

# WIELKOSKALOWE WDRAŻANIE TECHNOLOGII WODOROWYCH I OGNIW PALIWOWYCH W PUBLICZNYM TRANSPORCIE ZBIOROWYM W AMERYKAŃSKIM STANIE KALIFORNIA

*Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?*

## PAWEŁ BRUSIŁO

Asystent badawczo-dydaktyczny

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Fulbright-Schuman Visiting Graduate Student (08.2022 – 02.2023)

School of Global Policy and Strategy, Uniwersytet Kalifornijski w San Diego, USA

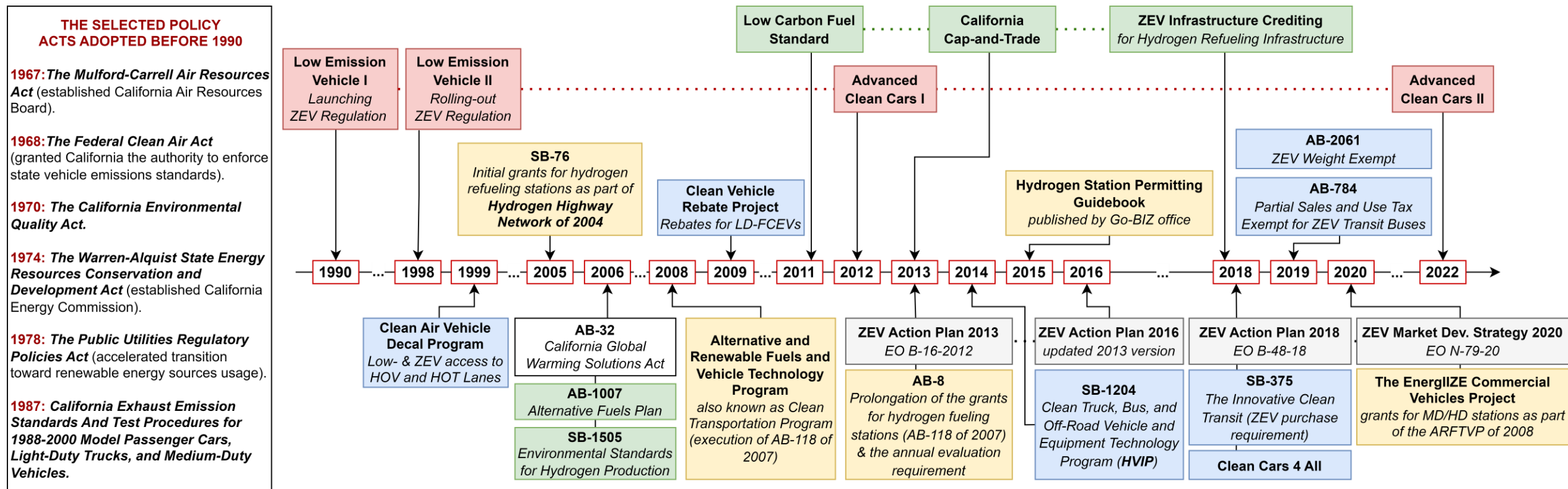
We współpracy badawczej z Prof. David G. Victorem i Dr. Ryanem Hanną  
z Deep Decarbonization Initiative na UC San Diego



## 01. TŁO HISTORYCZNE

# EWOLUCJA KALIFORNIJSKIEJ POLITYKI I STRATEGII DOTYCZĄCYCH POJAZDÓW ZEV I FCEV

Od 1967 roku władze stanu Kalifornia wprowadziły liczne strategie i wdrożyły różnorodne instrumenty zielonej polityki przemysłowej w celu ustanowienia i rozwoju rynku pojazdów elektrycznych zasilanych ogniwami paliwowymi (FCEV) wraz z innymi pojazdami nisko- i bezemisyjnymi (ZEV), głównie pojazdami elektrycznymi (BEV).



Bysunek 1. Harmonogram przyjęcia kluczowych instrumentów zielonej polityki przemysłowej dla wzrostu rynku pojazdów typu FCEV i rozwoju infrastruktury do ich tankowania w amerykańskim stanie Kalifornia (1990-2022). Źródło: Opracowanie własne.

## REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii

Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

## RYNEK POJAZDÓW TYPU FCEV I INFRASTRUKTURY TANKOWANIA WODORU W KALIFORNII

## LICZBA STACJI WODOROWYCH (2023)

Dla poj. osobowych  
OTWARTE

65

Dla poj. osobowych  
ZAPLANOWANE

35

Dla poj. ciężarowych  
OTWARTE

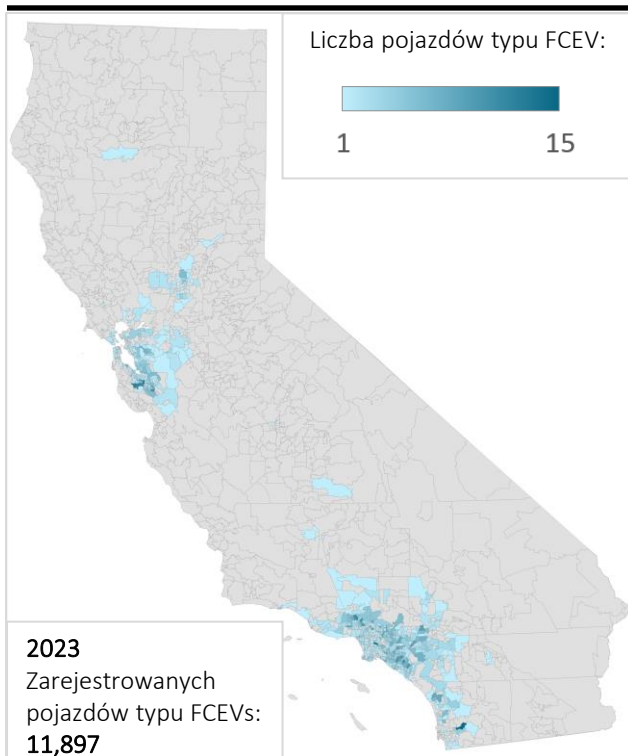
6

Dla poj. ciężarowych  
ZAPLANOWANE

4

Stacje typu „Multi-use”  
ZAPLANOWANE

5



Rysunek 2. Liczba zarejestrowanych pojazdów typu FCEV we wrześniu 2023 r.  
Źródło: Kalifornijska Komisja ds. Energii.

Kalifornia reprezentuje sukcesywnie rosnący rynek pojazdów typu FCEV (głównie w segmencie **pojazdów lekkich: ~12 000**, a od 2022 r. - także **autobusów: ~200**), któremu towarzyszy rozwój infrastruktury do tankowania wodoru dedykowanej różnym segmentom rynku FCEV, w tym także **pojazdom ciężarowym**.

**Ważne:** Stacje tankowania wodoru dla pojazdów ciężarowych w Kalifornii są obsługiwane przez zarządy transportu publicznego (takie jak OC Transportation Authority i AC Transit) oraz porty (np. Port of Long Beach).

Oczekuje się, że rozwój rynku pojazdów typu FCEV oraz liczba stacji wodorowych w Kalifornii wzrośnie ze względu na:

- I. rosnący popyt na pojazdy osobowe, ciężarowe i autobusy wymuszony przez wymogi zakupowe i dotacje,
- II. informacje o potrzebach w zakresie tankowania wodoru i coroczne raporty z ewaluacji rozwoju istniejącej infrastruktury,
- III. znaczące finansowanie pokrywające początkowe koszty inwestycyjne - **CapEx** (dotacje),
- IV. długoterminowy mechanizm finansowania kosztów operacyjnych (**OpEx**) oparty na strumieniach stałych przychodów (LCFS),
- V. szczegółowe informacje na temat procesu wydawania pozwoleń dla stacji, także dla zaejzdni.
- VI. ustalone procedury testowania i uruchamiania stacji tankowania wodoru wspierane przez dedykowane urządzenia,
- VII. mapowanie na żywo dostępności stacji, co przekonuje operatorów flot i pierwszych użytkowników,
- VIII. współpraca przewoźników, portów i producentów tych pojazdów w projektach demonstracyjnych i wdrożeniowych.

## REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii

Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## KROK 1. OFEROWANIE DOTACJI NA ZAKUP AUTOBUSÓW TYPU FCEV (tj. VOUCHERY HVIP),

zakazując jednocześnie rejestracji nowych emisyjnych autobusów po 2028 r. i wymagając, aby wszystkie autobusy były zeroemisyjne do 2040 r.



