

Nawierzchnie o układzie warstw „perpetual” jako istotny element zrównoważonego rozwoju infrastruktury drogowej

Karolina Pełczyńska

Agata Grajewska

28.11.2024



**Zrównoważony
rozwój
infrastruktury
drogowej**

Kluczowe elementy ...



Aspekty środowiskowe

- **Stosowanie zrównoważonych materiałów budowlanych:**
wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu (np. destrukta asfaltowy, kruszywa z odzysku), zmniejszenie emisji CO₂ podczas produkcji i transportu materiałów oraz eksploatacji i utrzymania dróg.
- **Ochrona zasobów naturalnych (wodnych i surowcowych)**
- **Minimalizacja wpływu na ekosystemy**
- **Zmniejszenie wysp ciepła**
- **Wykorzystywanie energii odnawialnej**





Adaptacja do zmian klimatycznych

28.11.2024

Kongres Drogowy 2024

- **Efektywne odwodnienie**
- **Projektowanie konstrukcji nawierzchni odpornych na ekstremalne warunki pogodowe**
- **Stosowanie materiałów odpornych na deformacje i niszczące działanie wody**





Aspekty ekonomiczne

- **Projektowanie nawierzchni o dłuższej żywotności**
- **Optymalizacja kosztów z uwzględnieniem kosztów całego cyklu życia drogi (Life Cycle Cost Analysis)**
- **Innowacyjne technologie**
- **Wsparcie lokalnych gospodarek**





Aspekty społeczne

- **Bezpieczeństwo ruchu**
- **Dostępność dla wszystkich**
- **Minimalizacja hałasu i zanieczyszczenia powietrza**
- **Ograniczanie strat czasu**

