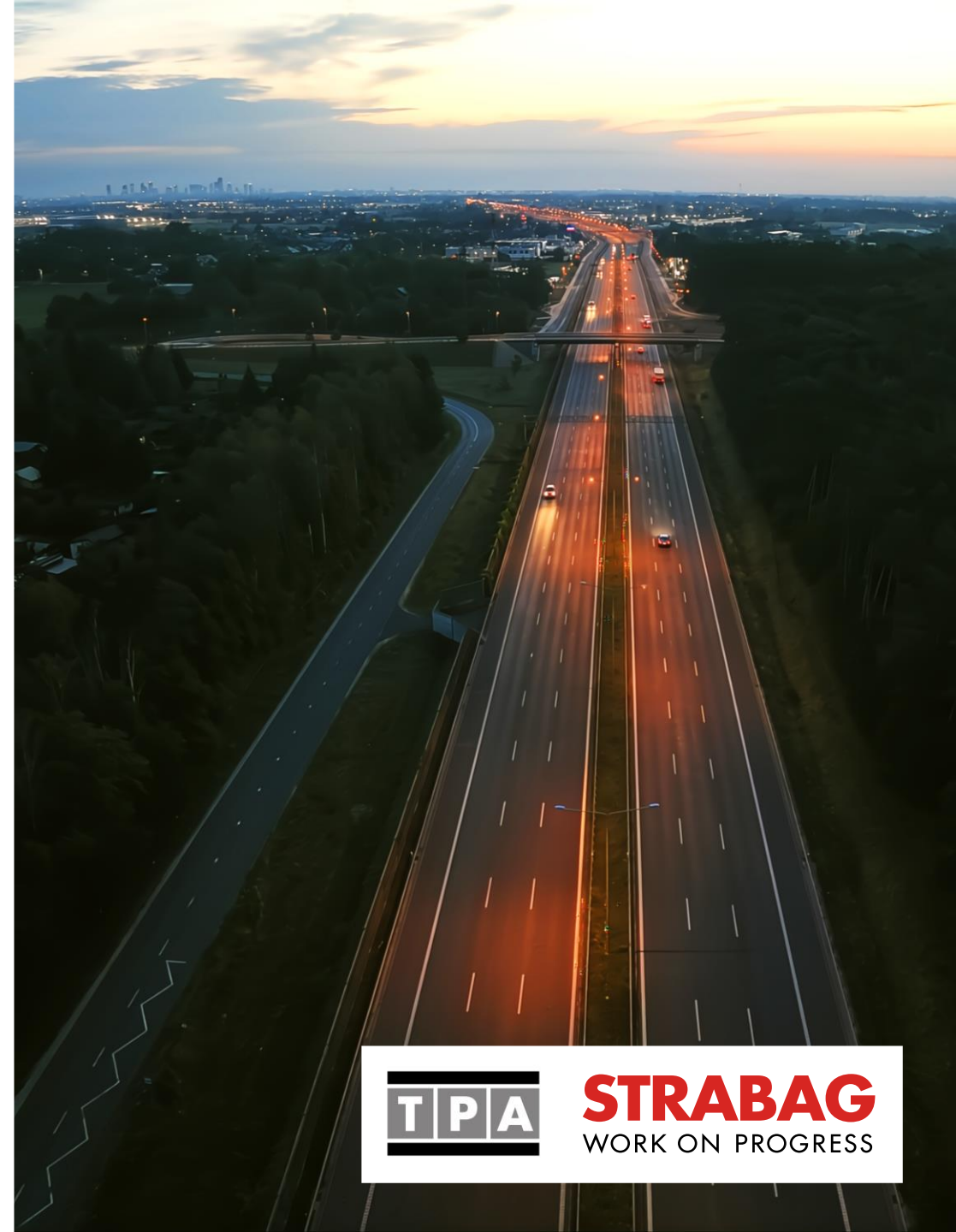


Koncepcja rozwoju infrastruktury komunikacyjnej zgodnie z założeniami Resilient Infrastructure

dr inż. Karolina Pełczyńska
dr inż. Gabriel Skronka
dr inż. Aleksander Zborowski
26.03.2025



