



# **Instytut Badawczy Dróg i Mostów**

**Road and Bridge Research Institute  
Institut de Recherche des Ponts et Chaussées  
Forschungsinstitut für Strassen und Brücken**

## **ZAKŁAD MOSTÓW**

**03-302 WARSZAWA, UL. INSTYTUTOWA 1**

---

**Opracowanie wskaźników wrażliwości  
sektora transportu na zmiany klimatu.  
Wybór kluczowych elementów systemu  
transportu (infrastruktura, środki transportu,  
warunki ruchu) szczególnie wrażliwych na  
zjawiska klimatyczne wraz z oceną wpływu**

Opracowanie:

prof. dr hab. inż. Barbara Rymsza,  
p.o. Kierownik Zakładu Mostów

**Warszawa, listopad 2010 r.**

## **1. PODSTAWA WYKONANIA OPRACOWANIA**

Podstawą wykonania opracowania jest umowa nr 0305/2010 z dnia 1 października 2010 r. (nr M3-12), zawarta między Ministrem Infrastruktury, reprezentowanym przez Departament Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych, z siedzibą przy ul. Chałubińskiego 4/6, 00-928 Warszawa, a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów z siedzibą przy ul. Instytutowej 1, 03-302 Warszawa.

## **2. CEL PRACY**

W związku z coraz częściej odnotowywanymi zmianami klimatu podjęto próbę wskazania najważniejszych elementów sektora transportu, wrażliwych na zjawiska klimatyczne.

Celem pracy jest wskazanie elementów z zakresu infrastruktury transportowej i środków transportu, w obszarze transportu: drogowego, kolejowego i lotniczego oraz żeglugi śródlądowej, szczególnie wrażliwych na zmiany klimatu.

W ramach pracy opracowano wskaźniki wrażliwości, umożliwiające ocenę wpływu zmiany elementów klimatu na warunki funkcjonowania sektora transportu.

## **3. ZAKRES PRACY**

Praca obejmuje wykonanie takich zadań, jak:

- Określenie elementów wrażliwych na zmiany klimatu w obszarze transportu i infrastruktury: drogowej, kolejowej i lotniczej oraz żeglugi śródlądowej (w zakresie właściwości MI).
- Identyfikacja czynników klimatycznych destrukcyjnie oddziałujących na sektor transportu.
- Opracowanie systemu wskaźników wrażliwości.
- Analiza obszarów wrażliwości – preselekcja z uwzględnieniem wskaźników wrażliwości.

## 4. WYKORZYSTANE MATERIAŁY

### 4.1. Wprowadzenie

Niżej zestawiono kilkadziesiąt pozycji bibliograficznych dotyczących wpływu czynników klimatycznych na funkcjonowanie różnych elementów sektora transportu. Obszar oddziaływania jest bardzo szeroki, ponieważ zdecydowana większość elementów sektora transportu jest narażona na bezpośrednie oddziaływanie czynników klimatycznych – funkcjonuje w bezpośrednim kontakcie z czynnikami atmosferycznymi.

Ze względu na specyfikę tematyki, poniższy wykaz publikacji (pkt 4.2.) jest jedynie fragmentarycznym wycinkiem bibliografii tematu, nie wyczerpującym wszystkich zagadnień, a jedynie wskazującym na różnorodność i rozległość omawianych problemów.

Przytoczone publikacje dotyczą kilku podstawowych kategorii takich, jak:

- wpływ klimatu na sprawność sektora transportu [1, 3, 7, 17, 36, 38, 46, 47, 50],
- bezpieczeństwo ruchu drogowego [5, 18, 23],
- problemy utrzymania zimowego i letniego infrastruktury transportowej [9, 10, 12, 16, 24, 27],
- zasady projektowania, budowy i utrzymania obiektów budowlanych z uwzględnieniem oddziaływań czynników klimatycznych, w szczególności niskich temperatur i przejścia przez „zero” stopni Celsjusza [4, 8, 9, 13, 17, 21, 26, 28, 29, 32, 34, 43, 44, 48, 49, 50],
- klimat, pogoda, zmiany klimatu [15, 33, 51],
- problemy zarządzania kryzysowego [34, 37, 45],
- doświadczenia innych krajów w ocenie oddziaływania klimatu i przeciwdziałaniu negatywnym skutkom tego oddziaływania [10, 12, 14, 18, 19, 23, 24, 52],
- wzajemne oddziaływanie środowiska naturalnego i sektora transportu [15, 36, 47],
- metody oceny oddziaływania środowiska, analiza porównawcza [20, 21, 25],
- badanie wpływu czynników klimatycznych na właściwości użytkowe wyrobów i elementów budowlanych [2, 6, 11, 30, 31, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 44].

W osobnym podpunkcie (pkt 4.3.), w kolejności alfabetycznej przedstawiono wykaz najważniejszych aktów prawnych: ustaw i rozporządzeń związanych z funkcjonowaniem sektora transportu.

#### 4.2. Bibliografia tematu

1. Ankieta Departamentu Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych dotycząca wpływu ekstremalnych zjawisk pogodowych na funkcjonowanie transportu, rozesłana pismem nr MP-2ww-076-2/2010, wrzesień-październik 2010 r.
2. Betonfahrbahndecken; Teil "Oberflächenrisse" - Fortsetzung und Schluss: Übertragbarkeit der Laboruntersuchungen auf das Verhalten in der Praxis. (Nawierzchnie betonowe. Pęknięcia powierzchniowe: badania laboratoryjne i obserwacje nawierzchni.) Str. u. Auto. nr 9/2005, s. 513-521.
3. Chmielewski T., Nowak H., Walkowiak K.: Trąba powietrzna na Opolszczyźnie – skutki, oszacowanie jej prędkości, klasyfikacja uszkodzeń budynków i ich odbudowa. Inżynieria i Budownictwo nr 10/2010, s. 526-529.
4. Desli M.: Evolution des normes de dimensionnement Au gel. (Rozwój norm projektowania nawierzchni odpornej na mróz) Str. u. Ver. nr 5/2001, s. 225-228.
5. Durth W.: Nebel im Strassenverkehr – Auftreten, Risiko Und Massnahmen dagegen. (Mgła w ruchu drogowym – występowanie, ryzyko i środki zapobiegawcze) Str. und Auto. nr 9/2000, s. 548-552.
6. François D., Gaggl W., Holnsteiner R.: Essais en chambre climatique sur des ma<sup>1</sup>chefers d<sup>1</sup>incinération d'ordures ménag<sup>1</sup>res. Appréciation du gonflement au gel et du relargage. (Badania w komorze klimatycznej popiołów ze spalania odpadów komunalnych. Ocena wysadzin mrozowych i ługowania.) Buli. Liais. Lab. nr 244-245/2003, s. 113-129.
7. Gaczek M., Żurański J.A.: Uszkodzenia budynków wywołane huraganowym wiatrem. Inżynier Budownictwa (część I) nr 9/2008, s. 52-57, (część II) nr 10/2008, s. 76-80.
8. Gawin D., Witek A., Pesavento F.: O ochronie betonowej obudowy tunelu przed zniszczeniem w warunkach pożaru – wyniki projektu UPTUN. Inżynieria i Budownictwo nr 11/2006, s. 622-625.