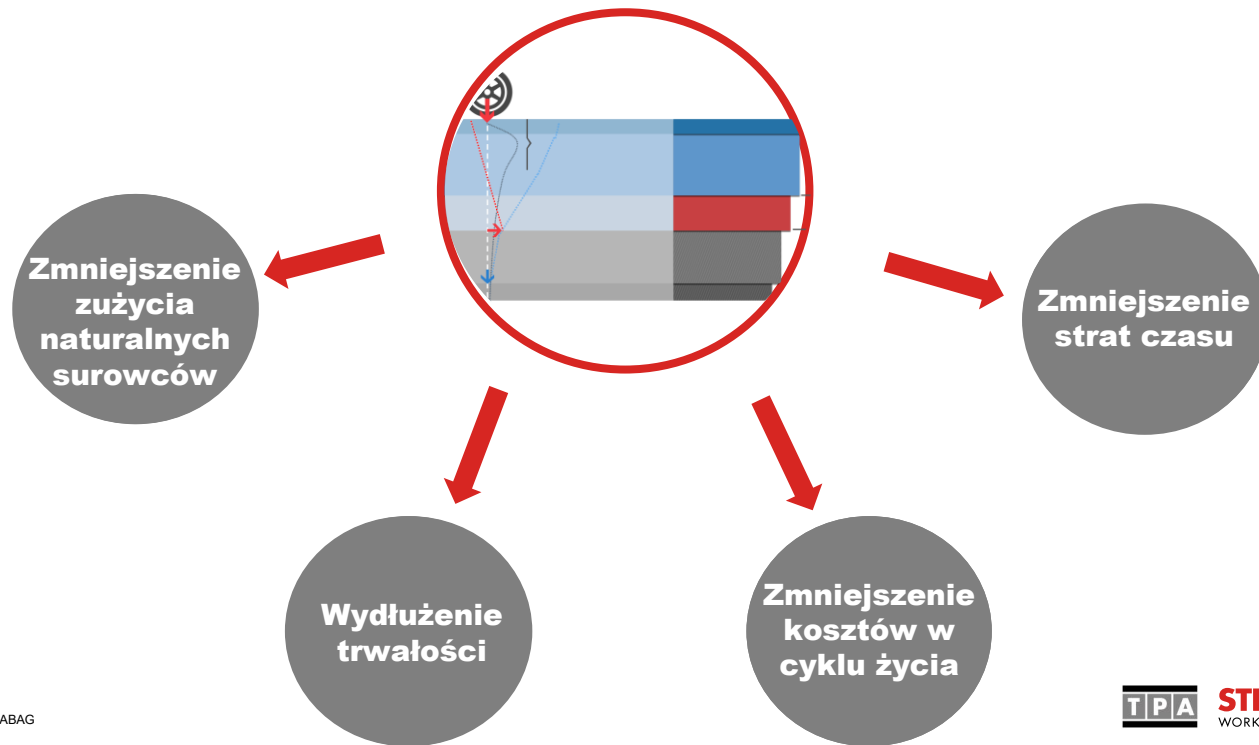




Zrównoważony rozwój infrastruktury drogowej

**wymaga holistycznego podejścia, które integruje
wszystkie wymienione elementy w celu
zapewnienia trwałości i minimalizacji
negatywnego wpływu na środowisko i społeczeństwo.**





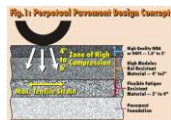


Nawierzchnia długowieczna



lit. e.g.: Newcomb at all, 2000

Nawierzchnie o układzie warstw „perpetual”



2000

2008

2013

2014

2015

2016

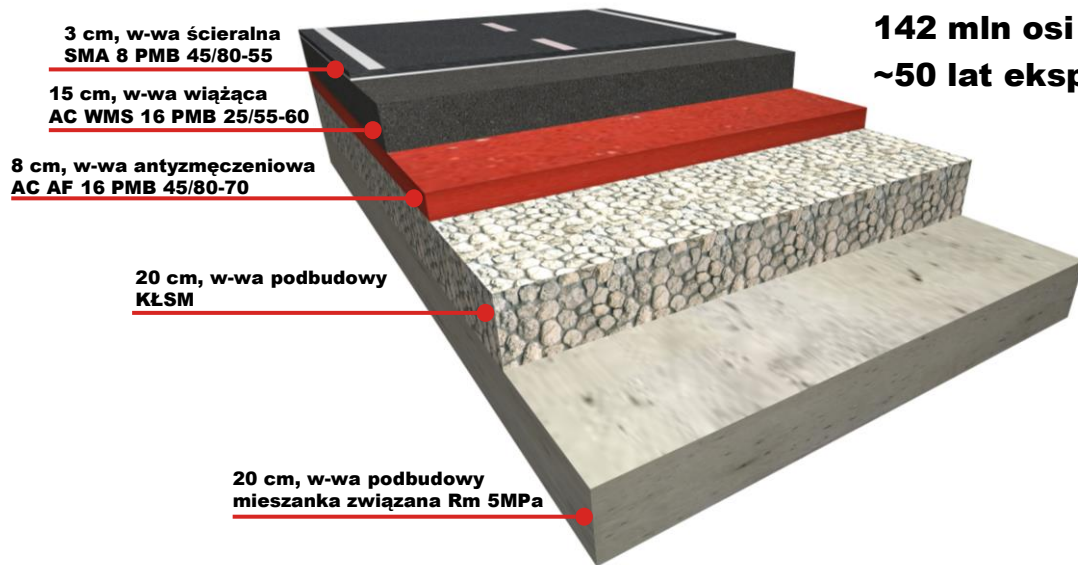
...

2024

Droga ekspresowa S8 Opacz-Paszków



Konstrukcja nawierzchni na S8 Opacz-Paszków

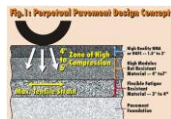


**142 mln osi stand. 100kN
~50 lat eksploatacji**

Wbudowanie warstwy antyzmęczeniowej



Nawierzchnie o układzie warstw „perpetual”



2000

2008

2013

2014

2015

2016

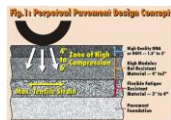
...

2024

Oddanie nawierzchni długowiecznej do eksploatacji 2015r.



Nawierzchnie o układzie warstw „perpetual”



2000

2008

2013

2014

2015

2016

...