Funding

Vehicles

Purchasers

Sellers

News & Events

Impact & Data ▾



New Flyer

### New Flyer Xcelsior XHE40 Fuel Cell Electric Bus

734 kWh

Hydrogen Fuel Cell

Class 8

Incentive Amount

**\$240,000**

Type **New**



New Flyer

### New Flyer Xcelsior XHE60 Fuel Cell Electric Bus

Up to 1030 kWh

Hydrogen Fuel Cell

Class 8

Incentive Amount

**\$240,000**

Type **New**



Nikola

### Nikola TRE FCEV Fuel Cell Electric Truck

164 kWh

Hydrogen Fuel Cell

Class 8

Incentive Amount

**\$240,000**

Type **New**



Rysunek 3. Oficjalna strona internetowej programu HVIP w Kalifornii. Źródło: <https://californiahvip.org/>

## REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii

Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

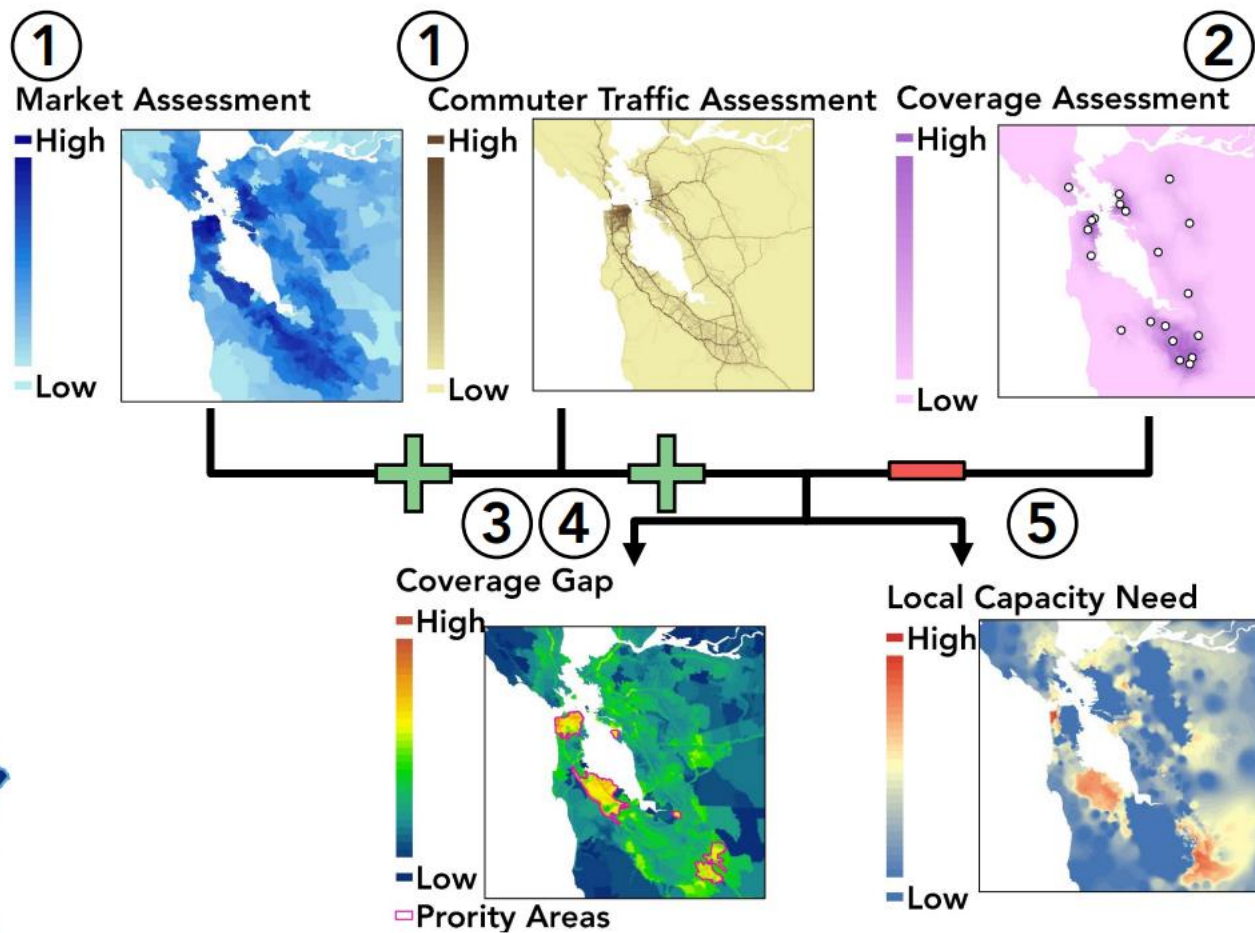
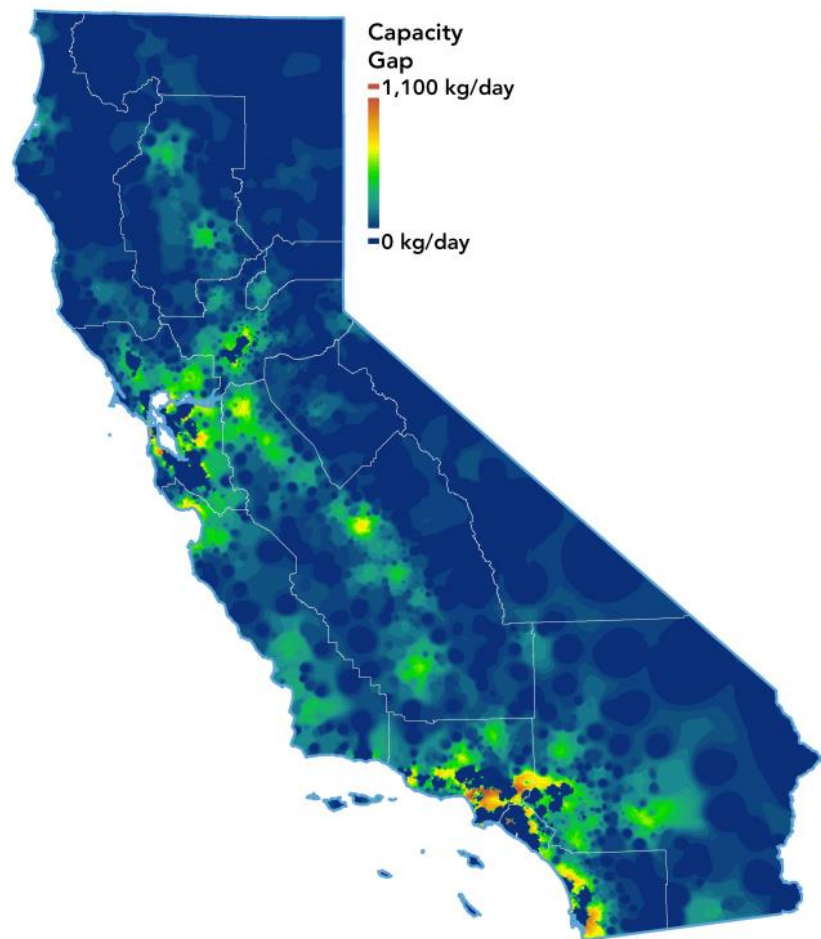
Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## KROK 2. OFEROWANIE FUNKCJONALNO-PRZESTRZENNYCH ANALIZ DOTYCZĄCYCH ROZWOJU STACJI

