego wana, najmniejsze w opcji wdrożenia zestawu HCT. Do tego przy wprowadzeniu HCT spada obciążenie dróg przekładające się na bezpieczeństwo poruszania się po nich. Przykładowo, by przewieźć tę samą analizowaną tu partię ładunku, potrzeba 3 zestawów HCT, które zajmują pas jezdni krótszy o ponad 24 razy niż dostawcze wany i 7,5-rza krótszy niż pas zajęty przez lżejsze, 2-osiowe ciężarówki dystrybucyjne (tab. 1).

Tabela 1. Wymagania i warunki przewozu zadanego ładunku na zadanej trasie przez konkretne rodzaje pojazdów/zestawów

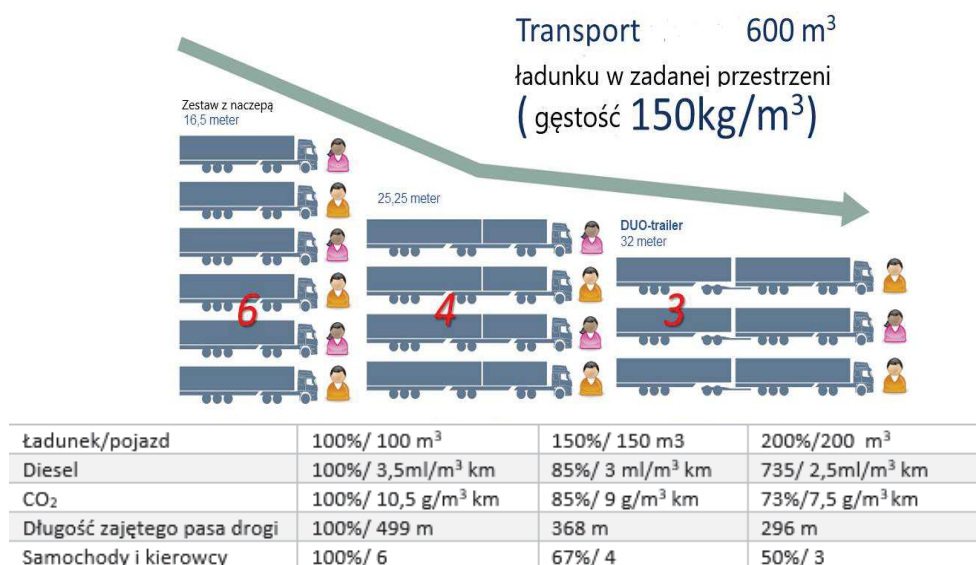
Table 1. Requirements and conditions for the carriage of a given load on a given route by specific types of vehicles/sets

Liczba kierowców	Długość zajmowanego pasa drogi [metry]	Zużycie paliwa [Ml/tkm]	Indeks paliwowy (baza – zestaw 40-tonowy) [%]	Emisja CO ₂ /paletę	Maksymalna dopuszczalna długość pojazdu – zespołu pojazdów	Prawo jazdy EU
3	294	4	72,00	7	60–90	CE
4	364	5	80,00	8	60	CE
6	492	9	100,00	10	40	CE
11	836	8	150,00	14	26	C
17	1275	4	180,00	17	18	C
30	2220	7	250,00	25	12	C1E
100	7100	4	500,00	48	3,5	B

Źródło: [Cider i Larsson 2019].