9. Graczyk M.: Współczynniki sezonowości dla nawierzchni dróg w polskich warunkach klimatycznych. *Drogi i Mosty* nr 1-2/2008, s. 29-58.
10. Hanke H.: Internationale Entwicklungen und Tendenzen im Winterdienst. Die Aktivitäten des Komitees "Winterdienst" des Welt-Strassenverbandes (AIPCR/PIARC). (Międzynarodowy rozwój i tendencje w zimowym utrzymaniu. Działalność komitetu "Zimowego utrzymania" AIPCR/PIARC.) *Str. u. Auto.* nr 9/2007, s. 495-501.
11. Heindl M., Zanzinger H., Schönlein A.: Alterung von Geotextilien aus Polypropylen bei natürlicher und künstlicher Bewitterung. (Starzenie się geotekstyliów z polipropylenu w warunkach wietrzenia naturalnego i sztucznego) *Geotechnik* nr 3/2009, s. 171-177.
12. Ihs A.: Winter maintenance in Sweden (Zimowe utrzymanie dróg w Szwecji) *VTI sårtryck* nr 351/2002, s. 28.
13. Janińska B., Toksyczne domy dla powodzian, w materiałach: *Theoretical Foundations of Civil Engineering Polish - Ukrainian Transaction - X*, Ed. by Szcześniak W., OW PW, Warsaw 2002, vol. II, pp.989-994.
14. Kirchner S., Plehm T.: Klimatologische Untersuchungen für Präzisierung der Frosteinwirkungszonen im Land Brandenburg. (Badania klimatyczne nad oddziaływaniem mrozu w Brandenburgii.) *Str. u. Auto.* nr 4/1999, s. 183-185.
15. Małecki A.: Przemysł a globalne ocieplenie. Pytania o perspektywy i sens działań Unii Europejskiej. *Budownictwo Technologia Architektura* nr 2/2007, s. 46-52.
16. Małetka G.: Zimowe utrzymanie dróg. Politechnika Warszawska, maszynopis, Warszawa 2009, ss. 150.
17. Malewicz Z.: O zniszczeniach i odbudowie mostów po powodzi w województwie świętokrzyskim. *Inżynieria i Budownictwo* nr 6/2003, s. 325-330.
18. Mangold M.: Verkehrsbeeinflussung bei schwierigen Witterungsbedingungen. (Sterowanie ruchem w trudnych warunkach atmosferycznych) *Strassenverkehrstechnik* nr 7/1997, s. 314-322.
19. Marchionini J.: L'assistance météorologique à la construction du viaduc de Millau. (Obsługa meteorologiczna budowy mostu Millau.) *Travaux* nr 868/2010, s. 104-108.

20. Metoda wskaźnikowa oceny oddziaływania klimatu na obiekty zabytkowe. Praca pod redakcją Piotra Klemm. Seria monografie: Fizyka Budowli – Ochrona Zabytków, Łódź 2009.
21. Mistewicz M.: Wybrane problemy budowy i utrzymania mostów w latach 1945-1993. Drogownictwo nr 9/93, s. 216-222.
22. Murzewski J.: Niezawodność konstrukcji inżynierskich. Arkady, Warszawa 1987.
23. Norem H., Möller S.: Road accidents in the winter related to climate and maintenance strategies. (Wypadki drogowe w zimie związane z klimatem i strategiami utrzymania dróg.) Nordic Road nr 2/2007, s. 12-13.
24. Öberg G., i in.: Rapport général du XIIIe Congrès international de la Viabilité hivernale - Québec, 8-11 février 2010. General report of the XIIIth International Winter Road Congress - Quebec City, February 8-11, 2010. (Raport generalny z XIII Międzynarodowego Zimowego Kongresu Drogowego, Quebec, 8-11 lutego 2010.) Routes Roads nr 346/2010, s. 30-47.
25. Pawlikowski J.: Analiza probabilistyczna normowych zapasów bezpieczeństwa z uwagi na obciążenia stałe i zmienne. Prace ITB – Kwartalnik nr 4, 1999.
26. Pawlikowski J.: Oddziaływania stałe i zmienne na konstrukcje budynków. Prace Naukowe ITB, Warszawa, 2010 r.
27. Piętowski W.: Zimowe utrzymanie dróg. Polskie Drogi nr 9/2001, s. 40-43.
28. Pomykała W., Osiak J., Utrzymanie, budowa i zarządzanie obiektami mostowymi na drogach powiatowych i gminnych. Drogownictwo nr 7/03, s. 216-221.
29. Rafalski L.: Podłoże nawierzchni drogowej. Inż. Mor. nr 3/2009, s. 190-193.
30. Robinson G.: The effects. of clay shrinkage on embankment movement: implications for earthworks asset management. (Wpływ skurczu gruntu spoistego na odkształcenia nasypu: wnioski dotyczące kontroli robót ziemnych.) Ground Eng. nr 8/2008, s. 12,14.
31. Rogalska M., Hejducki Z.: Analiza porównawcza prognozowania produkcji budowlanej z zastosowaniem regresji krokowej, sieci neuronowych i ARIMA. Zeszyty Naukowe WSOWL, Rocznik XLII, nr 3 (157), lipiec-wrzesień 2010, Wrocław, s. 282-295.
32. Rosikoń A.: Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych uszkodzami górnictwymi. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1979.

33. Roth G.D.: Pogoda i klimat. Świat Książki. Warszawa 2000, ss.296.
34. Rymśa. B.: O zasadach postępowania z obiektami mostowymi na terenach szkód powodziowych. Zeszyty Naukowe WSOWL, Rocznik XLII, nr 3 (157), lipiec-wrzesień 2010, Wrocław, s. 296-303.
35. Stalljann E., Bloemer S.: Vergleichende Bewertung von Faschinen und Flechtzäunen für Böschungssicherung im Verkehrswegebau. (Porównawcza ocena wikliny i zakrzewiania do umocnienia skarp drogowych.) Str. u. Auto. nr 6/2008, s. 347-351.
36. Stilger-Szydło D., Szydło A.: Badania nawierzchni drogowych i budowli ziemnych po powodzi. Drogownictwo nr 5/1999, s. 135-140.
37. Suwara T., Mistewicz M., Kozicki J.: Zarządzanie drogami i mostami w okresie powodzi 1997 roku, w materiałach: XLIV Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, s. 51-63, 1998.
38. Suwara T.: Skutki lipcowej powodzi na drogach. Drogownictwo nr 10/97, s. 307-309.
39. Sybilski D., Bańkowski W.: Temperatura równoważna nawierzchni asfaltowej ze względu na zmęczenie w polskich warunkach klimatycznych. Drogownictwo nr 6/2004, s. 179-184.
40. Sybilski D., Mirski K.: Temperatura równoważna nawierzchni asfaltowej ze względu na deformacje trwałe w polskich warunkach klimatycznych. Drogownictwo nr 7/2004, s. 211-213, 226.
41. Teljas~ev E., Kut'in Ju.: Universal'nych receptov ne byvaet. (Nie ma recept uniwersalnych. Praca o polimeroasfaltach do nawierzchni drogowych i lotniskowych) Avt. Dor. nr 8/2003, s. 75-77.
42. Wesołowski M., Grabowski P.: Wpływ warunków klimatycznych na nośność betonowych nawierzchni lotniskowych. Drogi nr 5/2009, s. 55-61.
43. Wistuba M., Litzka J., Blab R.: Ableitung von massgebenden Temperaturverteilungen für die analytische Oberbaubemessung von Asphaltstrassen. (Ustalanie miarodajnej temperatury przy analitycznym wymiarowaniu nawierzchni asfaltowych.) Str. u. Auto. nr 5/2003 s. 253-259.
44. Wistuba M.: Determining design temperatures for asphalt pavements. (Oznaczenie temperatury projektowanej nawierzchni.) Road Mat. Pav. Des. nr 3/2003, s. 341-349.

45. Zamiar Z., Molasty M., Siuta-Stolarska B.: Przesłanki powstania zarządzania kryzysowego. Zeszyty Naukowe WSOWL, Rocznik XLII, nr 3 (157), lipiec-wrzesień 2010, Wrocław, s. 17-25.
46. Zhang Z., Tao M., Morvant M.: Cohesive slope surface failure and evaluation. (Powierzchniowe zsuwy skarp spoistych i ich ocena.) Jour. Geotech. Eng. nr 7/2005, s. 898-906.
47. Zobel H., Sobala D.: Naturalne oddziaływania termiczne na obiekty mostowe w polskich warunkach klimatycznych. Inżynieria i Budownictwo nr 9/2004, s. 497-501.
48. Zobel H., Sobala D.: Temperatura konstrukcji mostowych i ich odkształcenia termiczne. Inżynieria i Budownictwo nr 7/2000, s. 392-395.
49. Żurański J.A.: Obciążenie śniegiem w ujęciu nowej normy PN-EN 1991-1-3:2003. Inżynieria i Budownictwo, nr 2/2006.
50. Żurański J.A.: Wpływ warunków klimatycznych i terenowych na obciążenie wiatrem konstrukcji budowlanych. ITB, Warszawa, 2005.
51. [http://pl.wikipedia.org/wiki/Zmiana\\_klimatu](http://pl.wikipedia.org/wiki/Zmiana_klimatu).
52. <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/nztional-adaptation-strategies>.

