

Warsaw, 22 - 23 October 2025

II MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA
Nowoczesne nawierzchnie drogowe - recykling i dekarbonizacja

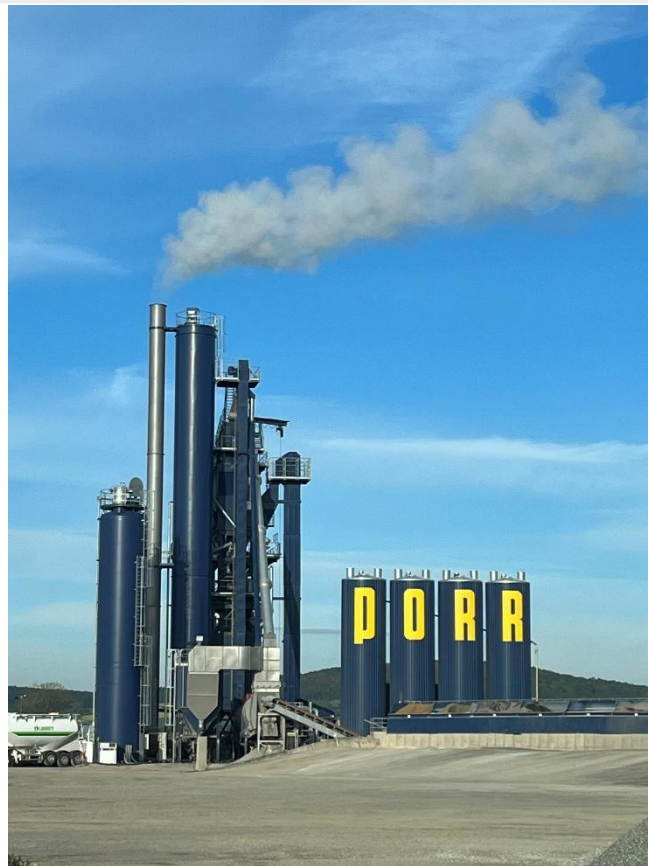
II INTERNATIONAL CONFERENCE
Modern road pavements - recycling and decarbonization

**Koncepcja mieszanki betonu asfaltowego o zredukowanej emisji
CO₂ z dodatkiem włókien węglowych pozyskanych z recyklingu
łopat turbin wiatrowych**

Aleksandra Szyller-Zagrodnik

Agenda:

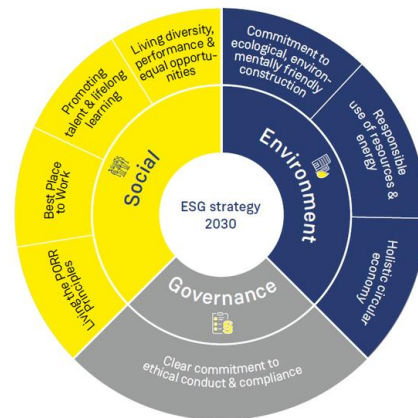
1. Strategia ESG PORR S.A.
2. Możliwości obniżenia CO₂ przy produkcji MMA
3. Problem utylizacji łopat turbin wiatrowych
4. Wpływ włókien na właściwości nawierzchni asfaltowych
5. Koncepcja PORR
6. Podsumowanie



Warsaw, 22 - 23 October 2025

Wsparcie strategii ESG Grupy PORR

Responsible use of resources & energy	DECARBONISATION	Reduce emissions by 2030	Alternative fuels and electrification of construction equipment, machinery & vehicle fleet	ESRS E1
			Energy transition with green electricity	ESRS E1
			Climate-friendly properties	ESRS E1
			Optimised mixing processes	ESRS E1
			Lower-emission materials & transport	ESRS E1
			Waste: Avoid - reduce - recycle	ESRS E1
Holistic circular economy	CIRCULARITY	Develop the value of resources into a value cycle	Extend the life cycle of operating resources	ESRS E1
			Research and innovation projects for circular economy	ESRS E5
			Introduce digital tools to measure and control material and waste flows on the construction site	ESRS E5
			Roll out work instructions for efficient use of resources and choice of disposal company	ESRS E5
			Improve resource utilisation and choice of disposal company	ESRS E5
			Expand PORR's internal recycling	ESRS E5
		SUPPLY CHAIN	Roundtables with suppliers on the circular economy	ESRS E5
			Revise sustainability criteria for procurement and recyclability	ESRS E5
			Improve supplier-related data	ESRS E5



Najpopularniejsze sposoby ograniczenia emisji CO₂ wynikającej z produkcji MMA:

 Technologia WMA (Warm Mix Asphalt)