Jeśliby zatem na tej podstawie porównać efektywność i proekologiczność wykorzystania jedynie trzech rodzajów zestawów – tradycyjnych 16,5-metrowych naczepowych, 25,25-metrowych kategorii EMS oraz 32-metrowych 2-naczepowych klasy HCT, przy ewentualnym porównywaniu warto obrazowo wskazać [Cider i Larsson, 2019], że przewóz dotyczy 600 m³ ładunku o masie 150 kg/m³. W praktyce odpowiada to dużym ładunkom, takim jak lodówki, wióry lub papier toaletowy. Jeśli przewozi się tę ilość za pomocą standardowych naczep, potrzebnych jest 6 z nich z taką samą liczbą ciągników. Jeśli robi się to z LHV, potrzebne są tylko 4 ciągniki i naczepy, ale uzupełnione o 4 przyczepy. W rezultacie jeden normalny LHV – naczepa + przyczepa – zabiera 1,5 razy więcej ładunków niż standardowa naczepa. SEC-HCT zabiera zaś nawet 2 razy więcej ładunku niż zestaw standardowy i o 33% więcej – 200 m³ wobec 150 m³ – niż zestaw EMS-LHV. Ze względu na te odmienności zużycie paliwa przez poszczególne zespoły kształtować się będzie na poziomie: zestaw standardowy – 3,5 l/m³km, zestaw LHV – 3 l/m³km, zestaw SEC – 2,5 l/m³km. Powyższe oznacza przeliczeniową redukcję zużycia paliwa i tym samym emisji CO₂, przyjmując w tych rozważaniach, że dla zestawu standardowego wynosi ona 100%: LHV – 85%, czyli –15%, SEC – 73%, czyli –27%. W dodatku, ponieważ 3 zestawy SEC w pełni zastępują 6 standardowych i 4 LHV, 6 standardowych zestawów zajmuje na drodze pas o długości 499 m, 4 zestawy LHV – 368 m, a 3 zestawy SEC – 296 m. Wskutek tego – w porównaniu z 6 zestawami standardowymi – zmniejszenie długości zajmowanego pasa drogi wynosi: dla 4 zespołów LHV – 26,3%, dla 3 zespołów SEC – 40,7%. Powyższe przekłada się na znaczne ograniczenie obciążenia dróg – mniejsze zatłoczenie i mniej korków –

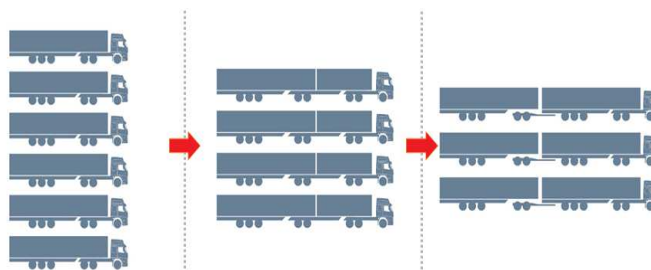
przy tej samej wartości wykonanej pracy przewozowej, poprawie bezpieczeństwa ruchu i niższych przeliczeniowych zużyciu paliwa i emisji CO₂ oraz obniżeniu liczby kierowców – o 1/3 w relacji do LHV i o połowę w relacji do zestawów standardowych. Ponadto łatwiej da się korzystać z przewozów modalnych, głównie drogowo-kolejowych, gdyż w SEC są stosowane 2 standardowe naczepy. Kolejną podstawową zaletą SEC polega na tym, że do obsługi dwóch naczep potrzebny jest o 1 ciągnik siodłowy mniej. To przeciętnie o 7500 kg mniej masy na drodze i wydatki na zakup takiego ciągnika niższe o około 80 000–90 000 EUR (2020 rok) i 100 000–140 000 EUR (2022 rok). Dodatkowe wskazane korzyści płyną z niższych zużycia paliwa, emisji i kosztów personelu. Korzyści ekonomiczne, infrastrukturalne, społeczne, organizacyjne i ekologiczne zaliczają się więc do niepodważalnych (rys. 2 i 3).



Rysunek 2. Korzyści ekonomiczne i ekologiczne związane z wykorzystaniem zestawów klasy HCV
 Figure 2. Economic and ecological benefits associated with the use of HCV class road combinations
 Źródło: [Cider i Larsson 2019].

Te wyliczenia potwierdza Scania. Po 5,5 roku pracy z różnymi przypadkami testowymi – przez 24 h na dobę, 7 dni w tygodniu i cały rok – Scania Transport Laboratory wykazało, że wskutek wzrostu dopuszczalnej masy całkowitej zestawu do 74 000 kg i ładowności do 50 000 kg a objętości ładunkowej do nawet 200 m³, w przeliczeniu na wykonaną pracę przewozową da się oszczędzić 25–30% kosztów paliwa przy takim samym procentowym przeliczeniowym zmniejszeniu emisji CO₂. W praktyce wydaje się zatem, iż można zejść z redukcją emisji CO₂ do 20–25 g/tkm. Zarazem osiągnięcie równoważnego efektu klimatycznego poprzez rozwój samych pojazdów, by ostatecznie uzyskać podobny wynik końcowy, zajęłoby kilka czy nawet kilkanaście lat. Poza tym szersze wdrożenie takich megawydłużonych zestawów o zwiększonej dopuszczalnej masie całkowitej stanowi

dobre wyjście – narzędzie służące skuteczniejszemu rozwiązaniu problemu niedoboru kierowców (tab. 2).