oraz wspieranie planowania strategicznego rozwoju stacji poprzez dostarczanie funkcjonalno-przestrzennego narzędzia analitycznego oraz raportów z postępów - tj. narzędzia California Hydrogen Infrastructure Tool (CHIT) oraz rocznych raportów ewaluacyjnych.



Rysunek 4. Demonstracja CHIT (v. 2017) dotycząca luki w pojemności stacji w Kalifornii. Źródło: The 2022 Annual Evaluation of Hydrogen Refueling Infrastructure under AB-8, opracowana przez Kalifornijską Radę ds. Zasobów Powietrza, <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2022-09/AB-8-Report-2022-Final.pdf>.



### REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii

Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

## KROK 3. OFEROWANIE DOTACJI NA ROZWÓJ INFRASTRUKTURY I STACJI TANKOWANIA WODORU

np., w formie kompleksowych dotacji obejmujących budowę stacji z niezbędnym wyposażeniem wspierającym



[RETURN TO SEARCH](#)

### GFO-22-607- Light-Duty Vehicle and Multi-Use Hydrogen Refueling Infrastructure

Grantor: [CA Energy Commission](#)



Rysunek 5 (powyżej). Ogłoszenie o dotacji GFO-22-607 - Infrastruktura do tankowania wodoru w pojazdach lekkich i wielozadaniowych. Źródło: California Grant Portal, <https://www.grants.ca.gov/grants/gfo-22-607-light-duty-vehicle-and-multi-use-hydrogen-refueling-infrastructure/>  
Rysunek 6 (poniżej). Logo programu EnergiIZE. Źródło: <https://www.energiize.org/>

Kalifornijska Komisja ds. Energii, w ramach **Programu Czystego Transportu**, oferuje dotacje na projekty, które zapewniają publicznie dostępne stacje tankowania wodoru.