#### **4.3. Akty prawne związane z funkcjonowaniem sektora transportu**

1. Ustawa z dnia 15 listopada 1984 r. Prawo przewozowe (Dz. U. z 2000 r. Nr 50, poz. 601 z późn. zm.).
2. Ustawa z dnia 16 grudnia 2005 r. o finansowaniu infrastruktury transportu lądowego (Dz. U. Nr 267, poz. 2251 z późn. zm.).
3. Ustawa z dnia 17 lipca 1997 r. o szczególnych zasadach remontów i odbudowy obiektów budowlanych zniszczonych lub uszkodzonych wskutek powodzi (Dz. U. z 1997 r. Nr 80, poz. 492).
4. Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej (Dz. U. Nr 62, poz. 558 z późn. zm.).



5. Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. Nr 19, poz. 115 z późn. zm.).
6. Ustawa z dnia 23 października 1987 r. o przedsiębiorstwie państwowym „Porty Lotnicze” (Dz. U. Nr 33, poz. 185 z późn. zm.).
7. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzania kryzysowym (Dz. U. Nr 89, poz. 590 z późn. zm.).
8. Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych oraz Krajowym Funduszu Drogowym (Dz. U. z 2004 r., Nr 256, poz. 2571 z późn. zm.).
9. Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (Dz. U. Nr 157, poz. 1240).
10. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. z 2007 r., Nr 16, poz. 94 z późn. zm.).
11. Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. z 2006 r. Nr 100, poz. 696 z późn. zm.).
12. Ustawa z dnia 31 marca 2004 r. o przewozie koleją towarów niebezpiecznych (Dz. U. Nr 97, poz. 962 z późn. zm.);
13. Ustawa z dnia 4 września 1997 r. o działach administracji rządowej (Dz. U. z 2007 r., Nr 65, poz. 437 z późn. zm.).
14. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz. U. z 2007 r. Nr 125, poz. 874 z późn. zm.).
15. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 118).
16. Ustawa z dnia 8 grudnia 2006 r. o Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (Dz. U. Nr 249, poz. 1829 z późn. zm.).
17. Konwencja o ujednoczeniu niektórych zasad dotyczących międzynarodowego przewozu lotniczego (Dz. U. Nr 37, poz. 235).
18. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 lipca 2008 r. w sprawie przewozu lotniczego materiałów wymagających szczególnego traktowania (Dz. U. Nr 126, poz. 814).

19. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 września 2005 r. w sprawie przygotowania lotnisk do sytuacji zagrożenia oraz lotniskowych służb ratowniczo-gaśniczych (Dz. U. Nr 197, poz. 1634 z późn. zm.).
20. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji (Dz. U. Nr 172, poz. 1444 z późn. zm.).
21. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 18 stycznia 2007 r. w sprawie wypadków i incydentów lotniczych (Dz. U. Nr 35, poz. 225).
22. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie poważnych wypadków, wypadków i incydentów na liniach kolejowych (Dz. U. Nr 89, poz. 593).
23. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1008/2008 z dnia 24 września 2008 r. w sprawie wspólnych zasad przewozów lotniczych na terenie wspólnoty (Dz. U. UE L Nr 293, s. 3).
24. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 785/2004 z dnia 21 kwietnia 2004r. w sprawie wymogów w zakresie ubezpieczenia w odniesieniu do przewoźników lotniczych i operatorów statków powietrznych (Dz. U. UE L Nr 138, s. 1).
25. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 16 listopada 2007 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Infrastruktury (Dz. U. Nr 216, poz. 1594).
26. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 stycznia 1998 r. w sprawie tworzenia, gospodarowania, dysponowania i finansowania rezerw państwowych, kontroli i tworzenia systemu informacyjnego o rezerwach gospodarczych (Dz. U. Nr 5, poz. 15).

## **5. ELEMENTY WRAŻLIWE NA ZMIANY KLIMATU**

### **5.1. Wprowadzenie**

W niniejszym punkcie przedstawiono wyniki analizy dotyczącej wskazania elementów wrażliwych na czynniki klimatyczne, a decydujących o właściwościach użytkowych sektora transportu.

Wrażliwe na zmiany klimatu elementy transportu: drogowego, kolejowego, lotniczego i żeglugi śródlądowej analizowano biorąc pod uwagę:

- infrastrukturę transportową w zakresie: projektowania i budowy, utrzymania w sprawności technicznej oraz warunków remontu lub przebudowy budowli,
- środki transportu w zakresie: rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, warunków użytkowania, stosowanego paliwa i materiałów eksploatacyjnych,
- warunki realizacji funkcji transportowej w zakresie: warunków użytkowania, niezawodności, terminowości i bezpieczeństwa oraz komfortu transportu pasażerów i pracowników obsługi.

### **5.2. Wykaz elementów sektora transportu wrażliwych na oddziaływanie klimatu**

Niżej przedstawiono w formie tabelarycznej najważniejsze czynniki klimatyczne wywołujące zaburzenia w funkcjonowaniu transportu na lądzie (tab. 1. i 2.), w powietrzu (tab. 3) i na wodach śródlądowych (tab. 4.). Do wyspecyfikowanych zaburzeń przypisano stopień uciążliwości, wykorzystując oceny podane przez respondentów ankiety [1].

W ankiecie należało wskazać czynniki klimatyczne niekorzystnie oddziałujące na funkcjonowanie transportu i ocenić ich stopień uciążliwości w następującej skali:

- 1 – warunki uciążliwe (występują niewielkie utrudnienia),
- 2 – warunki bardzo uciążliwe,
- 3 – warunki uniemożliwiają funkcjonowanie.

W tabelach 1÷4 zachowano specyficzne, podane przez respondentów, określenia czynników klimatycznych, które w dalszej części niniejszej pracy zostaną ujednoczone po dyskusji tematu przeprowadzonej w pkt. 6.

Tabela 1. Wpływ czynników klimatycznych na transport drogowy

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu drogowego	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
1.	Silny wiatr; Bardzo silny wiatr; Sztormy	brak energii w wyniku uszkodzenia linii energetycznych, powalone słupy energetyczne	1-2
		tarasowanie dróg przez powalone drzewa	2
		zamknięcie dróg i zatrzymanie autobusów	1
		uszkodzone pojazdy przez konary powalonych drzew	2
		zepchnięcie pojazdu z drogi	2
		uszkodzone wiaty przystankowe	2
		uszkodzone dachy budynków zaplecza technicznego	2
		utrudnienia w prowadzeniu prac ładunkowych	2
		kierowanie autobusów na objazdy	1
		przerwy w pracy systemów informatycznych	2
2.	Obfite opady śniegu; Oblodzenie	konieczność ciągłego odśnieżania dróg, powstawanie zasp śnieżnych, nieprzejezdność dróg	3, 2-3
		opóźnione lub niezrealizowane kursy, zmniejszona prędkość eksploatacyjna taboru	2, 3
		brak punktualności - niezadowolenie klienta	1
		wypadki drogowe – poślizg, wypadnięcie na łuku drogi	2
		oblodzenie linii energetycznych	2
		konieczność odśnieżania dachów budynków	2, 3
		uszkodzenia: zderzaków, reflektorów i otarcia karoserii	2
		śliskość nawierzchni utrudniająca zatrzymanie się autobusu oraz wsiadanie i wysiadanie pasażerów	2
		powalone słupy energetyczne i konary drzew	3
		zasolenie konstrukcji obiektów mostowych	1
		uszkodzone w wyniku odśnieżania (płuzenia) urządzenia wyposażenia drogi (np. ekrany przeciwdźwiękowe, słupki kilometrażowe)	1
		zweżenie jezdni przez leżące zwały śniegu	2
		zaśnieżenie i oblodzenie nawierzchni peronów – konieczność odkuwania zmarzniętego śniegu i lodu	1
		konieczność odśnieżania drogi, torowiska tramwajowego, rozjazdów i zwrotnic	1
		konieczność odśnieżania pętli i zajezdni autobusowych i tramwajowych	2