Kierowcy i pojazdy	6	4	3
Długość zestawu	16,5 m	25,5 m	32 m
Objętość ładunku na pojazd	100 m ³	150 m ³	200 m ³
Przeliczeniowe zużycie paliwa	3,5 ml/ m ³ km	3 ml/ m ³ km	2,5 ml/ m ³ km
Emisja CO ₂	100%	85% = - 15%	73% = - 20%
Długość zajętego pasa drogi	499 m	368 m	296 m

Rysunek 3. Zapotrzebowanie na kierowców oraz cechy eksploatacyjno-przewozowe różnych rodzajów zestawów – tradycyjnych, EC/LHV i SEC

Figure 3. Demand for drivers and operational and transport features of various types of sets - traditional, EC / LHV and SEC

Źródło: L. [Cider i Larsson 2019].

Powyższe oznacza, że w sytuacji porównania tradycyjnego zestawu oraz zestawu dwunaczepowego, obu zasilanych zwykłym olejem napędowym EU diesel, różnica w emisji CO₂, czyli i zużyciu paliwa, przy wykonywaniu tej samej pracy przewozowej i operacjach realizowanych przez 14 zestawów, z rocznym przebiegiem 400 000 km na ciągnik, wyniosła aż 25%. Jest to więc potężny potencjał w redukcji emisji CO₂.

Tabela 2. Roczne oszczędności wyliczone dla całości operacji – 14 × 400 000 km/ciągnik

Table 2. Annual savings calculated for the total operation – 14 × 400,000 km/tractor

Emisja CO ₂ /sekcje [t]	Szwecja	Dania	Niemcy	Holandia	Ogółem
Jedna naczepa – paliwo EU diesel	1810	580	1250	260	3900
Dwie naczepy – paliwo EU diesel	1360	435	935	195	2925
Różnica – emisja					975 – –25%

Źródło: Scania, materiały wewnętrzne, 2020.

Powyższe oznacza, że w sytuacji porównania tradycyjnego zestawu oraz zestawu dwunaczepowego, obu zasilanych zwykłym olejem napędowym EU diesel, różnica w emisji CO₂, czyli i zużyciu paliwa, przy wykonywaniu tej samej pracy przewozowej i operacjach realizowanych przez 14 zestawów, z rocznym przebiegiem 400 000 km na ciągnik, wyniosła aż 25%. Jest to więc potężny potencjał w redukcji emisji CO₂.

Tabela 3. Roczne korzyści wyliczone dla całości operacji – 14×400000 km/ciągnik – paliwo HVO
 Table 3. Annual benefits calculated for the total operation – 14×400000 km/tractor – HVO fuel

Emisja w t	CO ₂ /sekcje		Szwecja	Dania	Niemcy	Holandia	Ogółem
Jedna naczepa – paliwo EU diesel	–		1810	580	1250	260	3900
Dwie naczepy – paliwo alternatywne HV100	–						850
Różnica – emisja							3050 – –78%

Źródło: Scania, materiały wewnętrzne, 2020.

Jeśli natomiast w przypadku zestawu binaczepowego zamieni się paliwo z tradycyjnego oleju napędowego na paliwo alternatywne HVO100, wówczas różnica w samej emisji CO₂ wyniesie aż 78% na korzyść zestawu 2-naczepowego, z ciągnikiem zasilanym paliwem alternatywnym (tab. 3). Tym samym sprzęgnięcie w jednym zestawie dwóch naczep okazuje się bardzo ważne dla redukcji emisji CO₂. W połączeniu z paliwami odnawialnymi ten wpływ będzie wyraźnie większy.