STRABAG
WORK ON PROGRESS

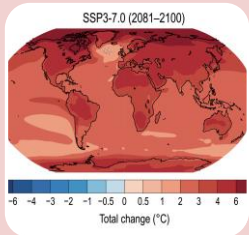
**ODPORNÓŚĆ (RESILIENCE) TO ZDOLNOŚĆ SYSTEMU, SPOŁECZNOŚCI LUB SPOŁECZEŃSTWA
NARAŻONEGO NA NIEBEZPIECZNE ZDARZENIE, TREND LUB ZAKŁÓCENIE, DO:**

**PRZECIWSTRAWIENIA SIĘ, POCHŁANIANIA, DOSTOSOWANIA, ADAPTACJI, PRZEKSZTAŁCANIA,
UCZENIA SIĘ ORAZ ODBUDOWY PO SKUTKACH TYCH ZDARZEŃ**

**W SPOSÓB TERMINOWY I EFEKTYWNY, PRZY JEDNOCZESNYM ZACHOWANIU ICH
PODSTAWOWYCH FUNKCJI, TOŻSAMOŚCI I STRUKTURY.**

DEFINICJA PIARC

Wyzwania nowoczesnej infrastruktury drogowej



**Wzrost
temp.**

**Zmiany w
opadach**

**Zwiększona
częst. i
nasilenie
ekstr.
zjawisk**

**Wpływ na
środowisko**

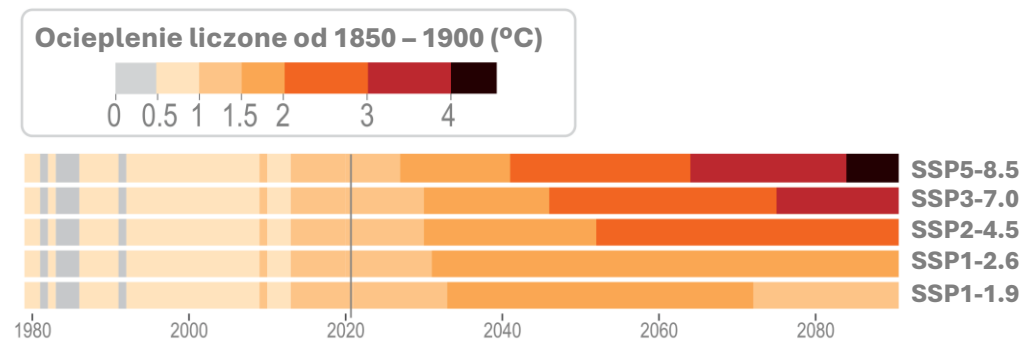
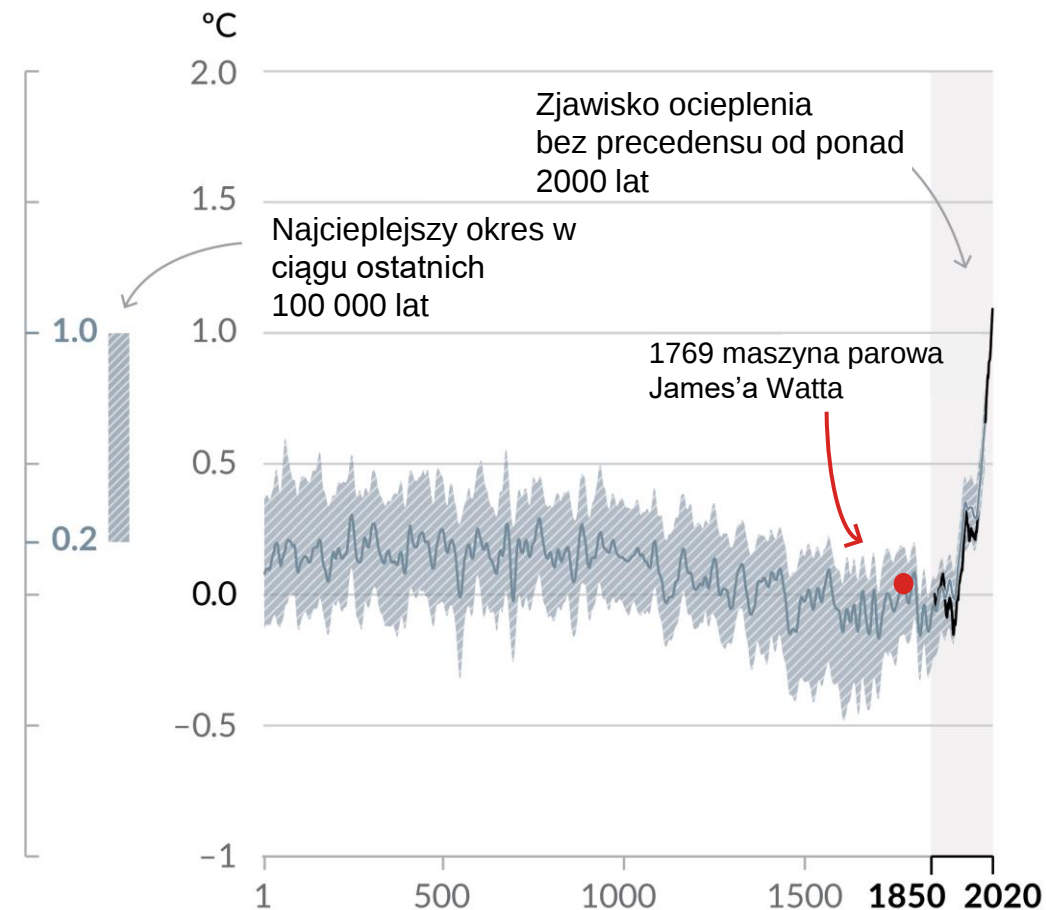
**Wzrost
urbanizacji i
presji na
infr.**