 Recykling nawierzchni asfaltowych

 Spienianie asfaltu wodą

 Zielony wodór jako paliwo



Technologia	Redukcja CO ₂	Dodatkowe korzyści	Wady
WMA	20-40%	Mniejsze zużycie energii, bardziej komfortowe warunki dla pracowników	Trzeba trzymać reżim technologiczny, by nie dopuścić do zbyt dużego wystudzenia mieszanki, należy uwzględnić dodatki lub aśfalt WMA w recepturze, niechęć Zamawiających do nowych Technologii
Recykling asfaltu	do 30% materiału (ciężko przeliczyć na CO ₂)	Mniejsze zużycie nowych surowców, zapobieganie tworzeniu odpadów	Ograniczenia ilościowe w zależności od technologii (na zimno/na gorąco) może brakować surowca na rynku
Spienianie asfaltu	20-30%	Lepsze otaczanie kruszywa, mniejsze zużycie paliwa	Niezbędna jest specjalna instalacja do spieniania asfaltu przy produkcji
Zielony wodór lub paliwa alternatywne	do 100%	Redukcją zużycia energii elektrycznej o 20%, zmniejszeniem emisji hałasu o 5 dB	Technologia, droga, mało popularna, jeszcze nie sprawdzona na polskim rynku

Problem utylizacji łopat turbin wiatrowych

Metoda recyklingu	Opis	Zalety	Wady / Ograniczenia	Częstotliwość stosowania
Składowanie na wysypiskach	Łopaty są deponowane na składowiskach odpadów.	Najprostsza i najtańsza metoda.	Nieekologiczna, zajmuje dużo miejsca, brak odzysku materiałów.	40-50 %
Spalanie w cementowniach	Łopaty są rozdrabniane i spalane jako paliwo alternatywne.	Redukcja odpadów, odzysk energii, wykorzystanie popiołu w produkcji cementu.	Emisje CO ₂ , utrata wartościowych materiałów (np. włókien).	25-30 %
Recykling mechaniczny	Rozdrabnianie łopat i wykorzystanie jako wypełniacz w materiałach budowlanych.	Niskie koszty, możliwość lokalnego przetwarzania.	Ograniczone zastosowanie, pogorszenie właściwości materiału.	10-15 %
Recykling chemiczny (np. piroliza)	Termiczny rozkład materiałów kompozytowych w celu odzysku surowców.	Odzysk włókien i surowców chemicznych, mniejsze zanieczyszczenie.	Wysokie koszty, złożony proces technologiczny.	5-10 %
Upcykling / ponowne wykorzystanie	Wykorzystanie łopat jako elementów konstrukcyjnych (mosty, wiaty, itp.).	Wysoka wartość dodana, kreatywne zastosowania, brak potrzeby rozdrabniania.	Ograniczona skala, zależna od lokalnych projektów i popytu.	5-10 %
Nowe technologie (np. kompozyty termoplastyczne)	Produkcja łopat z materiałów łatwiejszych do recyklingu.	Możliwość pełnego recyklingu w przyszłości.	Wciąż w fazie badań i wdrażania, ograniczona dostępność.	<1 %

Wpływ włókien na właściwości nawierzchni asfaltowych:

- Włókna działają jak mikrobrojenie, podobnie jak w betonie.
- Zwiększają moduł sztywności, odporność na pękanie, wytrzymałość na rozciąganie i odporność na wodę.
- W niektórych przypadkach mogą wydłużyć żywotność nawierzchni o kilka lat.
- Koszty dodania włókien mogą być wyższe, ale opłacalne w miejscach o dużym obciążeniu ruchem.

Typ materiału	Charakterystyka i zalety	Wpływ na mma
Polipropylenowe (PP)	Syntetyczne, lekkie, odporne na wilgoć i chemikalia	Zwiększenie odporności na spękania, poprawa elastyczności, redukcja koleinowania
Szklane	Wysoka wytrzymałość na rozciąganie, odporność na temperaturę.	Poprawa trwałości i nośności, odporność na zmęczenie i deformacje trwałe
Stalowe.	Ciężkie, bardzo wytrzymałe mechanicznie	Poprawa nośności nawierzchni, odporność na obciążenia dynamiczne
Karbonowe (węglowe).	Bardzo lekkie, sztywne, odporne na korozję	Zwiększenie sztywności i trwałości, odporność na zmęczenie
Aramidowe (Kevlar)	Bardzo lekkie, odporne na temperaturę	Zwiększenie odporności na pękanie niskotemperaturowe, poprawa trwałości
Naturalne (len, juta)	Ekologiczne, dostępne lokalnie	Umiarkowana poprawa właściwości mechanicznych, niższa trwałość w systemie
Poliolefinowe	Syntetyczne, stosowane w mieszankach z aramidem	Poprawa trwałości i nośności, odporność na wodę i mróz

Koncepcja mieszanki betonu asfaltowego o zredukowanej emisji CO₂ z dodatkiem włókien węglowych pozyskanych z recyklingu łopat turbin wiatrowych

Technologia WMA + Recykling odpadu WW + Zwiększenie trwałości



Innowacyjna nawierzchnia drogowa o obniżonym śladzie węglowym

Zadanie 1. Optymalizacja zawartości dodatku WMA

Zadanie 2. Optymalizacja zawartości włókien węglowych pochodzących z recyklingu łopat turbin wiatrowych w mieszankach mineralno-asfaltowych.