Scania Transport Laboratory wskazuje jeszcze nie tylko na pozytywne doświadczenia związane z eksploatacją testowych zestawów, ale i na pewne wyzwania do rozważenia. Są nimi [Scania Transport Laboratory... 2020]:

- większa zależność od dobrego zimowego utrzymania dróg (głównie podczas ruszania),
- fakt, że za pierwszym razem sprzęgnięcie wózka z naczepą wymaga czasu oraz ogólnie wymaga przestrzeni do manewrowania pojazdami,
- problemy z miejscami parkingowymi w miejscach obsługi/odpoczynku.

Krajowy fiński przewoźnik – Kuljetusliike Kantola&Koramo Oy – eksploatujący zestawy *general cargo* klasy HCT wskazuje zaś na ich następujące podstawowe zalety [Kuljetusliike Kantola & Koramo Oy Pitkän matkan kulkija]:

- możliwość zredukowania liczby pojazdów,
- ograniczona emisja CO₂,
- mniejszy ruch,
- obniżone koszty pracownicze.

Ogół tych elementów występuje przy założeniu konieczności wykonania tej samej pracy przewozowej co krótszymi czy/i lżejszymi zestawami stosowanymi wcześniej. Niemniej te krótsze czy lżejsze zestawy to w fińskim przypadku nieraz zestawy co najmniej klasy EMS, o ile nie krótsze i lżejsze HCT, czyli megazestawy z klasycznej perspektywy europejskiej.

Do wielu analogicznych wniosków co badacze w Szwecji i Finlandii, w Hiszpanii doszli SEAT i Grupo Sesé [Scania 2019], oceniając wydajność i korzyści w zakresie redukcji emisji, zwiększania wydajności oraz bezpieczeństwa na drogach. Wskazują oni, że zestaw ciągnik i 2 naczepy obniży emisję CO₂ o 20%, a koszty logistyczne o 25%. Tym samym potencjalnie takie rozwiązanie może zapewnić ogromne zalety, gdyż dzięki niemu aż o połowę da się zmniejszyć liczbę poruszających się ciężarówek, co oznacza duże korzyści pod względem zrównoważonego rozwoju, ochrony środowiska, bezpieczeństwa i wydajności. Ponadto 2 naczepy doskonale nadają się do zastosowania w intermodalnych

rozwiązaniach transportowych, bo towarowe pociągi drogowe zaprojektowano tak, aby działały z maksymalną wydajnością przy naczepach o długości 13,6 m.

Jak dotychczas wskazuje się w takim razie na następujące zasadnicze korzyści związane z wprowadzaniem zestawów klasy MLHV-SEC-HCT/HCV zamiast klasycznych zestawów naczepowych i przyczepowych:

- redukcja kosztów osobowych poprzez eliminację połowy kierowców;
- redukcja o połowę liczby ciężarówek niezbędnej do wykonania tej samej pracy przewozowej – a koszt zakupu takiej ciężarówki to – dane dla 2022 roku – co najmniej 100 000–120 000 EUR;
- przeliczeniowe – na wykonaną pracę przewozową – obniżenie zużycia paliwa i tym samym emisji CO₂ o nawet przeszło 20–25%;
- redukcja kosztów logistycznych w łańcuchach logistycznych.