**Starzenie
się
istniejącej
infr.**

**Bariery
finansowe i
instyt.**

**Potrzeba
innow.
technologii**

Wzrost temperatury



ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Czynniki klimatyczne

Ciepłota

Zalanie

Susza

Recykling

Budownictwo

Osoby niepełnosprawne

Finanse

Innowacje

5

Potrzeba adaptacji do rosnących temp.

Zmiana charakteru opadów

Ekstremalne zjawiska

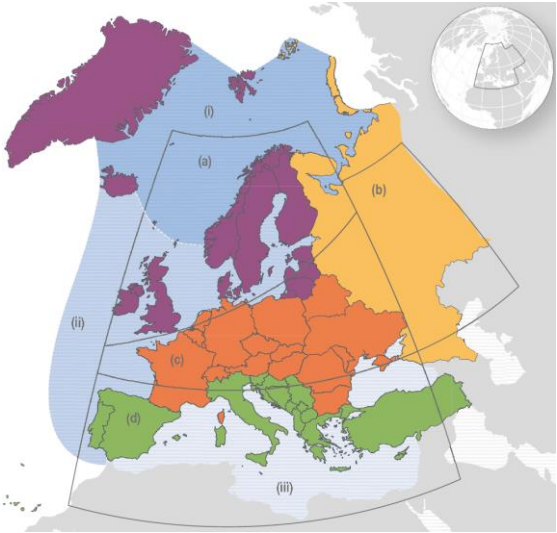
Wpływ na środowisko

Wzrost urbanizacji i presji na infrastrukturę

Starzenie się istniejącej infrastruktury

Barierę finansowe i instytucjonalne

Potrzeba innowacji



Zachodnia i Środkowa Europa (WCE)

