Człowiek, Pojazd, Środowisko
w poszukiwaniu ekologicznego transportu

Dr hab. inż. Grzegorz Zając, prof. uczelni
Katedra Energetyki i Środków Transportu
Wydział Inżynierii Produkcji

Transport czy mobilność?

Transport

przemieszczanie osób lub dóbr między miejscami

Mobilność

możliwość dotarcia do aktywności, ludzi i usług

DOM

punkt startu

SZKOŁA / PRACA

aktywność

USŁUGI / RELACJE

cel podróży

DOM

powrót

Cel: nie „przejechać 10 km”, lecz zrealizować potrzebę mobilności.

System transportowy

Człowiek

Fundamentalna potrzeba mobilności; dostęp do pracy, edukacji i relacji społecznych.

Pojazd

Narzędzie niwelujące dystans, ale generujące bezpośrednie obciążenie zasobowe.

Środowisko

Emisje, hałas i zajmowanie przestrzeni.

Człowiek

Skąd wynika potrzeba przemieszczania się?

Czynniki społeczne

Przeprowadzki związane z zakładaniem rodziny lub chęcią bycia bliżej krewnych. Przymusowe migracje przed konfliktami zbrojnymi i prześladowaniami.

Czynniki gospodarcze

Wysoka elastyczność i terytorialna mobilność współczesnego rynku pracy. Model logistyczny przemysłu, rozproszone globalne łańcuchy dostaw.

Natura ludzka

Odkrywanie nowych miejsc i podróże eksploracyjne. Przemieszczanie się bywa sposobem na rutynę lub poszukiwanie nowych bodźców intelektualnych i kulturowych.

Ewolucja urbanistyczna

Suburbanizacja, zjawisko rozlewania się miast oraz sztywny monofunkcyjny podział przestrzeni wymuszający codzienne dojazdy na długich dystansach.

Pojazd - czym jest?

Pojazd to urządzenie lub środek transportu, który umożliwia przemieszczanie się ludzi lub towarów z jednego miejsca do drugiego, w różnych środowiskach, takich jak ląd, woda, powietrze (wg Wikipedii).

Pojazd - Krótko przez historię

Rozwój pojazdów na przestrzeni wieków to fascynująca historia technologicznego postępu ludzkości.

- Wynalezienie koła
- Pierwsze pojazdy zaprzęgowe
- Pojazdy parowe i narodziny kolei
- Pojazdy spalinowe

Pojazd - Krótko przez historię

Ok. 6000 LAT

66 LAT

Współczesność

Napędy współczesnych pojazdów opierają się głównie na silnikach spalinowych.

Silniki spalinowe są dobrze znane, mają dobre osiągi i są szeroko dostępne, a infrastruktura dla paliw jest dobrze rozwinięta.

Poza podstawową wadą tych silników, jaką jest ich niska sprawność, największym problemem jest to, że wykorzystują one paliwa kopalne.

Współczesność

Ciągłe zmniejszanie się zasobów paliw kopalnych ze względu na ich masowe wykorzystanie powoduje, że luka pomiędzy popytem a podażą stale rośnie.

Ponadto paliwa kopalne są odpowiedzialne za zanieczyszczenie środowiska, które jest jedną z głównych przyczyn globalnego ocieplenia i zmian klimatycznych.

Alternatywne napędy pojazdów

Napędy alternatywne to wszystkie napędy, które mają na celu ograniczenie spalania paliw kopalnych.

Pierwotnie ich wprowadzanie miało uniezależnić świat od dostępności ropy naftowej. Dziś cel jest jednak bardziej ambitny - pojazdy z napędami alternatywnymi mają być bardziej przyjazne środowisku i w mniejszym stopniu przyczyniać się do zmian klimatycznych.

Alternatywne napędy pojazdów

Przykładowe rozwiązania:

- Biopaliwa / paliwa syntetyczne
- Pojazdy hybrydowe - (HEV Hybrid Electric Vehicles: MHEV, HEV, PHEV)
- Pojazdy elektryczne - (BEV Electric Vehicles)
- Pojazdy wodorowe - (FCEV Fuel Cell Electric Vehicles / HICE)
- Innowacyjne rozwiązania