Tym samym wdrożenie zestawów megawydłużonych o zwiększonej dopuszczalnej masie całkowitej wykazuje wiele zalet. Pomijając już nieco niszowe ich zastosowania, jak w leśnictwie czy przy przewozie rudy żelaza w Szwecji, zespoły takie, przeznaczone do obsługi autostradowego ruchu logistycznego, zazwyczaj przybierają postać zestawów 31,5–32-metrowych, o dopuszczalnej masie całkowitej do 72 000–74 000 kg. Przede wszystkim w dużej mierze składają się z istniejących komponentów, z których można korzystać w bardziej inteligentny sposób. W rezultacie da się przewieźć większą ilość ładunku za pomocą tej samej liczby ciężarówek lub tyle samo ładunku za pomocą mniejszej liczby ciężarówek. Zapewnia to korzyści pod względem kosztów i wydajności, w tym podczas planowania. Na przykład można zaplanować tylko 1 taki zestaw naczepowy klasy SEC zamiast 2 tradycyjnych. Nadal należy jednak opracować specjalne oprogramowanie do planowania. Ponadto parki biznesowe są już przygotowane do obsługi zestawów o standardowych rozmiarach. Nie trzeba zatem wprowadzać żadnych zmian przy załadunku i rozładunku. Poza tym pod względem manewrowania SEC cechuje duża praktyczność eksploatacyjna, bo odłączone naczepy da się łatwo zostawić i zadokować indywidualnie, by potem podłączyć je do takiego zestawu lub zestawu tradycyjnego – o tradycyjnej standardowej długości. Kolejna zaleta polega na tym, iż SEC składa się z normalnie użytkowanych składowych – naczep i przyczep, włączając w to *dolly*. Dzięki temu żaden jego komponent nie musi być dodatkowo produkowany. Ta uniwersalność i powszechna dostępność daje temu systemowi istotną przewagę implementacyjną. Dlatego właśnie w najbliższej przyszłości koncepcja SEC wykazuje największe szanse na odniesienie komercyjnego sukcesu, gdyż nie wiąże się z wdrażaniem nietypowych jednostek transportowych, jakie występują w szwedzkich i fińskich HCT-HCV. W związku z tym specyficzne i unikatowe, nieraz wysoce zindywidualizowane jednostki stosowane w rozwiązaniach HCT-HCV, takie jak megadługie i megawysokie naczepy i przyczepy, wciąż pozostaną taką pojazdową niszą, z licznych powodów bez większych szans na komercyjne rozpowszechnienie poza swoimi krajami macierzystymi. Przy tym, jeśli SEC są używane skutecznie, to w porównaniu ze zwykłymi zestawami mogą przeliczeniowo przyczynić się do zaoszczędzenia do ok. 25–30% paliwa kopalnego. W rezultacie dzięki SEC o określonej wartości, zależną od skali ich implementacji i spożytkowania ich potencjału, sektor transportu może zmniejszyć emisję CO₂. Co więcej, znacznie więcej oszczędności – korzyści środowiskowych w sferze redukcji emisji CO₂ staje się możliwe do uzyskania w bardzo prosty sposób dzięki zastosowaniu w zestawach SEC-HCT-HCV jako paliwa bio LNG lub HVO. Korzystanie z SEC oznacza też, że potrzeba mniej miejsca na drodze oraz mniej kierowców, co w ja-

kimś zakresie może zredukować ich niedobór. Co więcej, praktyczne doświadczenie pokazuje, iż takie zestawy o większej ładowności są bardziej wydajne i produktywnie niż zwykłe odpowiedniki, ponieważ mogą przejmować ładunki z mniejszych ciężarówek oraz zużywać relatywnie mniej paliwa i emitować mniej substancji szkodliwych. Dzięki temu są bardziej przyjazne dla środowiska niż standardowe zestawy. Wszystko to w takim razie przekłada się na zrównoważony rozwój.

Wnioski

Zestawy MLHV-SEC stanowią poważny krok w kierunku jeszcze bardziej zrównoważonego ekologicznie oraz jeszcze bardziej efektywnego ekonomicznie towarowego transportu drogowego. To zrównoważenie może dodatkowo zwiększyć stosowanie w okresie przejściowym gazu lub biopaliw. Jednak do powszechniejszego wprowadzenia takich zestawów konieczne okazuje się ogólnoeuropejskie zaangażowanie [Nederlandse proef met...]. Już obecne testy w krajach skandynawskich, Hiszpanii i Holandii wskazują, że SEC to poważna i rozsądna alternatywa, nadająca się do relatywnie szybkiego wdrożenia w całej Europie. Oczywiście takie wdrożenie – przynajmniej na samym początku – powinno obejmować trzy zasadnicze kwestie. Pierwszą jest pełna unifikacja i harmonizacja – przynajmniej na samym poziomie unijnym – przepisów w sferze ostatecznego wyposażenia i kompletacji oraz tzw. ścieżki – śladu poruszania się, w tym charakterystyk i zachowywania się zestawu w trakcie manewrowania. Do niezwykle wskazanych zalicza się przy tym harmonizacja w zakresie dopuszczalnych mas całkowitych. Do tego dochodzą – nie mniej ważne pod względem wdrożeniowym – specjalnie wyznaczone trasy – tzw. korytarze tranzytowe. W ramach całej Unii Europejskiej powinno się pomyśleć o przygotowaniu stosownego programu i wyodrębnieniu logicznej sieci takich tras, a całe przedsięwzięcie nazwać przykładowo TERN HPT – *Trans-European Road Network for HCT/HPT (High Performance Transport)* – Transeuropejska sieć drogowa dla transportu o dużej wydajności. Projekt ten dotyczyłby więc wydzielania spójnej i powiązanej sieci dróg w układzie międzynarodowym – przynajmniej wewnątrzunijnym, specjalnie dopasowanej do obsługi wielokołowych megazestawów ładunkowych. Szczególnie, że wprowadzenie takich zestawów przekłada się na redukcję zużycia paliwa, emisji substancji szkodliwych i ruchu. Można nawet pomyśleć o wprowadzeniu „okien” czasowych – tzw. slotów, aby te długie zestawy były używane głównie w godzinach mniejszego naturalnego natężenia ruchu, jak godziny przedpołudniowe bądź przeważnie nocne. To sprawi, że ich eksploatacja stanie się jeszcze lepszym rozwiązaniem na korki, gdyż pojazdy, które nie poruszają się w ciągu dnia, nie staną wtedy w korku.