Czynnik kształtujący zmiany klimatyczne																								
Gorąco i Zimno		Mokro i sucho					Wiatr		Śnieg i lód				Wybrzeże i ocean											
Średnia temp. powietrza	Fale upałów	Średnia ilość opadów	Powódź rzeczna	Ulewy i powódź związana z deszczem	Osuwiska	Suchość klimatyczna	Susza hydrologiczna	Susza rolnicz i ekologiczna	Warunki sprzyjające pożarom	Średnia prędkość wiatru	Gwałtowna burza wiatrowa	Cyklon tropikalny	Burza piaskowa i pyłowa	Śnieg, lodowiec i pokrywa lodowa	Wieczna zmarzlina	Jezioro, rzeka i wybrzeże morskie	Obfite opady śniegu i burza lodowa	Grad	lawina śnieżna	Względny poziom morza	Powódź wybrzeża	Erozja wybrzeża	Morska fala ciepła	Zakwaszenie oceanu i jezior
Europa																								
Zachodnia i Środkowa Europa (WCE)																								

!!!

!!!

!!!

!!!

!!!

!!!

Wysoka pewność wzrostu

Średnia pewność wzrostu

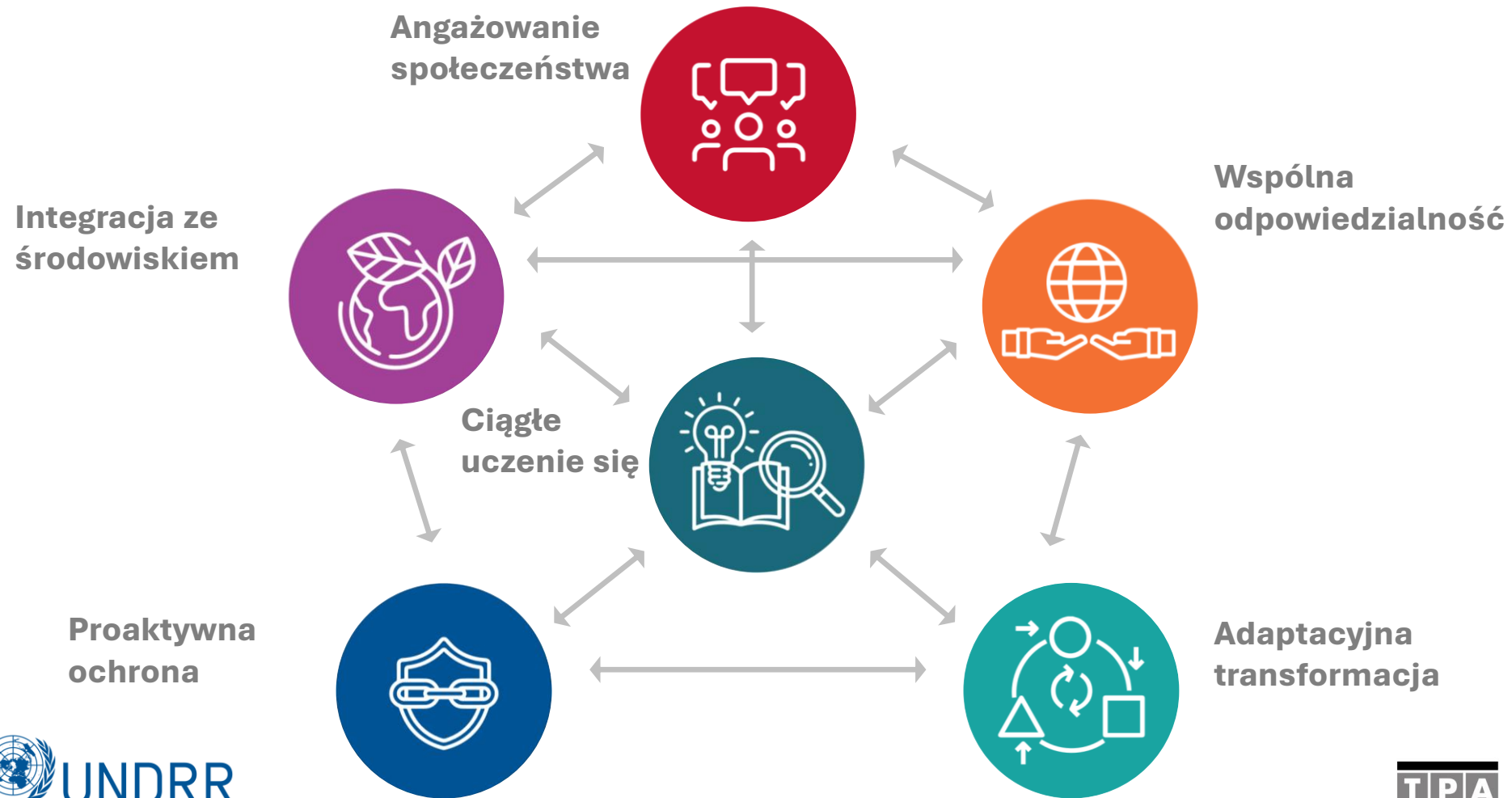
Niska pewność co do kierunku zmian

Średnia pewność spadku

Wysoka pewność spadku

Nie ma szerokiego zastosowania

Podstawowe zasady odpornej infrastruktury





1. Adaptacyjna transformacja

Adaptacyjna transformacja to zdolność infrastruktury do adaptacji i przekształcania się w odpowiedzi na zmieniające się potrzeby i zagrożenia.

Kluczowe działania:

- wybieranie wykonalnych rozwiązań;
- tworzenie zdolności adaptacyjnych;
- rozwijanie elastycznego zarządzania;
- umożliwienie zdolności do transformacji;
- dopuszczenie ludzkiego osądu.

Przykłady

- Identyfikowanie zagrożeń
- Monitoring kluczowych parametrów
- Rozwiązania umożliwiające większą adaptację
- Elementy prefabrykowane i modułowe
- Rozwiązania umożliwiające szybką naprawę nawierzchni
- Ulepszanie systemów po awarii (nauka na błędach, build back better)