Cele przetargu są następujące:

- zapewnienie finansowania nowych stacji, aby osiągnąć ambitny cel 200 stacji do 2025 r.,
- udostępnienie możliwości tankowania wodoru w obszarach Kalifornii, w których obecnie nie ma stacji,
- wspieranie wdrażanie ogniw paliwowych w wielu segmentach rynku pojazdów, w tym autobusów na ogniwa paliwowe do transportu publicznego, aby ustanawiać **stacje typu „multi-use” w zajezdaniach**,
- wspieranie wysokiego poziomu obsługi klienta na każdej stacji,
- zwiększenie udziału odnawialnego wodoru w paliwie oferowanym na stacjach (**obecnie: ~60%**)

**Projekt EnergiIZE Commercial Vehicles** jest częścią ogólnostanowego wysiłku na rzecz zwiększenia popytu rynkowego na komercyjne pojazdy o średniej i dużej ładowności i o zerowej emisji, w tym **autobusy wykorzystywane w publicznym transporcie zbiorowym**.

Projekt EnergiIZE Commercial Vehicles oferuje **finansowanie wszystkich kwalifikujących się urządzeń**, w tym: dystrybutorów, zbiorników do magazynowania wodoru, elektrolizerów, agregatów chłodniczych, sprężarek, rurociągów, pomp wodoru ciekłego i gazowego oraz systemów punktów sprzedaży od kwalifikujących się producentów („**Made in USA**”).



### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## KROK 4. OFEROWANIE DŁUGOTERMINOWEGO MECHANIZMU FINANSOWANIA FUNKCJONOWANIA STACJI

*np. w formie Low-Carbon Fuel Standard z mechanizmem przyznawania wymiennych praw do emisji za infrastrukturę ZEV (HRI)*

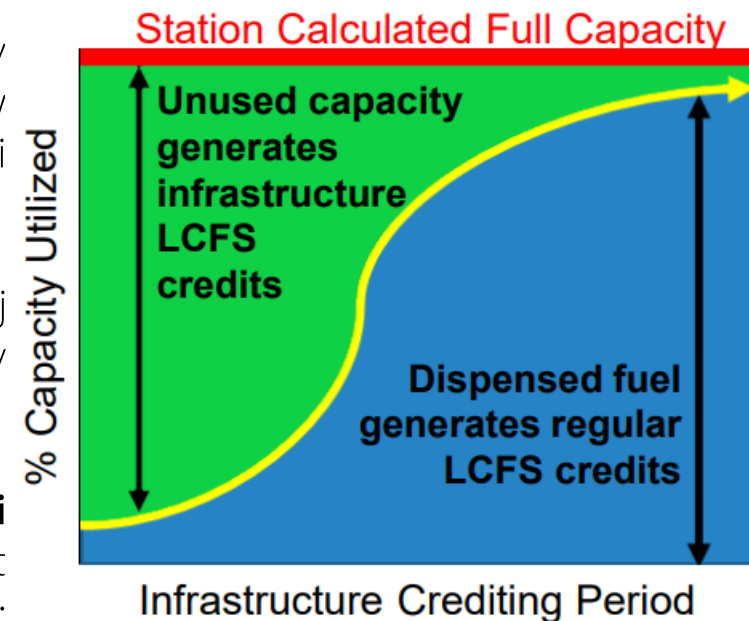
Low-Carbon Fuel Standard (LCFS) to **mechanizm handlu uprawnieniami do emisji** opracowany w 2011 roku w celu zmniejszenia intensywności emisji dwutlenku węgla pochodzących z paliw wykorzystywanych w transporcie w Kalifornii w porównaniu z konwencjonalnymi paliwami ropopochodnymi, takimi jak benzyna i olej napędowy.

Od 2018 roku LCFS został rozszerzony o uprawnienia pochodzące z tytułu niewykorzystanej infrastruktury FCEV, aby zapewnić dodatkowy strumień przychodów dla stacji, dopóki pojazdy FCEV nie staną się bardziej powszechne.

**„Dodatkowe” prawa do emisji przyznawane są za samo oferowanie dostępności stacji wodorowych** zachęcając do ich początkowej rozbudowy, gdy zapotrzebowanie na paliwo jest niskie we wczesnych latach (w oparciu o niewykorzystaną pojemność tankowania: *całkowita pojemność - wydane paliwo*).

W miarę jak coraz więcej pojazdów FCEV korzysta ze stacji, a eksploatacja stacji oraz dystrybucja wodoru wzrasta, obiekt może generować więcej praw do emisji w ramach LCFS i mniej dodatkowych praw do emisji pochodzących z tytułu niewykorzystywanej infrastruktury.