Zadanie 3. Ocena parametrów mm-a z asfaltem WMA i włókien węglowych

Zadanie 4. Walidacja właściwości wybranej mieszanki z dodatkiem włókna węglowego z recyklingu oraz dodatku WMA lub asfaltu WMA na odcinkach próbnych



Badania mieszanek mineralno-asfaltowych

ponad 500 badań do tej pory
podstawowe badania mma, w ramach pierwszych 2 zadań

Badania asfaltu

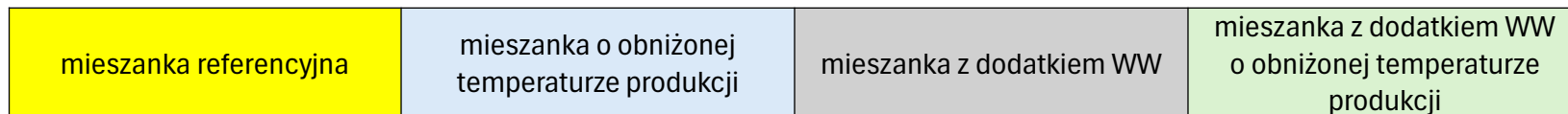
badania reologiczne zapraw asfaltowych z dodatkiem włókien
w wybranych temperaturach i przy ich różnym udziale
objętościowym włókien

Badania włókien

Badania powierzchni właściwej, rozmiar, przekrój



Odcinki doświadczalne w 4 różnych wariantach



4 x 150 m, szerokość 5 m
grubość 12-18 cm

Możliwość obserwacji zaprojektowanej mieszanki w naturalnych warunkach użytkowania.

Badania emisji i ilości spalania

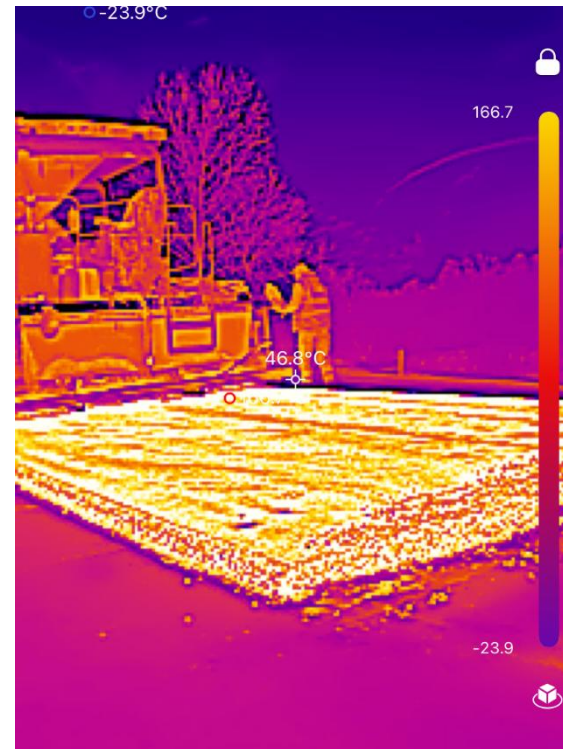
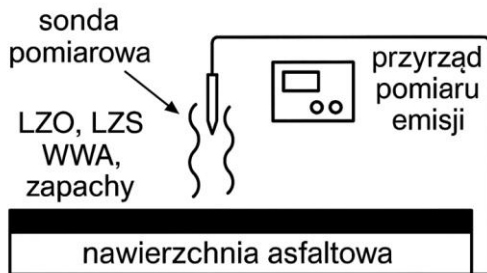
- pomiary emisji pyłu,
- dwutlenku siarki,
- tlenku węgla,
- tlenków azotu
- zawartość pyłu PM10 PM2,5



Badania emisji i temperatury w trakcie układania

- lotne związki organiczne,
- lotne związki siarki,
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne
- zapachy

Schemat pomiaru emisji podczas układania nawierzchni asfaltowych



Innowacyjna nawierzchnia drogowa o obniżonym śladzie węglowym

- Obniżenie emisji CO₂ podczas produkcji mieszanki
- Zwiększenie trwałości i wytrzymałości konstrukcji asfaltowych
- Poprawienie warunków pracy dzięki niższym temperaturom technologicznym





Fundusze Europejskie
dla Nowoczesnej Gospodarki



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE
1955 - 2025

Dziękuję
laboratorium@porr.pl



mrp25.ibdim.edu.pl

Warsaw, 22 - 23 October 2025