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu drogowego c.d.	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
3.	Gradobicie	uszkodzenia karoserii pojazdów	1
4.	Ulewy; Powódź; Podtopienia;	zawieszono lub opóźniono kursy ze względu na nieprzejezdność dróg (krótko lub długotrwałe)	1, 2-3, 3
		zalane drogi i torowiska	2, 3
		uszkodzenia infrastruktury drogowej, obsunięcia ziemi, szczególnie na terenach podmokłych lub w pobliżu rzek	3
		utrzymywanie dodatkowego personelu monitorującego aktualną sytuację powodziową	2
		miejscowe zalania terenu, zajezdnie, piwnice budynków	2
		awarie i uszkodzenia urządzeń odwadniających	2
		kierowanie samochodów na objazdy	1
		brak możliwości dojazdu w rejonie powodzi	3
		uszkodzone chodniki i jezdnie w wyniku podmycia wodą	1
		niewydolne lub uszkodzone studzienki kanalizacji deszczowej – zalewanie posesji	2
		zalewanie sieci sanitarnej deszczówką powoduje przeciążenie sieci i wybitcie fekaliów na ulicę	2
		monitoring poziomu wody w rzece – dodatkowe koszty	1
		bieżące sprawdzanie drożności sieci kanalizacyjnej i rowów melioracyjnych	2
		utrata środków transportowych zalanych podczas powodzi	3
		utrudniony przejazd w tunelu i pod wiaduktem	3
		konieczność posiadania i stosowania systemu odpompowywania wody z tunelu	2
5.	Wyładowania atmosferyczne; Burze	uszkodzenia elementów systemów informatycznych	1, 2
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń energetycznych (przerwy w zasilaniu energią elektryczną)	1, 2
		trudności w tankowaniu paliwa	1, 2
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń łączności oraz dynamicznej informacji pasażerskiej	1, 2
		uszkodzenia sieci trakcyjnej	1

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu drogowego c.d.	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
6.	Upały	niezrealizowane lub znacznie opóźnione kursy w wyniku przegrzewania się silników	1÷2
		obniżenie komfortu podróży, przegrzanie wnętrza autobusów, pożądane pojazdy z klimatyzacją	2
		wyciek masy bitumicznej na torowisko – konieczność czyszczenia opon autobusów i naprawy uszkodzonych silników i hamulców	3
		utrudnienia w realizacji przewozów chłodniczych	2
		przegrzanie wnętrza kabiny kierowcy, konieczność wydawanie kierowcom napojów chłodzących	1
		szybsze zmęczenie kierowców - przyrost wypadków	2
		pożary powodujące uszkodzenia infrastruktury	1-2
7.	Mróz; Silny mróz; Długotrwałe mrozy	zamarzanie układów pneumatycznych w autobusach	1, 2-3
		awarie układów chłodzenia	2
		zamarzanie układów paliwowych	2
		trudności z uruchamianiem silników	1, 2
		niedogrzanie zaplecza technicznego	2
		obniżenie komfortu podróży - niedogrzanie wnętrza autobusów, kabiny kierowcy	1, 2
		zakup specjalnego „paliwa zimowego”, wymiana akumulatorów, stosowanie ogumienia zimowego	1
		zamarzanie rozjazdów tramwajowych	2
		wydawanie ciepłych posiłków	2
		utrzymywanie odpowiedniej temperatury silników	1
		zamarzanie przyłączy wodociągowych	1
		zwiększone zużycie paliwa i energii elektrycznej	2
		uszkodzenia nawierzchni drogowej	2
utrudnienia w pracach przeładunkowych, przedłużony czas załadunku i wyładunku	2		
8.	Mgła	ograniczenie widoczności – opóźnienia w kursowaniu autobusów, szczególnie na terenach podmiejskich	1
		zwiększone ryzyko wypadku drogowego	2-3
		zmniejszenie prędkości eksploatacyjnej	1
9.	Trąby powietrzne	zepchnięcie pojazdu z drogi	1
		tarasowanie dróg przez powalone drzewa, słupy linii energetycznych	1

**Tabela 2. Wpływ czynników klimatycznych na transport kolejowy**

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu kolejowego	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
1.	Bardzo silny wiatr; Trąby powietrzne; Huragany	uszkodzenia sieci trakcyjnych i linii energetycznych	2-3
		tarasowanie dróg kolejowych przez powalone drzewa	2
		zrywanie dachów budynków, uszkodzenia budynków	1
2.	Bardzo duże opady śniegu; Bardzo silne nietypowe opady śniegu	powstawanie zasp śnieżnych	3
		oblodzenie sieci trakcyjnych i linii energetycznych	3
		zaleganie warstwy śniegu na dachach (konieczność odśnieżania dachów)	1
		zaśnieżenie układu torowego	2
		trudności z przekładaniem rozjazdów	2
		zaśnieżenie i oblodzenie nawierzchni peronów	2
3.	Bardzo duże opady deszczu; Powódź; Obfite opady deszczu; Podtopienia	zalanie dróg kolejowych, dojazdów	3
		uszkodzenia infrastruktury kolejowej	3
		miejscowe zalania terenu, obsunięcia ziemi, zalewanie rowów odwadniających	1
		awarie i uszkodzenia urządzeń odwadniających	2
		zalewanie wejść na perony, piwnic, zniszczenia tynków	1, 2
4.	Wyładowania atmosferyczne; Burze	uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym	2
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń energetycznych (przerwy w zasilaniu energią elektryczną)	2
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń łączności	2
		uszkodzenia sieci trakcyjnej	2
5.	Upały; Bardzo wysoka temperatura	deformacje toru w wyniku wydłużania się szyn	1-2
		obniżenie komfortu podróży	1
		pożary powodujące uszkodzenia infrastruktury kolejowej	1
6.	Mróz; Bardzo niska temperatura	pęknięcia szyn	3
		zamarzanie rozjazdów (trudności z ich przekładaniem)	3
		wydawanie ciepłych posiłków w wyniku utrudnień w kursowaniu pociągów	1

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu kolejowego c.d.	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
6.	Mróz; Bardzo niska temperatura c.d.	przebywanie osób bezdomnych na terenie dworca	1
		awarie urządzeń wodno - kanalizacyjnych	1
		wysadziny	2
		oblodzenie przewodów jezdnych	2
7.	Mgła; Inne czynniki	ograniczenie widoczności;	1

Tabela 3. Wpływ czynników klimatycznych na transport lotniczy

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu lotniczego	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
1.	Silny wiatr z porywami	przerwanie podejścia do lądowania lub przekierowanie na inne lotnisko	2
		konieczność zatrzymania radaru, ograniczenia w pracy służby radarowej lub konieczność instalowania urządzeń zabezpieczających (np. kopuły ochronnej)	2-3
		konieczność odstawienia i unieruchomienia pomostów pasażerskich	1
2.	Silny wiatr wiejący prostopadle do drogi startowej	opóźnienia w realizacji operacji lotniskowych, wstrzymanie operacji lądowania	1-2
3.	Uskok wiatru (poniżej 1500 stóp)	wstrzymanie operacji lądowania (można zainstalować na lotnisku radar wykrywający uskok wiatru)	1
4.	Trąby powietrzne	uszkodzenia naziemnych urządzeń zabezpieczenia ruchu lotniczego	1
		opóźnienia lub wstrzymanie ruchu lotniczego	2-3
5.	Bardzo duże opady śniegu; Intensywne opady śniegu	możliwość wyłączenia ILS (urządzenia umożliwiającego lądowanie przy zmniejszonej widzialności pionowej i poziomej)	1
		zaśnieżenie płyty lotniska, zwiększony czas odtwarzania sprawności operacyjnej lotniska	1
		konieczność utrzymywania sprzętu do zimowego utrzymania lotniska, dróg startowych i dróg kołowania	2
		utrudniony dojazd do obiektów trasowych, radiolokacyjnych i radiokomunikacyjnych uniemożliwiający wykonanie przeglądu lub usunięcie awarii	2-3