2024

Wybrane nawierzchnie długowieczne



EFRA



TRASA NOWOHUCKA



KOSZALIN – USTRONIE MORSKIE

KOMORNIKI – KRZESINY
ODCINKI PRZEJŚCIOWE

CSORNA – SOPRON



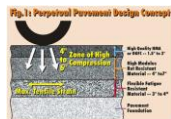
KRAŚNIK – JANÓW LUBELSKI



BÓLY - IVÁNDÁRDA



Nawierzchnie o układzie warstw „perpetual”



2022



2000

2008

2013

2014

2015

2016



2024



High-performance Asphalt Pavements – adapting for future road networks



EAPA Technical Review

Kongres Drogowy 2024

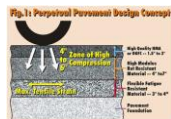
Rekomendacje EAPA



TPA

STRABAG
WORK ON PROGRESS

Nawierzchnie o układzie warstw „perpetual”



2022



2000

2008

2013

2014

2015

2016



2024

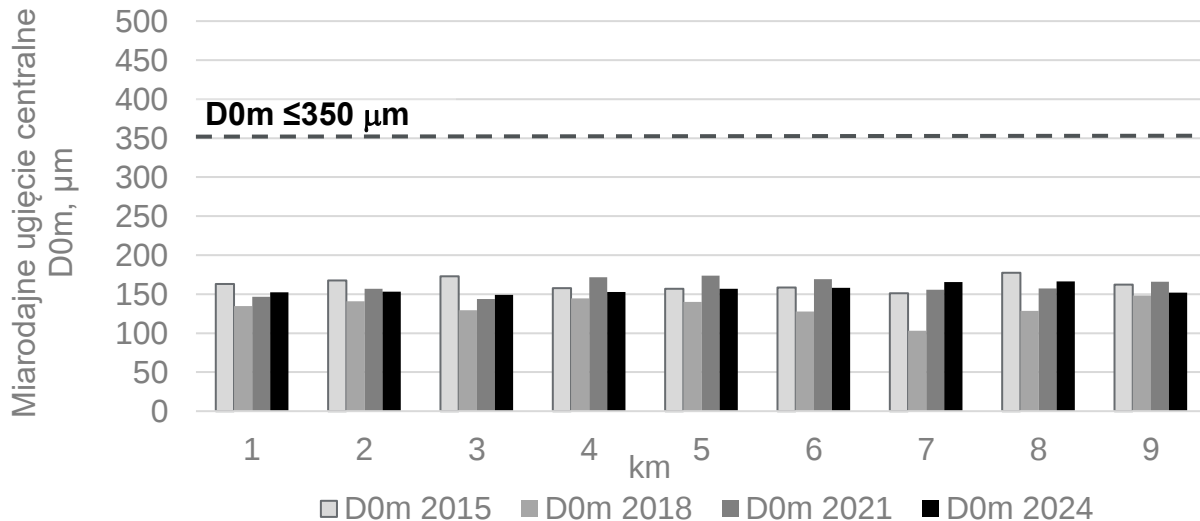


Nawierzchnia długowieczna S8 Opacz-Paszków po 9 latach eksploatacji

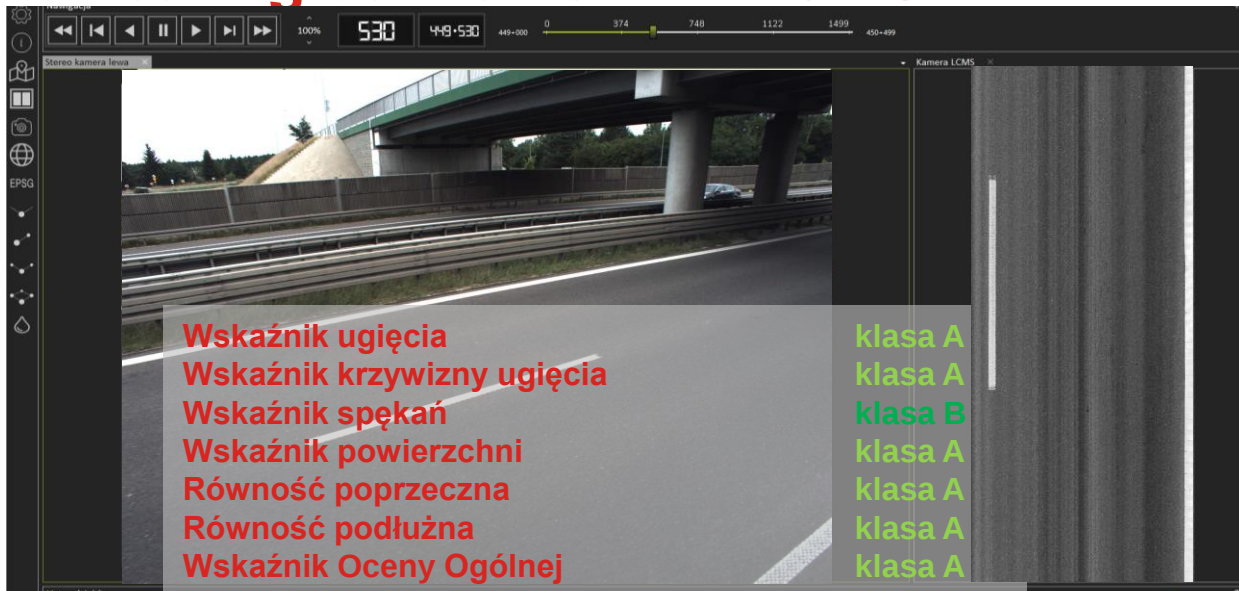
TPA

STRABAG
WORK ON PROGRESS

S8 Opacz-Paszków, ugięcie centralne D0m



Monitoring nawierzchni - LCMS