Wszystkie te korzyści wynikłe z wdrożenia zestawów kategorii MLHV-SEC-HCT/HCV mogą się oczywiście przełożyć na liczne korzyści dla organizatorów łańcuchów dostaw obsługiwanych przez te zestawy. Są to – analogicznie jak w przypadku samej sfery przewozowej – korzyści o charakterze:

- ekonomicznym – niższe koszty wykonania danej usługi przewozowej, co wpływa na redukcję kosztów funkcjonowania danego łańcucha logistycznego;
- ekologicznym – wykonanie danej usługi przewozowej przy niższej przeliczeniowej czy nawet bezwzględnej emisji substancji szkodliwych, w tym

CO₂, co odgrywa duże znaczenie szczególnie dla tzw. zielonych łańcuchów dostaw;

- organizacyjnym – możliwe nieco mniejsze problemy z przewoźnikami wynikające z braku kierowców oraz wysokich cen paliw i taboru – prawdopodobne ograniczenie pewnej presji z ich strony na wzrost stawek za fracht.

Do tego mogą dojść pewne korzyści o charakterze czasowym. Mniej pojazdów na drodze, w dodatku poruszających się we wskazanych slotach w godzinach nocnych, może oznaczać skrócenie czasu wykonania każdego jednego kursu oraz wzrost pewności co do punktualności każdej dostawy. Oczywiście, by w pełni spożytkować te korzyści czasowe, sektor logistyczny wspólnie z przewoźnikami musi:

- przygotować nowe siatki połączeń;
- dopasować do nowych dostaw czas i schemat organizacyjny pracy magazynów/hubów/centrów logistycznych;
- silnie opierać się na oprogramowaniu do zarządzania modułem transportowym, w tym kontrolą pojazdów w czasie rzeczywistym oraz programach do tzw., dynamicznego zarządzania ładunkami i pozyskiwania informacji i nich;
- szybko i skutecznie reagować na wszelkie zniekształcenia i opóźnienia;
- scalić w jeden kompletny i komplementarny, holistyczny i eklektyczny system wspomagające oprogramowanie transportowe i logistyczne (magazynowe). Szczególną rolę odegrają tu zmiana i silne powiązanie przepływów towarów w magazynach w zależności od przewozów i odwozów ładunków.