2. Proaktywna ochrona

Zasada proaktywnej ochrony dąży do przygotowania infrastruktury na różnorodne i ciągle zmieniające się zagrożenia, zarówno znane, jak i nieprzewidziane.

Kluczowe działania:

- podnoszenie podstawowego poziomu bezpieczeństwa;
- zabezpieczenie krytycznych elementów;
- zapewnienie możliwości bezpiecznej awarii systemów;
- budowanie odporności na wielu poziomach;
- zobowiązanie do utrzymania infrastruktury.

Przykłady

- Nowe metody projektowe (np. MEPDG)
- Dostosowane normy/wytyczne
- Większy margines bezpieczeństwa
- Długoterminowe planowanie utrzymania dróg
- Net resilience gain (każda inwestycja zwiększa odporność systemu)
- Materiały i technologie dostosowane do zmieniających się warunków (np. nawierzchnie długowieczne, dodatki, geosyntetyki)



3. Integracja ze środowiskiem

Zasada integracji środowiskowej uwzględnia rolę środowiska jako rozwiązania i zagrożenia dla usług krytycznych.

Kluczowe działania:

- minimalizacja szkody dla środowiska naturalnego;
- zapewnienie najlepszej współpracy infrastruktury szarej; zielonej i niebieskiej;
- wsparcie decydentów poprzez dostarczanie informacji o ekosystemach;
- utrzymanie naturalnego środowiska, przy jednoczesnej minimalizacji zagrożeń;
- wykorzystywanie lokalnych materiałów.

Przykłady

- Nisko-emisyjne materiały (np. asfalt modyfikowany gumą)
- Nowe standardy (preferencje dla lokalnie dostępnych materiałów oraz lokalnie odzyskanych materiałów odpadowych)
- Redukcja wysp ciepła (np. poprzez wykorzystanie rozwiązań opartych na naturze)



4. Angażowanie społeczeństwa

Zasada angażowania społeczeństwa ma na celu aktywne zaangażowanie społeczności, aby lepiej rozumiały, jak mogą pomóc w zapobieganiu zakłóceniom i reagować na nie.