Alternatywne napędy pojazdów

Typ Napędu	Sprawność Silnika	Nośnik Energii	Konwersja	Lokalna Emisja Spalin
Spalinowy	**25% – 35%**	Benzyna / Olej napędowy	silnik cieplny	Wysoka (CO_2, NO_x, PM2.5)
Spalinowy	**25% – 35%**	Biopaliwa/ Paliwa syntetyczne	silnik cieplny	Neutralny w bilansie CO_2
Hybrydowy	**30–40%**	Benzyna / Energia elektryczna	silnik cieplny /silnik elektryczny	Niższa niż Spalinowy
Elektryczny	**80% – 90%**	Energia elektryczna	silnik elektryczny	**Zeroemisyjny lokalnie**
Wodorowy	**50% – 60%**	Wodór (Ogniwa paliwowe)	ogniwo paliwowe + silnik el.	**Zeroemisyjny (Para wodna)**

Środowisko

Cena tradycyjnego transportu: Rachunek sumienia

Emisje gazów cieplarnianych (GHG)

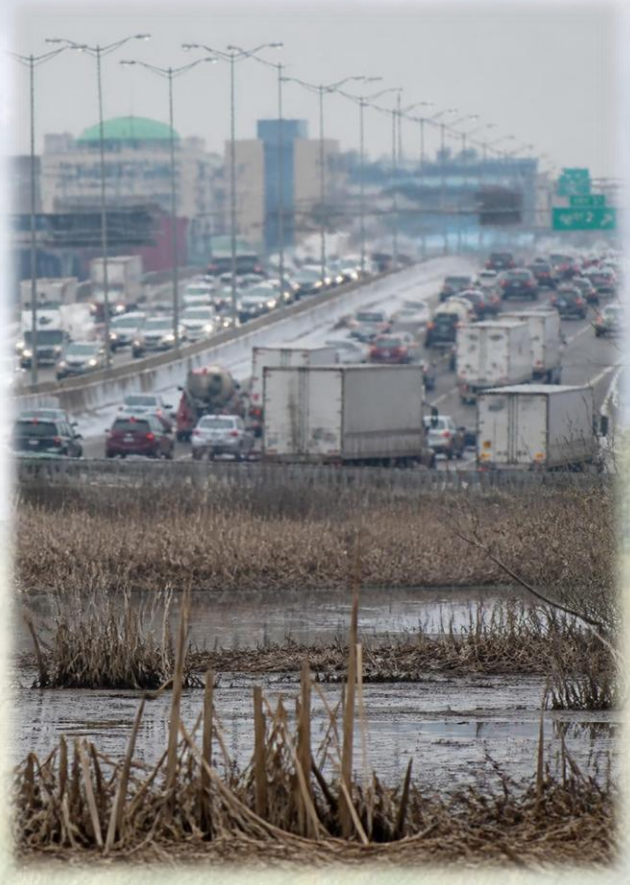
Transport odpowiada za ok. 25% całkowitych emisji CO_2 w Unii Europejskiej, z czego transport drogowy generuje ponad 70% tej puli, utrudniając realizację celów klimatycznych.

Smog i pyły

Tlenki azotu (NOx) oraz aerozole atmosferyczne (PM2.5, PM10) generowane z rur wydechowych, ścierania opon i klocków hamulcowych są bezpośrednią przyczyną chorób układu krążenia i oddechowego.

Fragmentacja krajobrazu i hałas

Przecinanie szlaków migracyjnych zwierząt przez infrastrukturę drogową oraz przewlekły stres akustyczny obniżający jakość życia w aglomeracjach.