Na koniec w tych rozważaniach należy podkreślić kwestię najważniejszą. Obecnie, może poza Skandynawią, MLHV-SEC-HCT-HCV tworzą specyficzną niszę i są rozwiązaniem, które co najwyżej może się poruszać głównie po autostradach oraz po wybranych drogach lokalnych. Przy czym w tym ostatnim przypadku problematyka wiąże się z obsługą sektora leśnego, co dotychczas ma miejsce na północy kontynentu. MLHV-SEC-HCT-HCV nigdy bowiem nie wjadą do miasta, raczej też nie będą zbyt często przemieszczać ładunków niebezpiecznych. Dlatego te zespoły nie stanowią remedium na wszelkie problemy współczesnego drogowego transportu towarowego i transportowej obsługi łańcuchów dostaw, w tym dotyczące kosztów ekonomicznych i ekologicznych oraz poprawy dostępności jednego z kluczowych zasobów produkcyjnych, do jakich dzisiaj niezaprzeczalnie należą kierowcy. Zestawy te bowiem powstały, by co najwyżej w pewnych sytuacjach zastąpić tylko i wyłącznie tradycyjne zestawy oraz zestawy klasy LV-LHV, co więcej, jedynie tam, gdzie na to pozwalają przepisy i okazuje się to ekonomicznie opłacalne. Obecnie przyjmuje się¹, że – pomijając Skandynawię ze względu na jej specyficzne dopuszczenia drogowe – w pozostałych krajach UE, które pozwolą na ich eksploatację, są one w stanie przejąć od 5 do 7% towarowego ruchu autostradowego, biorąc pod uwagę wykonaną pracę przewozową. W stosunku do współczesnych i prognozowanych potrzeb przewozowych to raczej niewiele. Niemniej nawet i takie wsparcie okazuje się teraz niezwykle konieczne, bo każdy niespalony litr paliwa oznacza kolejne gramy mniej emisji CO₂, z kolei każdy brak konieczności zatrudniania dodatkowych kierowców chociaż w niewielkim stopniu niweluje potężne braki kadrowe w tej profesji.

¹Wnioski wyciągnięte przez autora na podstawie rozmów z lat 2020-2021 przeprowadzonych z przedstawicielami koncernów DAF, Volvo i Scania odpowiedzialnych za wdrażanie zestawów tego rodzaju

Zespoły kategorii SEC-HCT-HCV w niewielkim zatem zakresie – biorąc pod uwagę wykonaną pracę przewozową – mogą skutecznie zsubsydować tradycyjne zestawy i zestawy typu LV-LHV, a *de facto* w równie niewielkim zakresie mogą je uzupełnić – być w stosunku do nich komplementarne. Co najwyżej SEC-HCT-HCV można traktować jako specyficzny dodatek, sprawdzający się tam, gdzie pod względem swoich zdolności przewozowych zespoły LV-LHV okazują się niewystarczające. W pierwszym rządzie dotyczy to Szwecji i Finlandii, krajów pod względem transportu niezwykle specyficznych. W innych państwach kwestia bardziej masowego wdrażania może się już prezentować zgoła odmiennie. Co więcej, ewentualne wybory w znacznym stopniu mogą być obciążone wpływem polityki i różnorodnych lobby, a nie stanowić elementu wynikowy rzetelnych studiów i analiz powstałych po merytorycznej poszerzonej i pogłębionej dyskusji.

Bibliografia

- Adell E., Ljungberg C., Börefelt A., Hanander M., 2013: 1-årsutvärdering av projektet ETT coil till (ECT), Trivector, Report PM 37, 1–12.
- Bergqvist R., Monios J., 2012: The last mile, inbound logistics and intermodal high capacity transport-the case of Jula in Sweden, *World Review of Intermodal Transportation Research* 6(1), 74–92.
- Bigtrack International, 2020: Dutch test with Super EcoCombi with double trailers, [źródło elektroniczne] <https://www.bigtruckmagazine.com/news/item/dutch-test-with-super-ecocombi-with-double-trailers> [dostęp: 12.07.2021].
- Brach J., 2021: Ekologiczne i ekonomiczne podniesienie efektywności przewozów poprzez wdrożenie zestawów klasy MLHV-SEC, [w:] A. Gozdek (red.), *Mobilność i zrównoważony transport. Poszukiwanie rozwiązań, Rozprawy i Studia*, Uniwersytet Szczeciński, vol. 1314, nr 1240, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 105–121
- Brach J., 2021: Ekonomiczne i technologiczne aspekty zastosowania megadługich i ciężkich zestawów drogowych, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Cider L., Larsson L., 2019: HCT-DUO2-project Gothenburg-Malmoe in Sweden, [źródło elektroniczne] https://duo2.nu/?page_id=221&lang=en, [dostęp: 11.07.2021].
- Cider L., Ranäng S., 2012: Slutrapport Duo2-Trailer. FFI (Fordonsstrategisk Forskning och Innovation)
- Closer, 2017: Rekordstort intresse för High Capacity Transport, [źródło elektroniczne] <https://closer.lindholmen.se/nyheter/rekordstort-intresse-high-capacity-transport> [dostęp: 23.07.2021].
- Closer, [źródło elektroniczne] https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/bilder/9_vilka_fordon_anvands_och_kommer_akerierna_anvanda_i_finland_ville_vahala.pdf [dostęp: 18.07.2021].
- De Cristofaro C., 2019: Super EcoCombi biedt veel voordelen, voor ons én voor het klimaat, [źródło elektroniczne] <https://dutchmobilityinnovations.com/spaces/1169/super-ecocombi/articles/news/30066/-super-ecocombi-biedt-veel-voordelen-voor-ons-%C3%A9n-voor-het-klimaat> [dostęp: 22.07.2020].