Kluczowe działania:

- informowanie o zakłóceniach;
- edukowanie społeczeństwa;
- zachęcanie do zmiany zachowań;
- stworzenie współodpowiedzialności za infrastrukturę.

Przykłady

- Wykorzystanie lokalnych doświadczeń i wiedzy do procesu planowania i projektowania infrastruktury
- Angażowanie lokalnych grup w monitorowanie wydajności wdrożonych rozwiązań



5. Wspólna odpowiedzialność

Współodpowiedzialność polega na tym, że interesariusze infrastruktury biorą wspólną odpowiedzialność za odporność infrastruktury, dzieląc się informacjami i wiedzą w celu skoordynowanych korzyści.

Kluczowe działania:

- opracowanie i przestrzeganie wspólnych standardów;
- zarządzanie współpracą;
- ustanowienie współdzielonej odpowiedzialności;
- dzielenie się danymi, wiedzą i praktykami operacyjnymi;
- zapewnienie bezpieczeństwa danych w celu budowania zaufania;
- dzielenie się informacjami o ryzyku i zyskach w celu oceny ryzyka oraz inwestycji w odporność.

Przykłady

- Sprawozdania i raporty dotyczące wdrażania indywidualnych rozwiązań
- Wymiana doświadczeń



6. Ciągłe uczenie się

Zasada ciągłego uczenia zwraca uwagę na trudności w zrozumieniu odporności infrastruktury z powodu jej złożoności i silnych powiązań z innymi systemami i sektorami.

Kluczowe działania:

- weryfikacja założeń dotyczących odporności infrastruktury na potencjalne zagrożenia i ujawnianie słabości systemu;
- monitorowanie i podejmowanie odpowiednich interwencji;
- analiza, nauka i formułowanie usprawnień;
- przeprowadzanie testów w skrajnych warunkach.

Przykłady

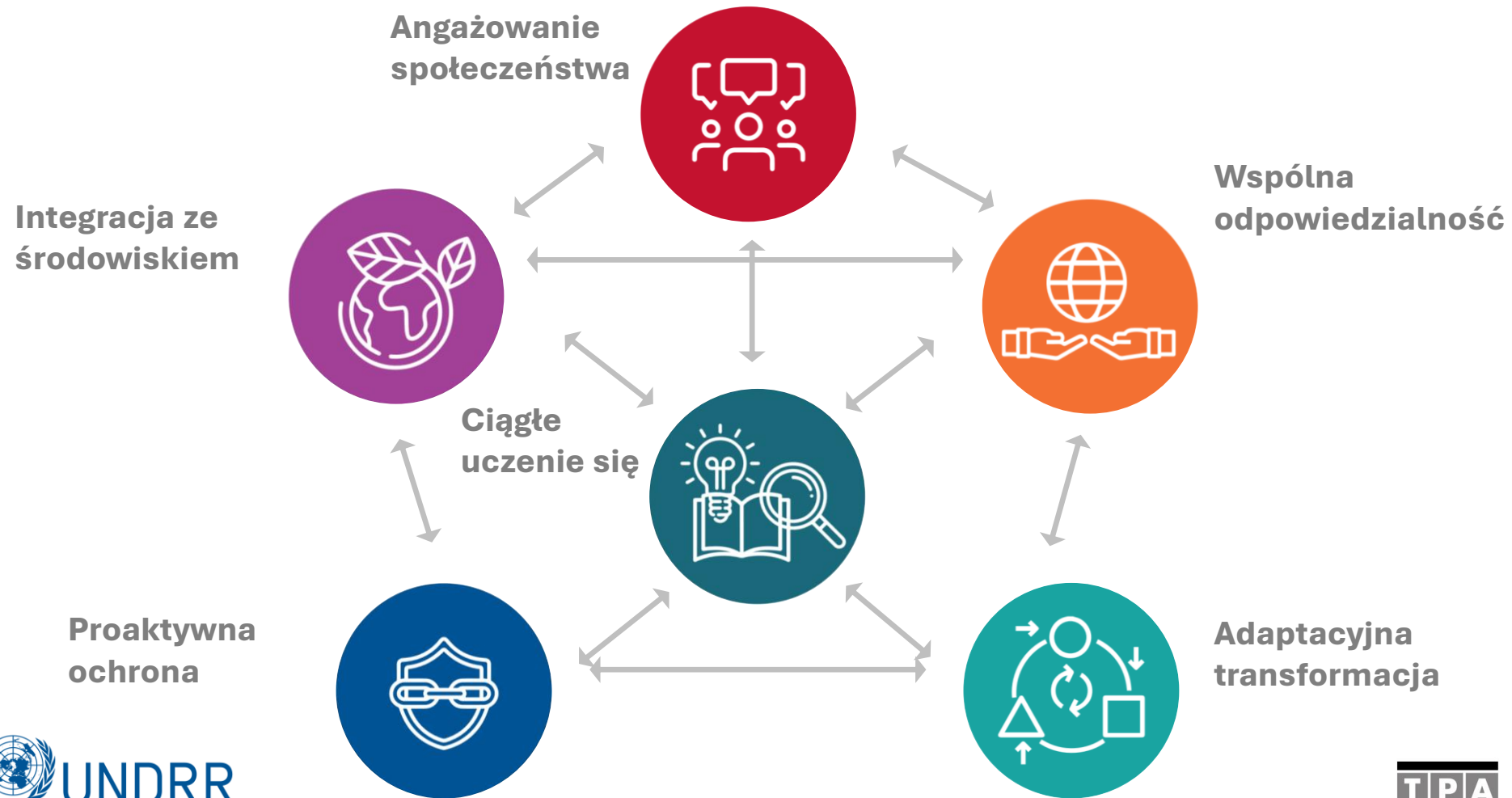
- Badania nad nowymi technologiami i materiałami
- Weryfikacja wydajności w rzeczywistych warunkach