Porównanie pozostałej trwałości nawierzchni długowiecznej & tradycyjnej

Warstwa		Nawierzchnia długowieczna	Nawierzchnia tradycyjna
Warstwy asfaltowe	ścieralna	3.0 cm	4.0 cm
	wiążąca	15.0 cm	8.0 cm
	podbudowa	8.0 cm - AC AF 16 PMB 45/80-70 SM	19.0 cm - AC 22 P 35/50
	Suma	26 cm	31 cm
Natężenie ruchu do roku 2024		16 mln osi stand. 100kN	15 mln osi stand. 100kN

Nawierzchnia długowieczna & tradycyjna

Analiza wsteczna



Warstwa	Nawierzchnia długowieczna	Nawierzchnia tradycyjna
Warstwy asfaltowe (13°C)	8 822 MPa	7 113 MPa
Podbudowa z KŁSM	684 MPa	411 MPa
Dolne warstwy konstrukcji i ulepszonego podłoża	247 MPa	130 MPa

Obliczenia pozostałej trwałości

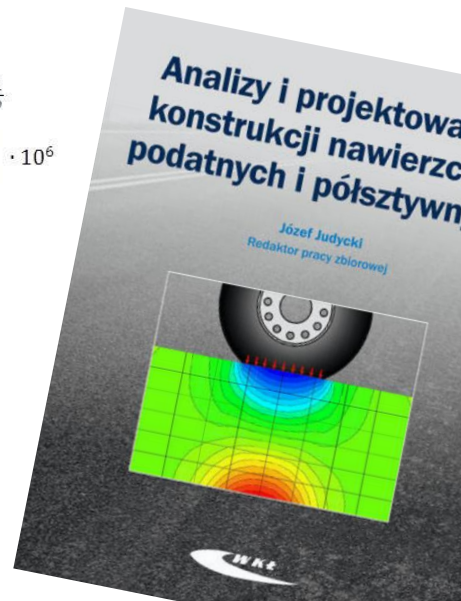
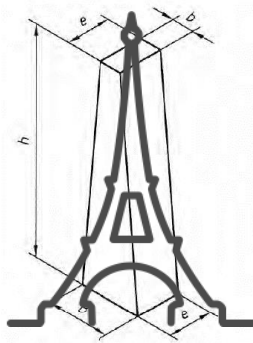
Metoda AASHTO 2004 & Metoda Francuska

$$N_f = 0.00432 \times k_1' \times C \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{3.291} \left(\frac{1}{E} \right)^{0.854}$$