L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń transportu lotniczego c.d.	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
6.	Obfite opady deszczu;  Ulewy;  Powódź;	zalanie nawierzchni lotniskowych, utrudnienia w odprowadzeniu wody	1
		uszkodzenie autobusu w wyniku wjazdu w kałużę na lotnisku	1
		miejscowe zalania terenu i obiektów zaplecza, awarie i uszkodzenia urządzeń obsługi naziemnej	1
7.	Wyładowania atmosferyczne; Burze; rozległe fronty burzowe	konieczność zmiany tras lotu statków powietrznych, opóźnienia w ruchu lotniczym	1-2
		uszkodzenia naziemnych urządzeń zabezpieczenia ruchu lotniczego (konieczność naprawy lub modernizacji)	1
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń statku powietrznego	1
8.	Silne lub długotrwałe upały; Intensywna inwersja przyziemna	możliwość przegrzania naziemnych urządzeń zabezpieczenia ruchu lotniczego	1
		awaria urządzeń klimatyzacyjnych	2-3
		inwersja przyziemna ma wpływ na osiągi statków powietrznych (start przy krótkiej drodze startowej)	1
9.	Mróz; Silne lub długotrwałe mrozy	uszkodzenia linii energetycznych zasilających naziemne urządzenia zabezpieczenia ruchu lotniczego	1
		konieczność korzystania z agregatów prądotwórczych	1
		zamarzanie: układów pneumatycznych autobusów, układów roboczych, zaworów i pomp w pojazdach pomocniczych	2
		zakłócenia w dostawie paliwa	2
10.	Mgła	czasowe ograniczenie przepustowości i potencjalne opóźnienia operacji lotniczych	1
		utrudnienia w operacji startu	1
		utrudnienia w precyzyjnym podejściu do lądowania	1
		przerwanie podejścia do lądowania lub przekierowanie na inne lotnisko	1
11.	Niska podstawa chmur	przerwanie podejścia do lądowania lub przekierowanie na inne lotnisko	2
12.	Długotrwałe oblodzenia i turbulencja	konieczność zmiany tras lotu statków powietrznych, opóźnienia w ruchu lotniczym	1-2
13.	Pył wulkaniczny	ograniczenie ruchu lotniczego, opóźnienia	1
		długotrwałe utrzymywanie się pyłu w powietrzu może całkowicie wstrzymać działalność lotnictwa	2

Tabela 4. Wpływ czynników klimatycznych na żeglugę śródlądową

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń żeglugi śródlądowej	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
1.	Silny wiatr; Bardzo silny wiatr; Sztorm	brak możliwości wyjścia na wodę	3
		ograniczenie lub uniemożliwienie pracy urządzeń przeładunkowych	3
		uszkodzenia infrastruktury przez zwalone drzewa	2
		uszkodzenia nabrzeży, spłylenie toru wodnego	1-2
		nagromadzenie zanieczyszczeń na wodzie i powstawanie cofki	2
		powstająca wysoka fala uniemożliwia prowadzenie pomiarów poziomu wody	2
		upadki pustych kontenerów magazynowanych w wielopoziomowych blokach składowych	2
		zrywanie się pływającego oznakowania nawigacyjnego, niszczenie stałych znaków nawigacyjnych na wodzie	1
		zrywanie dachów budynków i niszczenie urządzeń przeładunkowych	2
2.	Obfite opady śniegu	ograniczenie prędkości	2
		konieczność odśnieżania jednostki	2
		zaleganie warstwy śniegu na dachach (konieczność odśnieżania dachów)	2
		ograniczenie pracy urządzeń przeładunkowych	2
		odśnieżanie: nabrzeży, tras komunikacyjnych i placów magazynowych terminala	2
		przerwy w realizacji inwestycji infrastrukturalnych	2
3.	Obfite opady deszczu; Ulewy; Silne opady deszczu	ograniczenie prędkości	2
		lokalne osuwiska zboczy	1
		miejscowe zalania: terenu, budynków, torów kablowych	1
		zalania towarów złożonych na terenie terminala	2
4.	Wyładowania atmosferyczne; Burze	brak możliwości wyjścia na wodę	3
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń energetycznych (przerwy w zasilaniu energią elektryczną)	2
		uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń łączności	2

L.p.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzeń żeglugi śródlądowej c.d.	Stopień uciążliwości
1	2	3	4
5.	Upały; Silne upały	przegrzewanie sprzętu przeładunkowego	2
		pogorszenie warunków pracy załogi	1
		konieczność chłodzenia towarów wrażliwych na wysokie temperatury (ciecze palne, produkty żywnościowe)	1
6.	Silny mróz;  Silny długotrwały mróz;  Zalodzenie;	konieczność kruszenia lodu w ciekach wodnych	2
		ograniczenie żeglowności toru wodnego	1
		zamrażanie towaru w instalacjach przeładunkowych (trudności z ich przekładaniem) – zalecane stosowanie urządzeń typu „termos”	2
		zamarzająca waga samochodowa	2
		przemieszczanie się pływającego oznakowania nawigacyjnego	1
		konieczność stosowania: specjalnego paliwa, smarów i olejów	1
		wydłużenie przerw w pracy pracowników – pogorszenie warunków pracy załogi	2
		niedostępność do części infrastruktury portowej (woda, sanitariaty)	2
		uszkodzenia specjalistycznego sprzętu zainstalowanego na burcie jednostki	2
		konieczność skuwania lodu z urządzeń transportowych i tras komunikacyjnych	1
		niszczenie budowli hydrotechnicznych	3
przerwy w realizacji inwestycji infrastrukturalnych	2		
7.	Mgła;  Gęsta mgła; Silna mgła	ograniczenie prędkości ruchu jednostek	2
		ograniczenie ruchu jednostek pozbawionych urządzeń radarowych	2
		ograniczenie lub uniemożliwienie pracy urządzeń przeładunkowych	2

### 5.3. Elementy klimatu uwzględniane w zarządzaniu kryzysowym

Elementy klimatu determinujące występowanie „sytuacji kryzysowej” są zdefiniowane w obszarze zarządzania kryzysowego. Z tego względu uznano, że prezentowaną analizę należy uzupełnić o prezentację sposobu ujęcia problemu w opracowaniach dotyczących zarządzania kryzysowego. Zagadnienie przedstawiono, pomijając czynniki poza-klimatyczne, w tabelach 5.÷7.

W zarządzaniu kryzysowym, jako zagrożenia powodujące zakłócenia w funkcjonowaniu transportu są wymieniane takie zjawiska, jak:

- **powódź:** przejściowe zjawisko hydrologiczne polegające na wezbraniu wody w ciekach wodnych, zbiornikach lub na morzu, powodujące, po przekroczeniu przez wodę stanu brzegowego, zatopienie znacznych obszarów lądu, dolin rzecznych, terenów nadbrzeżnych lub depresyjnych, doprowadzając do wymiernych strat społecznych i materialnych. Skutki powodzi mogą być bardzo rozległe i wielopłaszczyznowe, zalicza się do nich: zniszczenia budynków, zakładów pracy, dróg, linii kolejowych, urządzeń energetycznych i telekomunikacyjnych, infrastruktury komunalnej oraz mienia ludności;

- **silne mrozy:** występowanie bardzo niskich temperatur powietrza, w połączeniu z obfitymi opadami śniegu, może sparaliżować życie całych osiedli lub gospodarstw domowych w wyniku przerw w dostawie: wody, gazu lub energii elektrycznej oraz może być przyczyną poważnych utrudnień w funkcjonowaniu transportu drogowego, kolejowego i lotniczego. Mogą wystąpić uszkodzenia infrastruktury transportowej, w szczególności infrastruktury kolejowej (np. pęknięcia szyn i awarie węzłów kolejowych, łamanie się słupów trakcyjnych, zerwanie lub obniżenie drutów trakcyjnych w wyniku ich oblodzenia). W obszarze infrastruktury drogowej może wystąpić czasowa nieprzejezdność dróg spowodowana „śliskością zimową” lub opadami śniegu;

- **silne wiatry:** wystąpienie wiatru o prędkości 25÷28 m/s (wiatr huraganowy) może powodować znaczne uszkodzenia budynków oraz utrudniać jazdę samochodów osobowych. Gwałtowne wiatry huraganowe o prędkości 29÷32 m/s, powodują zniszczenia zabudowań, zrywanie odcinków linii energetycznych oraz utrudniają jazdę samochodów ciężarowych. W wypadku huraganu siła wiatru osiąga prędkość 33÷55 m/s co może powodować: zrywanie

poszycia dachów, zniszczenia urządzeń i linii przesyłowych, niszczenie konstrukcji budowlanych, zsuwanie z jezdni jadących samochodów, wrywanie dużych drzew z korzeniami powodujące blokady szlaków komunikacyjnych i uszkodzenia linii wysokiego napięcia, uszkodzenia sieci trakcyjnych kolei powodujące zakłócenie w realizacji usług komunikacyjnych na danym obszarze;

- **pożary:** należą do grupy najistotniejszych zagrożeń, występujących sezonowo, a skutkiem są straty materialne oraz obrażenia u ludzi i zwierząt. Ze względu na obszar działania ministra właściwego do spraw transportu największe zagrożenie stanowią pożary przestrzenne dużych obszarów leśnych usytuowanych wzdłuż szlaków komunikacyjnych, wokół lotnisk oraz obiektów infrastruktury transportowej. Pożary te mogą powodować ograniczenia w funkcjonowaniu komunikacji, powodować zniszczenia dróg, linii kolejowych i obiektów infrastruktury transportowej.