Podstawowe zasady odpornej infrastruktury

Ciągłe
uczenie się



Podstawowe zasady odpornej infrastruktury



Korzyści z budowy odpornej infrastruktury



Ekonomiczne

Ograniczenie kosztów związanych z katastrofami i ekstremalnymi zjawiskami.

Ograniczenie kosztów utrzymania.

Przyciąganie inwestycji.



Środowiskowe

Ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko.



Społeczne

Zapewnienie ciągłości kluczowych usług dla społeczeństwa.

Zwiększenie bezpieczeństwa obywateli.

Uwzględnienie potrzeb i perspektywy społeczeństwa.

Wyzwania i ograniczenia



Techniczne

Brak dojrzałości niektórych technologii.

Finansowe

Wyższe początkowe koszty inwestycji w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań.

Ryzyko związane z koniecznością ciągłości finansowania.

Organizacyjne

Potrzeba współpracy między różnymi interesariuszami (rządy, sektor prywatny, społeczności lokalne).

Zbudowanie mechanizmów zachęcających do inwestycji w odporność.

Podsumowanie



1. Odporna infrastruktura to **podstawa bezpiecznego i zrównoważonego systemu** transportowego oraz systemowa zmiana w podejściu do planowania, finansowania, budowy, utrzymania i zaangażowania społecznego.
2. Wdrażanie zasad odporności wymaga **współpracy międzysektorowej** oraz zaangażowania na poziomie lokalnym i krajowym.
3. Inwestycje w odporne drogi przynoszą **długoterminowe korzyści** społeczne, ekonomiczne i środowiskowe.

Bibliografia



OECD Public Governance Working Papers



U.S. Department of Transportation
Federal Highway Administration



One Earth



MINISTERSTWO
INFRASTRUKTURY



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



NAUKA O KLIMACIE
DLA SCEPTYCZNYCH



STRABAG
WORK ON PROGRESS



Dziękujemy za uwagę

karolina.pelczynska@tpaqi.com
gabor.skronka@tpaqi.com
aleksander.zborowski@tpaqi.com