$$C = 10^M$$

$$M = 4.84 \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.69 \right)$$

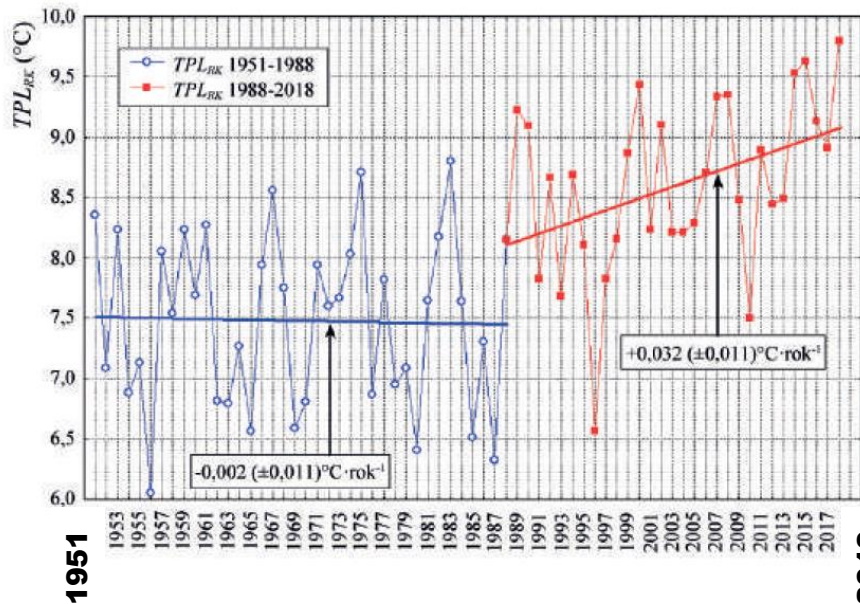
$$NE = \left(\frac{\epsilon_{t,ad}}{\epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \cdot \left[\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})} \right]^{0.5} \cdot k_\gamma \cdot k_c \cdot k_s} \right)^{\frac{1}{b}} \cdot 10^6$$



Porównanie pozostałej trwałości nawierzchnia długowieczna & tradycyjna

Warstwa	Nawierzchnia długowieczna	Nawierzchnia tradycyjna
Trwałość zmęczeniowa ze względu na deformacje trwałe [mln osi stand. 100kN]	511	248
Trwałość zmęczeniowa ze względu na spękania warstw asfaltowych [mln osi stand. 100kN] Metoda Francuska	250	28
Trwałość zmęczeniowa ze względu na spękania warstw asfaltowych [mln osi stand. 100kN] Metoda AASHTO 2004	433	88

Przebieg rocznej obszarowej temperatury powietrza nad Polską

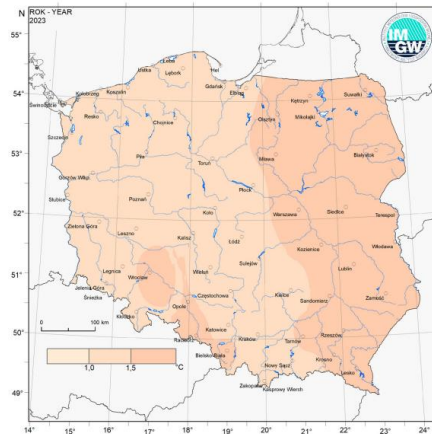


Źródło: A. A. Marsz, A. Styczyńska: Skala i przyczyny zmian temperatury najcieplejszych miesięcy roku nad obszarem polski po roku 1988

Porównanie pozostałej trwałości Nawierzchnia długowieczna vs tradycyjna



**Co by było, gdyby od tej pory poziom
temperatury wynosił tyle, ile w 2023 roku
w Warszawie?**



Źródło: IMGW



STRABAG
WORK ON PROGRESS

Porównanie pozostałej trwałości Nawierzchnia długowieczna vs tradycyjna

Warstwa	Nawierzchnia długowieczna	Nawierzchnia tradycyjna
Trwałość zmęczeniowa ze względu na deformacje trwałe [mln osi stand. 100kN]	365 ↓ 29%	182 ↓ 27%
Trwałość zmęczeniowa ze względu na spękania warstw asfaltowych [mln osi stand. 100kN] Metoda Francuska	236 ↓ 6%	26 ↓ 9%
Trwałość zmęczeniowa ze względu na spękania warstw asfaltowych [mln osi stand. 100kN] Metoda AASHTO 2004	373 ↓ 14%	77 ↓ 14%

2023r

Nawierzchnie tradycyjne, które do tej pory spełniały swoje zadanie, w następnych latach mogą być niewystarczające (obniżenie trwałości zmęczeniowej od 6% do 29% już przy założeniu wartości temp. z 2023r – temp. będą rosnać).

Samo zwiększanie grubości pakietu warstw asfaltowych nie gwarantuje najlepszych wyników trwałości zmęczeniowej.

Musimy projektować i budować zweryfikowane nawierzchnie długowieczne, z dużym zapasem trwałości zmęczeniowej, które będą uwzględniały zmiany klimatu.

**Dziękuję za
uwagę.**