**Tabela 5. Zagrożenia kryzysowe czynnikami klimatycznymi w transporcie drogowym**

L.p.	Przyczyna wystąpienia zagrożenia	Potencjalne miejsca wystąpienia zagrożenia w funkcjonowaniu transportu drogowego i jego opis
1	2	3
1.	Powódź; Złe utrzymanie urządzeń hydrotechnicznych	zniszczenia lub wyłączenie z funkcjonowania odcinków dróg, obiektów inżynierskich (mostów, wiaduktów, tuneli, przepustów, konstrukcji oporowych, estakad na skrzyżowaniach dróg w różnych poziomach), obiekty inżynierskie oraz odcinki dróg o charakterystycznym ukształtowaniu terenu
2.	Nagłe ataki mrozu połączone z obfitymi opadami śniegu	obiekty inżynierskie, których zniszczenie lub uszkodzenie spowoduje poważne utrudnienia w ruchu drogowym
3.	Huragany	obiekty inżynierskie, których zniszczenie lub uszkodzenie spowoduje poważne utrudnienia w ruchu drogowym
4.	Pożary	obiekty inżynierskie oraz odcinki dróg w terenie górzystym, lesistym, w głębokim wykopie, na wysokim nasypie lub w terenie zurbanizowanym

**Tabela 6. Zagrożenia kryzysowe czynnikami klimatycznymi w transporcie kolejowym**

<b>L.p.</b>	<b>Przyczyna wystąpienia zagrożenia</b>	<b>Potencjalne miejsca wystąpienia zagrożenia w funkcjonowaniu transportu kolejowego i jego opis</b>
1	2	3
1.	Powódź, intensywne opady deszczu, roztopy wiosenne, zatory lodowe; Złe utrzymanie urządzeń hydrotechnicznych	linie kolejowe położone w terenach górskich oraz w pobliżu zbiorników wodnych i rzek, zniszczenia lub wyłączenie z funkcjonowania odcinków linii kolejowych, obiektów infrastruktury kolejowej oraz urządzeń sterowania ruchem kolejowym
2.	Intensywne opady śniegu	cała sieć, zasypanie szlaków komunikacyjnych i wstrzymanie ruchu
3.	Silne mrozy	cała sieć, pęknięcia szyn i awarie węzłów kolejowych, łamanie się słupów trakcyjnych, obniżenie lub zerwanie trakcji wskutek oblodzenia drutów trakcyjnych
4.	Huragany	sieć kolejowa w rejonach występowania huraganów, uszkodzenia sieci trakcyjnych, brak możliwości prowadzenia ruchu, zaplątania się pociągów w sieć trakcyjną, uszkodzenia lokomotyw i wagonów oraz torów i urządzeń Sterowania Ruchem Kolejowym.
5.	Pożary	budynki zaplecza technicznego i obsługi pasażerów (dworce), węzeł telekomunikacyjny lub teren przyległy

**Tabela 7. Zagrożenia kryzysowe czynnikami klimatycznymi w transporcie lotniczym**

L.p.	Przyczyna wystąpienia zagrożenia	Potencjalne miejsca wystąpienia zagrożenia w funkcjonowaniu transportu lotniczego i jego opis
1	2	3
1.	Powódź, intensywne opady deszczu	brak
2.	Intensywne opady śniegu	przestrzeń powietrzna nad terytorium, porty lotnicze, zagrożenie dla wykonywania startów i lądowań na lotniskach przez statki powietrzne
3.	Silne mrozy	przestrzeń powietrzna nad terytorium, porty lotnicze, zagrożenie dla wykonywania lotów przez statki powietrzne lub warunki uniemożliwiające lądowania na lotniskach
4.	Huragany	przestrzeń powietrzna nad terytorium, porty lotnicze, zagrożenie dla wykonywania lotów przez statki powietrzne lub warunki uniemożliwiające lądowania na lotniskach
5.	Pożary	porty lotnicze, budynki zaplecza technicznego i obsługi pasażerów
6.	Burza, wyładowania atmosferyczne	przestrzeń powietrzna nad terytorium, porty lotnicze, zagrożenie dla wykonywania lotów przez statki powietrzne lub warunki uniemożliwiające lądowania na lotniskach,  brak zapewniania usług przez podmioty zewnętrzne w zakresie: - zapewnienia służby meteorologicznej, - zapewnienia służb informacji lotniczej, - zasilania energetycznego, - drożności łączy telekomunikacyjnych
7.	Intensywne oblodzenie	
8.	Silna turbulencja	
9.	Uskok wiatru	
10.	Trąba powietrzna, szkwał	
11.	Grad	
12.	Opady zmniejszające widzialność poniżej odległości minimalnych	
13.	Mgła; Niski pułap chmur; Wybuchy wulkanów	przestrzeń powietrzna nad terytorium, porty lotnicze, ograniczenie widzialności uniemożliwiające start, lot i lądowanie statków powietrznych oraz funkcjonowanie urządzeń i sprzętu radiotechnicznego na lotnisku

W odniesieniu do żeglugi śródlądowej nie zdefiniowano działań z zakresu zarządzania kryzysowego.

## **6. IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH DESTRUKCYJNIE WPŁYWAJĄCYCH NA SEKTOR TRANSPORTU**

### **6.1. Wprowadzenie**

Na podstawie analizy czynników klimatycznych wpływających na funkcjonowanie operacji transportowych oraz formy zaburzeń przez nie wywołanych wytypowano te czynniki, które mają istotny wpływ na funkcjonowanie sektora transportu. Wybór czynników poprzedzono analizą zjawisk klimatycznych i ich składowych. Czynniki klimatyczne pogrupowano w pakiety czynników o podobnym charakterze oddziaływania, czynników współdziałających ze sobą lub działających rozdzielnie. Przeanalizowano, które z czynników są charakterystyczne dla zaburzeń wywoływanych w różnych rodzajach sektora transportu, a które mają istotne znaczenie w odniesieniu do jednego rodzaju transportu.

Przy czym uznano, że we wszystkich wypadkach powstające zniszczenia w obszarze infrastruktury i środków transportu przekładają się na zaburzenia w funkcjonowaniu transportu tj. na opóźnienia lub przerwy w ruchu środków transportowych.

### **6.2. Wykaz czynników klimatu**

Klimat, rozumiany jako ogół zjawisk pogodowych występujących na danym terenie w dłuższym okresie czasu, może być opisany przez parametry, które charakteryzują jego najważniejsze cechy. Parametry te są ustalane na podstawie wieloletnich obserwacji i pomiarów. Przykładowo w tabelach 8. i 10. podano wykazy parametrów i elementów klimatu wykorzystując dane uzyskane z Departamentu Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych Ministerstwa Infrastruktury.

W tabeli 8. parametrom i elementom charakteryzującym klimat przypisano symbol „+” informujący o tym, czy mają one istotne znaczenia dla funkcjonowania sektora transportu. Wykaz ten obejmuje 26 pozycji i z punktu widzenia potrzeb oceny wpływu zmian klimatu na funkcjonowanie sektora transportu nie jest korzystny. Jest rozbudowany, a jednocześnie nie ujmuje czynników klimatycznych w sposób dostosowany do opisu klimatu przez respondentów ankiety [1].

Potrzebę opisanie umownych elementów klimatu kilkoma parametrami potwierdzają także wyniki analizy stopnia uciążliwości [1], które zestawiono w tabeli 9.