Środowisko - LCA

Emisja lokalna

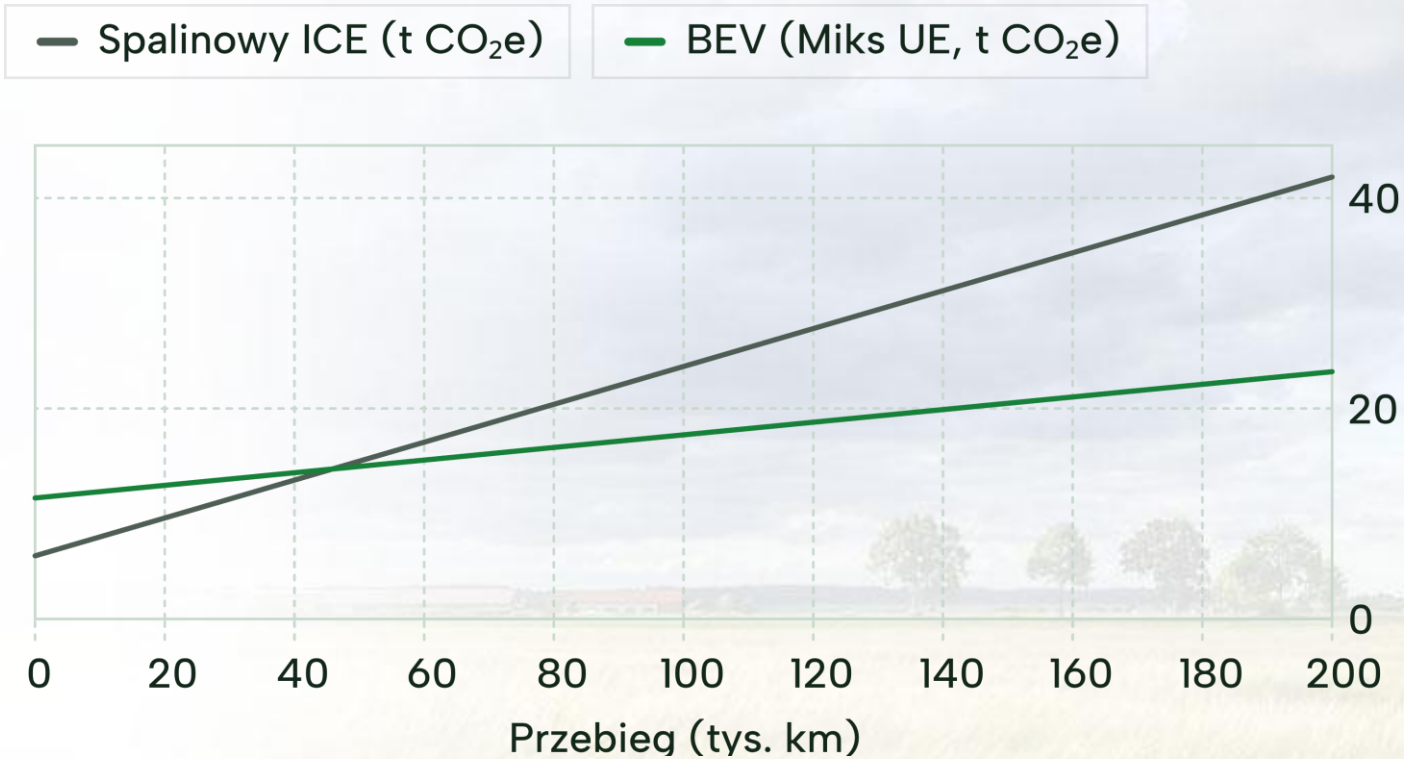
To, co powstaje w miejscu użytkowania pojazdu.

Emisja w cyklu życia

Produkcja + energia/paliwo + użytkowanie + koniec życia.

emisja lokalna ≠ wpływ w całym cyklu życia

Środowisko - LCA



Produkcja baterii wiąże się ze znacznym początkowym śladem CO_2, lecz w fazie eksploatacji auto elektryczne szybko zyskuje bezwzględną przewagę środowiskową.

Punkt zwrotu

Dług węglowy spłacany po ok. 45–55 tys. km w warunkach średniego europejskiego miksu energetycznego.

I znów Człowiek

1 osoba

4 osoby

transport zbiorowy

BUS

Wpływ / pasażera

zależy od obłożenia, stylu użytkowania, prędkości i liczby podróży

WYBÓR

czym jadę?

OBŁOŻENIE

ile osób?