- Kampfraath Ch., 2006: EMS = „Eternal Moving Solution? – wystąpienie podczas „European Modular System Seminar”, 26 września, Warszawa.
- Kuljetusliike Kantola & Koramo Oy Pitkän matkan kulkija, [źródło elektroniczne] <https://www.kantolakoramo.fi/> [dostęp: 22.10.2020].
- Lahti O., Tantt A., 2016: Report on wintertime High Capacity Transport (HCT) 2015–2016, [źródło elektroniczne] https://www.trafi.fi/filebank/a/1473422710/7c6f1828ea16e7c6dd32fd4127c82981/22393-HCT_report_wintertime_2015-2016.pdf [dostęp: 22.07.2020].
- Lahti O., 2020: HCT traffic in Finland, Nordic HCT Conference 22.10.2020.
- Löfroth C., Svenson G., 2012: ETT – Modulsystem förskogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST), Arbetsrapport från Skogforsk 758, 158.
- Nederlandse proef met Super EcoCombi, [źródło elektroniczne] <http://magazine.bigtruck.nl/02-2020/nederlandse-proef-met-super-ecocombi/> [dostęp: 28.12.2020].
- Railertotal NL, 2020: SOR Iberica bouwt Super Eco Combi voor Disfrimur, <https://trailertotaal.nl/nieuws/item/sor-iberica-bouwt-super-eco-combi-voor-disfrimur> [dostęp: 20.07.2021].
- SAAB, 2018: Almost 33-meter long giant truck transports four containers of metal for recycling, [źródło elektroniczne] <https://www.ssab.com/news/2018/09/almost-33meter-long-giant-truck-transport-four-containers-of-metal-for-recycling> [dostęp: 10.04.2021]
- Scania Annual and sustainability report, [źródło elektroniczne] <https://www.scania.com/group/en/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/scania-annual-and-sustainability-report-2018-1.pdf>, 23 [dostęp: 22.07.2021].
- Scania Transport Laboratory goes fossil free, [źródło elektroniczne] <https://www.scania.com/group/en/scania-transport-laboratory-goes-fossil-free-2/> [dostęp: 22.07.2021].
- Scania Transport Laboratory, [źródło elektroniczne] <https://www.scania.com/group/en/scania-transport-laboratory/> [dostęp: 22.07.2021].
- Scania Transport Laboratory, 2020: Duo-trailer combination from an environmental perspective, opracowanie wewnętrzne koncernu Scania.
- Scania, [źródło elektroniczne] <https://www.scania.com/group/en/testing-twintrailers-for-environmental-gains/> [dostęp: 22.07.2021].
- Scania, 2019: Testing twin trailers for environmental gains, [źródło elektroniczne] <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2018/testing-twin-trailers-for-environmental-gains.html> [dostęp: 19.09.2019].
- The DUO2 project, [źródło elektroniczne] <https://duo2.nu/?p=214&lang=en> [dostęp: 23.07.2021].
- Thiel S., 2019: Horizontal collaboration regarding open traffic system in the HCT perspective, [źródło elektroniczne] https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/bilder/hct_22_oct.pdf [dostęp: 23.07.2021].
- Volvo, 2018: Volvo Lastvagnar levererar 90-tons malmlastbilar till svensk gruvsatsning, [źródło elektroniczne] <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/press/releases/2018/mar/pressrelease-180321.html> [dostęp: 08.09.2022].
- Who says we should be going to greater lengths?, Transport Engineer, 2007, 13.