Tabela 8. Wykaz parametrów i elementów charakteryzujących klimat

L.p.	Parametry i elementy charakteryzujące klimat	Wrażliwość sektora transportu			
		D	K	L	Ż
1.	Podstawa chmur < 100m [liczba dni]			+	
2.	Deszcz marznący	+	+	+	+
3.	Średnia prędkość wiatru			+	+
4.	Max prędkość wiatru w porywach	+	+	+	+
5.	Porywy wiatru >21 m/s [liczba dni]			+	+
6.	Data pojawienia się lodu				+
7.	Data zniknięcia lodu				+
8.	Pokrywa lodowa [liczba dni]				+
9.	Ulewy	+	+	+	+
10.	Deszcze nawalne	+	+	+	+
11.	Suma opadów dobowo/dekadowa/miesięczna/roczna	+	+	+	+
12.	Max intensywność opadów	+	+	+	+
13.	Wysokość pokrywy śnieżnej	+	+	+	
14.	Przepływ rzeczny				+
15.	Stany wody niskie/wysokie				+
16.	Powodzie	+	+	+	+
17.	Wilgotność powietrza				
18.	Usłonecznienie [liczba godzin]				
19.	Wskaźnik dni chłodnych				
20.	Długość okresu upałów [temp dobowa >25°C]	+	+	+	+
21.	Sztormy			+	+
22.	Huragany	+	+	+	+
23.	Mgła	+	+	+	+
24.	Burze	+	+	+	+
25.	Intensywne opady śniegu	+	+	+	+
26.	Emisje gazów i pyłów wulkanicznych			+	

+ warunki o różnym stopniu uciążliwości.  
**D** – transport drogowy; **K** – transport kolejowy; **L** – transport lotniczy; **Ż** – żegluga śródlądowa

**Tabela 9. Uśredniona wartość stopnia uciążliwości czynników klimatycznych oddziałujących negatywnie na funkcjonowanie sektora transportu**

L.p.	Czynnik klimatyczny	D	K	L	Ż	Średnia
1	2	3	4	5	6	7
1.	Bardzo silny wiatr (sztorm)	1,75	1,83	-	<b>2,06</b>	1,88
	Silny wiatr z porywami	-	-	1,83	-	1,83
	Silny wiatr wiejący prostopadle do drogi startowej	-	-	1,50	-	1,50
	Uskok wiatru (poniżej 1500 stóp)	-	-	1,00	-	1,00
2.	Obfite opady śniegu + oblodzenie	1,85	<b>2,17</b>	1,63	<b>2,00</b>	1,91
3.	Gradobicie	1,00	-	-	-	1,00
4.	Ulewy + powódź	<b>2,11</b>	<b>2,10</b>	1,00	1,50	1,68
5.	Wyładowania atmosferyczne + burze	1,40	<b>2,00</b>	-	<b>2,33</b>	1,91
	Wyładowania atmosferyczne + rozległe fronty burzowe	-	-	1,17	-	1,17
6.	Upały	1,86	1,17	-	1,33	1,45
	Upały + intensywne inwersje przyziemne	-	-	1,50	-	1,50
7.	Mróz	1,71	1,86	1,05	1,50	1,64
8.	Mgła	1,61	1,00	1,00	<b>2,00</b>	1,87
9.	Trąby powietrzne	1,00	-	1,75	-	1,38
10.	Niska podstawa chmur	-	-	<b>2,00</b>	-	2,00
11.	Długotrwałe oblodzenia i turbulencja	-	-	1,50	-	1,50
12.	Pył wulkaniczny	-	-	1,50	-	1,50
<b>Średnia dla danego rodzaju transportu</b>		<b>1,59</b>	<b>2,02</b>	<b>1,45</b>	<b>1,82</b>	-

Statystyczne ujęcie odpowiedzi respondentów wskazuje na to, że większość wyspecyfikowanych czynników klimatycznych została oceniona dosyć ostrożnie i większość ocen oscyluje w granicach 1,5÷2,0. Wartości podane w tabelicy 9. mają charakter orientacyjny ponieważ grupa respondentów, którzy udzielili odpowiedzi jest nie w pełni reprezentatywna dla oceny badanego problemu. Uzyskany wynik jest informacją jakościową, która powinna być wykorzystana w dalszych pracach i stanowić wskazówkę w jaki sposób prowadzić dalsze badania ankietowe (przykładowo w odniesieniu do transportu drogowego wprowadzić podział np. na transport miejski i poza miejski oraz samochodowy i tramwajowy).

W wielu wypadkach respondenci wskazywali na uciążliwość czynników klimatycznych lecz podkreślali przygotowanie swoich firm do rozwiązywania problemów wynikających z występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych. Przejawiało się to zwykle we wskazaniu uciążliwego czynnika, ale ocenieniu stopnia jego uciążliwości jako 1 lub 1-2, w nielicznych wypadkach wskazano stopień 3. Respondenci mimo utrudnień wywoływanych zjawiskami meteorologicznymi potrafią problemy rozwiązać i zapewniają funkcjonowanie firmy (stosując np. specjalne rozwiązania techniczne lub organizacyjne).

W tabeli 10. przypisano czynnikom klimatu, wykorzystywanym do opisu wrażliwości sektora transportu na zmiany klimatu (w tabelach 1÷7), zjawiska meteorologiczne i opisujące je parametry. Podjęto próbę pogodzenia określeń z zakresu meteorologii z pojęciami obiegowo stosowanymi w sektorze transportu.

Przyjęto założenie, że klimat będzie opisany przez 6 umownych kategorii klimatu, którym nadano dla uproszczenia nazwy: wiatr, deszcz, śnieg, mróz, upał, mgła.

Należy pamiętać o tym, że zjawiska meteorologiczne, kształtujące pogodę i klimat, są zazwyczaj wynikiem współdziałania procesów opisanych wieloma parametrami (np. temperaturą i wilgotnością powietrza). Jednak z analizy bibliografii dotyczącej zagadnień wpływu klimatu i ekstremalnych zjawisk pogodowych na funkcjonowanie sektora transportu wynika, że zjawiska klimatyczne należy opisać ograniczoną do kilku liczbą elementów, które w celu oceny potencjalnych zmian klimatu, będą charakteryzowane różnymi parametrami lub zjawiskami meteorologicznymi.

Z tego względu w tabeli 10. przyjęto, że chociaż większość umownych kategorii klimatu jest wynikiem jednoczesnego występowania kilku czynników klimatycznych, dane zjawisko zostało przypisane do czynnika mającego decydujące znaczenie dla funkcjonowania

sektora transportu. Takie podejście znajduje także potwierdzenie w ankietach nadesłanych przez respondentów, którzy wskazywali czynnik klimatu istotnie wpływający na funkcjonowanie ich przedsiębiorstw transportowych. Podobne podejście jest stosowane także w zarządzaniu kryzysowym.

**Tabela 10. Wykaz umownych kategorii klimatu istotnych w sektorze transportu**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Wybrane parametry charakteryzujące klimat	Zjawisko meteorologiczne
1	2	3	4
1.	Wiatr	średnia prędkość wiatru, max prędkość wiatru w porywach, porywy wiatru, ciśnienie atmosferyczne	sztormy, huragany, burze, wyładowania atmosferyczne trąby powietrzne, uskok wiatru, silna turbulencja
2.	Deszcz	max intensywność opadów, suma opadów, przepływ rzeczny, stany wody niskie/wysokie, wilgotność powietrza	opady atmosferyczne, ulewy, deszcze nawalne, deszcz marznący, gradobicie, powodzie
3.	Śnieg	wysokość pokrywy śnieżnej intensywność opadów śniegu	śnieżyca, zadymka, nawisy lodowe
4.	Mróz	wskaźnik dni chłodnych, temperatura najniższa, najniższa temperatura średnia, data pojawienia się lodu, data zniknięcia lodu, pokrywa lodowa	gołoledź, oblodzenie, pochód lodu
5.	Upał	uśłonecznienie, długość okresu upałów, temperatura najwyższa, najwyższa temperatura średnia	-
6.	Mgła	ograniczenie widzialności, podstawa chmur	mgła, emisje gazów i pyłów wulkanicznych, zachmurzenie

## **7. WSKAŹNIKI WRAŹLIWOŚCI**

### **7.1. Wprowadzenie**

Przeprowadzona analiza wpływu czynników klimatycznych na elementy sektora transportu wykazała wiele elementów wspólnych dla różnych rodzajów transportu, ale pozwoliła także na wyspecyfikowanie czynników właściwych tylko jednemu rodzajowi transportu.