UŻYTKOWANIE

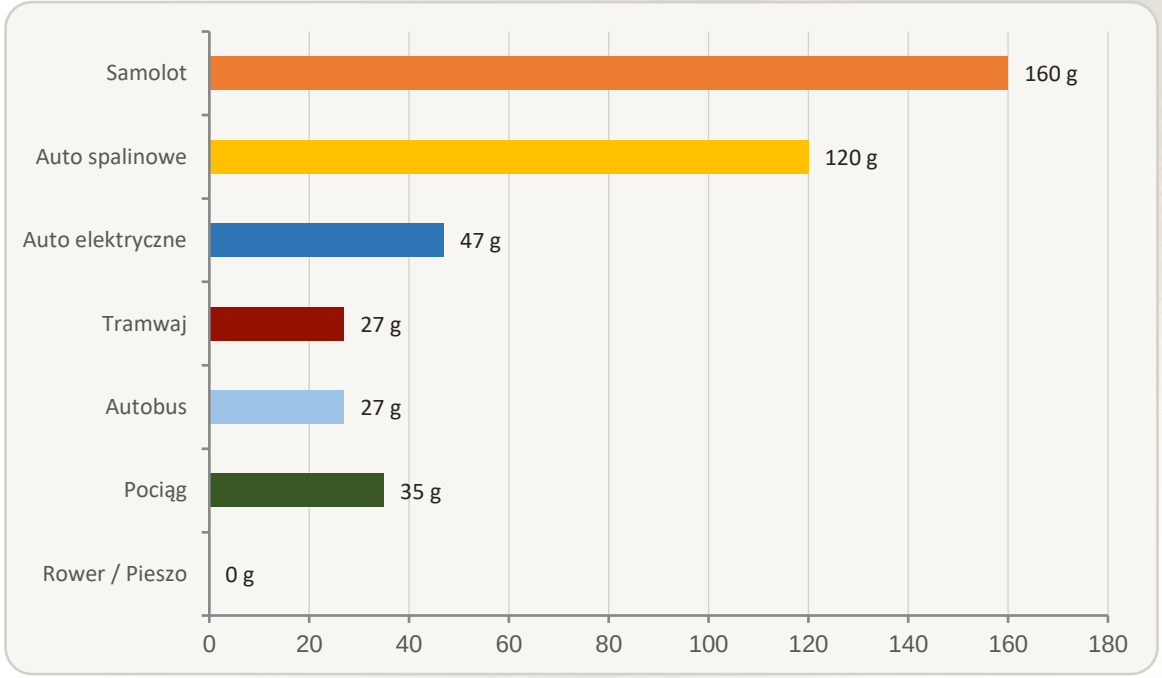
jak i jak często?

emisja na pojazd ≠ emisja na pasażera

I znów Człowiek

g CO_2e / pasażerokilometr

1 pasażerokilometr = przewiezienie 1 osoby na odległość 1 km



Dane przykładowe: Wyniki różnią się między krajami i zależą m.in. od miksu energii oraz obłożenia.

Mikromobilność : Ostatnia mila bez spalin

60%

Podróży miejskich nie przekracza dystansu 5 km.

Rower tradycyjny

Najefektywniejszy energetycznie środek transportu na dystansach do 5-10 km.

Urządzenia transportu osobistego (UTO)

Hulajnogi i e-skutery jako uzupełnienie transportu.

Miasto 15-minutowe

Model urbanistyczny gwarantujący dostęp do kluczowych usług w zasięgu krótkiego spaceru lub przejażdżki.

Źródło danych: UK Government DESNZ (2022), zestawienie Our World in Data.

Paradoks efektywności

Efekt odbicia (rebound effect)

Gdy poprawa efektywności obniża koszt lub zwiększa wygodę, część oszczędności może zostać „zjedzona” przez wzrost wykorzystania.

Czy milion bardziej efektywnych samochodów oznacza automatycznie bardziej zrównoważony system?

Jak szukać ekologicznego transportu?

AVOID

UNIKAJ / REDUKUJ

zbędne przejazdy • długość podróży

SHIFT

ZMIENIAJ

na efektywniejsze sposoby mobilności

IMPROVE

ULEPSZAJ

pojazdy • napędy • efektywność

Nie jedno rozwiązanie — kombinacja zmian społecznych, infrastrukturalnych i technologicznych.

Co możesz zrobić już dziś?

01 Wybieraj rower lub pieszo

Na dystansach do 5 km to najszybsza i najczystsza opcja w mieście.

0 g CO_2

02 Jeźdź pociągiem

Na trasach międzymiastowych kolej emituje 4× mniej CO_2 niż auto.

35 g/km

03 Korzystaj z transportu publicznego

Autobus, tramwaj, metro – 1 pojazd zastępuje dziesiątki aut.

27 g/km

04 Carpooling – jedź z innymi

4 osoby w aucie = emisja zbliżona do pociągu na osobę.

45 g/km

05 Planuj trasy

Mniej kilometrów = mniej emisji. Łącz sprawunki, pracuj zdalnie gdy możesz.

-30% km

06 Auto elektryczne

Jeśli musisz mieć auto – BEV emituje 2,5× mniej CO_2 niż spalinowe.

47 g/km

Podsumowanie

Czy istnieje całkowicie ekologiczny transport?

1. Oceniaj cały cykl życia, nie tylko emisje podczas jazdy.
2. Uwzględniaj sposób użytkowania i liczbę pasażerów.
3. Analizuj system mobilności — energię, infrastrukturę i przestrzeń.

Ekologiczny transport zaczyna się od pytania: jak zapewnić mobilność przy możliwie małym oddziaływaniu na środowisko?

Dziękuję za Uwagę!