Rysunek 7 (powyżej). Logo Kalifornijskiej Rady Zasobów Powietrza. Źródło: <https://ww2.arb.ca.gov/>  
Rysunek 8 (poniżej). Raport dotyczący mechanizmu kredytowania infrastruktury LCFS ZEV.  
Źródło: [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/fuels/lcfs/guidance/zev\\_infra\\_crediting\\_overview.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/fuels/lcfs/guidance/zev_infra_crediting_overview.pdf)



### REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

*Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii  
Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?*

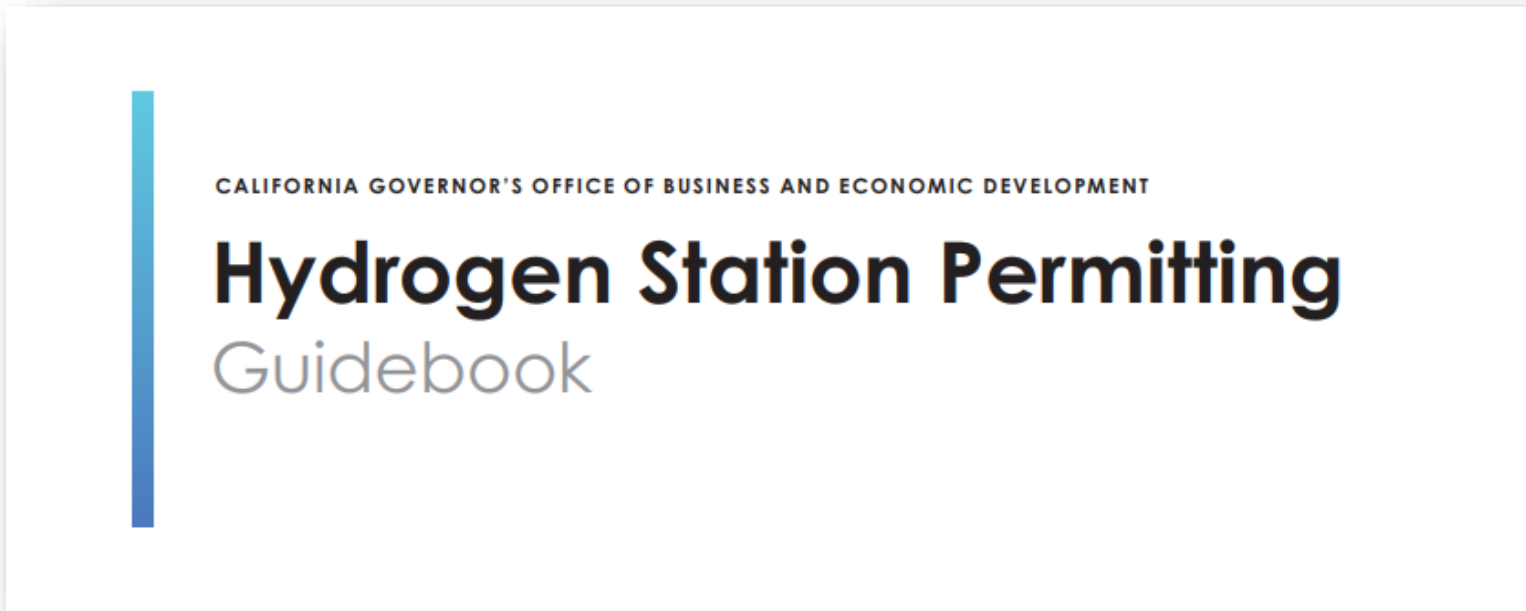
**Paweł Brusilo**

16 listopada 2023, Wisła

### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## KROK 5. PUBLIKACJA INFORMACJI O POZWOLENIACH NA BUDOWĘ STACJI WODOROWYCH

np. w formie podręczników dla podmiotów konstruujących stacje oraz punktu informacyjnego w Biurze Gubernatora (Go-BIZ).



Rysunek 9 (po lewej). Przewodnik po zezwoleniach dla stacji tankowania wodoru 2020.  
Źródło: [https://business.ca.gov/wp-content/uploads/2019/12/GO-Biz\\_Hydrogen-Station-Permitting-Guidebook\\_Sept-2020.pdf](https://business.ca.gov/wp-content/uploads/2019/12/GO-Biz_Hydrogen-Station-Permitting-Guidebook_Sept-2020.pdf)  
Rysunek 10. (po prawej). Logo Biura ds. Biznesu i Rozwoju Gospodarczego Gubernatora Kalifornii.  
Źródło: <https://business.ca.gov/>.



### REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii  
Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła



### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## KROK 6. OPRACOWANIE DEDYKOWANEGO SPRZĘTU DO PRZEPROWADZANIA KONTROLI TECHNICZNYCH

tj., *Hydrogen Station Equipment Performance (HyStEP) Device do pomiaru sprawności dystrybutorów wodoru.*



Rysunek 11. (po lewej). Opracowanie raportu dotyczącego sprawności wyposażenia stacji wodorowych (HyStEP).  
Źródła: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1481500> i <https://h2tools.org/hystep-hydrogen-station-equipment-performance-device>

**ŹRÓDŁO FINANSOWANIA:** US DOE Fuel Cell Technology Office w ramach projektu H2FIRST (2016-17).

**LIDER:** Sandia National Laboratories i National Renewable Energy Laboratory.

**CEL:** Urządzenie HyStEP jest wykorzystywane przez agencję certyfikującą do pomiaru sprawności dystrybutorów wodoru w zakresie wymaganego standardu protokołu tankowania (SAE J2601, w tym komunikacji IrDA zgodnie z SAE J2799).



### REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii  
Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## KROK 7. WPROWADZANIE MAPOWANIA DOSTĘPNOŚCI STACJI TANKOWANIA W CZASIE RZECZYWISTYM

tj. jako wygodna mobilna aplikacja opublikowana we współpracy z organizacjami i stowarzyszeniami branżowymi

HYDROGEN FUEL CELL



PARTNERSHIP

CARS

STATIONS

BENEFITS

BUSES & TRUCKS

MEMBERS

RESOURCES



Map Satellite

Search by Zip Code or Address GO

List Stations

Hide Filters

- Online
- Limited
- Offline
- Refresh
- Unknown

- Retail: Open
- Retail: Legacy
- Retail: In Construction
- Retail: In Permitting

© HYDROGEN FUEL CELL PARTNERSHIP  
Powered by the fastest molecule on earth!™

3300 Industrial Blvd. Suite 1000, West Hydroge



### REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii

Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

### 03. KLUCZOWE OBSERWACJE I DOBRE PRAKTYKI

## STEP 8. INWESTYCJE W WIELKOSKALOWE PROJEKTY DEMONSTRACYJNE

szczególnie w ramach flot publicznego transportu zbiorowego we współpracy z ośrodkami badawczymi, które mogą oferować wsparcie analityczne

### WIELOLETNI PROJEKT WDROŻENIOWY SUNLINE TRANSIT

Palm Springs - Coachella Valley



Rysunek 12. (po lewej). Zajezdnia Sunline Transit Agency. Źródło: Prywatne repozytorium.  
Rysunek 13. Przednie okładki badania AC Transit 5 na 5. Źródło: <https://www.actransit.org/>

### WIELOLETNI PROJEKT WDROŻENIOWY AC TRANSIT

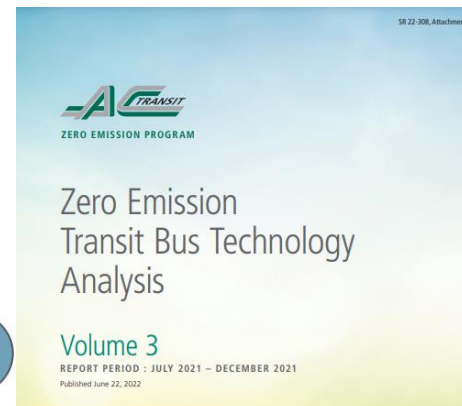
Zero Emission Transit Bus Technology Analysis (Vol 1 – 4)



Zero Emission  
Transit Bus Technology  
Analysis



REPORT PERIOD : JULY 2021 – DECEMBER 2021  
Published June 23, 2021



Zero Emission  
Transit Bus Technology  
Analysis

Volume 2

REPORT PERIOD : JANUARY 2021 – JUNE 2021  
Published December 8, 2021



Leading the way to a  
ZERO EMISSION FUTURE.



Zero Emission  
Transit Bus Technology  
Analysis

Volume 4

REPORT PERIOD : JANUARY 2022 – JUNE 2022  
Published December 14, 2022



Leading the way to a  
ZERO EMISSION FUTURE.



### REGIONALNE FORUM ENERGETYCZNE WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

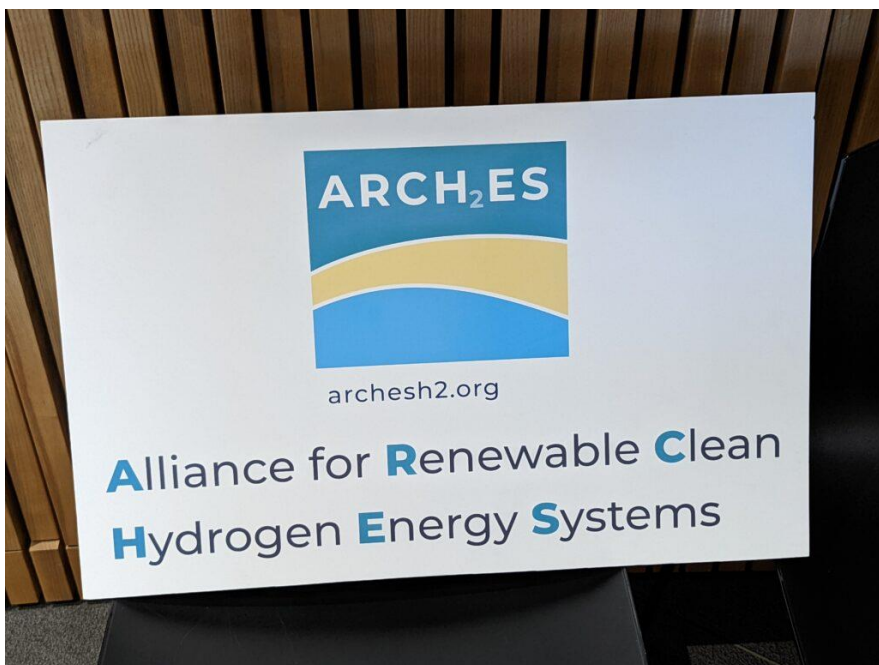
Wielkoskalowe wdrażanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w publicznym transporcie zbiorowym w Kalifornii  
Czego możemy się nauczyć z ich doświadczeń?

Paweł Brusilo

16 listopada 2023, Wisła

## KROK 9. REALIZACJA WSPÓŁPRACY REGIONALNEJ W RAMCH DOLIN I HUBÓW WODOROWYCH

tj. Hub Wodorowych ARCHES – jeden z 7 hubów wodorowych w USA objętych finansowaniem Departamentu Energii USA



**Alliance for Renewable Clean Hydrogen Energy Systems (ARCHES)** to publiczno-prywatna inicjatywa stworzona w celu ułatwienia przejścia Kalifornii na czystą, odnawialną i zeroemisyjną energię wodorową (H<sub>2</sub>). Jego współzałożycielami są Biuro Gubernatora ds. Biznesu i Rozwoju Gospodarczego, Uniwersytet Kalifornijski, ogólnostanowa koalicja pracownicza zorganizowana przez Kalifornijską Radę Budownictwa i Branży Budowlanej oraz Renewables 100 Policy Institute.

Działając jako neutralny organizator w imieniu Departamentu Energii i Stanu, ARCHES jest zaangażowany w sprawiedliwą i równą transformację energii wodorowej, z integracją lokalnych społeczności we wszystkich aspektach i fazach jej działania, od wyboru projektów po zarządzanie.

Inicjatywa ARCHES otrzymała **1,2 miliarda dolarów od Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych** na budowę i rozbudowę projektów koncentrujących się na czystej energii i tworzeniu zielonych miejsc pracy, których ostatecznym celem jest osiągnięcie zerowej emisji dwutlenku węgla netto do 2045 roku.



# DZIĘKUJĘ PAŃSTWU ZA UWAGĘ I ZAPRASZAM DO KONTAKTU!

## PAWEŁ BRUSIŁO

Członek Sieci Ekspertów Komisji Europejskiej w Polsce – Team Europe Direct

Asystent badawczo-dydaktyczny

*Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu*

Fulbright-Schuman Visiting Graduate Student (08/2022 - 02/2023)

*School of Global Policy and Strategy, University of California San Diego, USA*

E-mail: [pawel.brusilo@ue.wroc.pl](mailto:pawel.brusilo@ue.wroc.pl)

Telefon: +48 723 237 887

WWW: [www.pawelbrusilo.com](http://www.pawelbrusilo.com)

*Specjalne podziękowania dla profesora **David G. Victora** i **dr. Ryana Hanna** za ich wsparcie i wkład w konceptualizację i realizację projektu badawczego!*

*Projekt stanowi część badań realizowanych w ramach rozprawy doktorskiej pod kierunkiem **prof. dr hab. Bogusławy Drelich-Skulskiej**.*