Jednocześnie należy podkreślić, że środowisko przewoźników realizujących funkcje transportowe oczekuje prostego narzędzia umożliwiającego jednoznaczny opis wpływu zjawisk pogodowych na zaburzenia w funkcjonowaniu transportu.

Z tego względu opracowanie systemu wskaźników wrażliwości musi ograniczyć się do prostej metody - rezygnacji ze skomplikowanych metod matematycznych i nowoczesnych metod typu sieci neuronowe.

Niżej przedstawiono przykładowe modele oceny wpływu warunków klimatycznych na sektor transportu (pkt. 7.2.) oraz zaproponowano uproszczoną metodę tej oceny przez zastosowanie wskaźników wrażliwości (7.3.).

### **7.2. Ogólny model oceny wpływu warunków klimatycznych na sektor transportu**

Do oceny wpływu warunków klimatycznych na funkcjonowanie sektora transportu można zastosować metodę opisową lub modelową. W wypadku metody modelowej należy określić pewien schemat matematyczny lub fizyczny, który uwzględniając różne czynniki, możliwie najpełniej scharakteryzuje badane zjawisko.

Podstawowym kryterium oceny oddziaływania klimatu na transport jest wpływ poszczególnych czynników klimatu na różne elementy sektora transportu.

Złożony charakter warunków klimatycznych upoważnia do wprowadzenia szeregu uproszczeń zarówno po stronie opisu klimatu, jak i sektora transportu.

Przy ocenie wpływu klimatu na sektor transportu może być wykorzystany model funkcji wykładniczej:

$$y = x^z \tag{1}$$

gdzie:

- $y$  - wartość funkcji zmienia się od 0 do 1 ( $y = 0$  – brak cech niekorzystnych,  $y = 1$  – stan uniemożliwiający funkcjonowanie),
- $x$  - parametr charakteryzujący cechy ilościowe danego elementu klimatu,
- $z$  - parametr charakteryzujący cechy jakościowe danego elementu klimatu ( $0 \leq z < +\infty$ ), przy najniekorzystniejszych cechach jakościowych  $z = 0$  (wówczas funkcja  $y = 1$ ).

Innym modelem mogącym znaleźć zastosowanie do oceny wpływu elementów klimatu na sektor transportu jest zależność:

$$y_i = \frac{z_i}{z_i + d_i} \quad (2)$$

gdzie:

- $y_i$  - wartość parametru  $i$ -tego elementu klimatu ( $0 \leq y \leq 1$ ),
- $z_i$  - parametr charakteryzujący niekorzystne oddziaływanie elementu klimatu,
- $d_i$  - parametr charakteryzujący korzystne oddziaływanie elementu klimatu.

Każdemu elementowi sektora transportu można przypisać wartości funkcji  $y_i$  wyrażającej wpływ kolejnych elementów klimatu. Konieczne jest jednak wprowadzenie wskaźnika oceny ogólnej, wyrażonego zależnością:

$$W = \frac{\sum_i y_i}{i} \quad (3)$$

gdzie:

- $W$  - wskaźnik oceny ogólnej oddziaływania elementów klimatu na element sektora transportu,
- $y_i$  - wartość parametru  $i$ -tego elementu klimatu ( $0 \leq y \leq 1$ ),
- $i$  - liczba elementów klimatu.

Wartościom wskaźnika oceny ogólnej należy przyporządkować kategorie informujące o ocenie oddziaływania np. takie, jak podane w tablicy 11. (od warunków neutralnych, przez

utrudniające funkcjonowanie i po bardzo uciążliwe, a kończąc na warunkach uniemożliwiających funkcjonowanie).

**Tabela 11. Wartości wskaźnika oceny ogólnej oddziaływania elementów klimatu na element sektora transportu**

L.p.	Wartość wskaźnika $W$ , [-]	Ocena oddziaływania
1	2	3
1.	$0 \leq W \leq 0,55$	warunki neutralne
2.	$0,55 < W \leq 0,70$	warunki utrudniające funkcjonowanie
3.	$0,70 < W \leq 0,85$	warunki bardzo uciążliwe
4.	$0,85 < W \leq 1,0$	warunki uniemożliwiające funkcjonowanie

Opisane w niniejszym punkcie modele oceny wpływu warunków klimatycznych na sektor transportu są bardzo kłopotliwe w zastosowaniach praktycznych, ze względu na potrzebę dekretowania wartości opisujących funkcje służące do wyznaczenia wartości wskaźnika oceny ogólnej  $W$ . Z tego względu do zastosowań praktycznych zostanie zaproponowana metoda uproszczona – opisana niżej.

### **7.3. Uproszczona metoda wyznaczania wskaźników wrażliwości wpływu klimatu na sektor transportu**

Ze względu na złożony charakter warunków klimatycznych charakteryzowanych wieloma parametrami (np. temperaturą i wilgotnością powietrza, ciśnieniem atmosferycznym, itp.), które są funkcjami zmiennymi w czasie, a z tego względu często dla uproszczenia są opisywane wartościami maksymalnymi lub wartościami średnimi w pewnym interwale czasu (np. doby, tygodnia, miesiąca lub roku) do oceny należy przyjąć pewne umowne pojęcia (czynniki klimatu) charakteryzujące klimat w ujęciu jakościowym.

Na podstawie materiałów przedstawionych we wcześniejszych punktach niniejszego opracowania przyjęto 6 umownych kategorii klimatu, które na potrzeby niniejszego opracowania określono w sposób opisany w tabeli 12.

**Tabela 12. Umowne kategorie klimatu o istotnym wpływie na sektor transportu**

L.p.	Umowna kategoria klimatu		Opis czynników składających się na daną kategorię
	Nazwa	Symbol	
1	2	3	4
1.	mróz	<b>M</b>	bardzo niska temperatura (pokrywa lodowa na ciekach wodnych, gołoledź)
2.	śnieg	<b>S</b>	intensywne opady przy niskiej temperaturze (zamiecie śnieżne, pokrywa śnieżna, gradobicie)
3.	deszcz	<b>E</b>	intensywne opady deszczu w dodatniej temperaturze powietrza, powódź
4.	wiatr	<b>W</b>	bardzo silne wiatry i wyładowania atmosferyczne (sztorm, huragan, trąba powietrzna, różnice ciśnienia atmosferycznego, turbulencja)
5.	upał	<b>U</b>	bardzo wysoka temperatura, usłonecznienie
6.	mgła	<b>G</b>	zjawiska ograniczające widzialność (mgła, niska podstawa chmur, pył wulkaniczny)

Każda z wymienionych kategorii może oddziaływać na elementy sektora transportu w 4-stopniowej skali wrażliwości, opisanej w tabeli 13.

**Tabela 13. Skala wrażliwości oddziaływania klimatu na element sektora transportu**

Stopień wskaźnika wrażliwości	Warunki	Charakterystyka oddziaływania
1	2	3
<b>0</b>	neutralne	warunki korzystne lub obojętne
<b>1</b>	utrudniające	warunki utrudniające funkcjonowanie, występują odczuwalne utrudnienia w funkcjonowaniu transportu
<b>2</b>	ograniczające	warunki bardzo uciążliwe, obok utrudnień występują szkody, które powodują ograniczenia w funkcjonowaniu transportu lecz go nie wstrzymują
<b>3</b>	uniemożliwiające	warunki uniemożliwiające funkcjonowanie danego elementu sektora transportu



Elementy sektora transportu pogrupowano w sposób uproszczony, sygnalizujący intencję podziału (na: infrastrukturę, środki transportu, komfort socjalny) i przedstawiono w tabeli 14.

**Tabela 14. Elementy sektora transportu**

L.p.	Rodzaj transportu	Rodzaje elementów sektora		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
1.	transport drogowy	drogi i obiekty inżynierskie, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	autobusy, pojazdy ciężarowe, samochody osobowe, tramwaje	warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów
2.	transport kolejowy	linie i sieci kolejowe, obiekty inżynierskie, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	pociągi, autobusy, urządzenia przeładunkowe	warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów
3.	transport lotniczy	lotniska, drogi kołowania i postojowe, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	statki powietrzne, autobusy, urządzenia przeładunkowe	warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów
4.	żegluga śródlądowa	nabrzeża, porty, drogi wodne, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	statki wodne, urządzenia przeładunkowe	warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów

Analiza przeprowadzona w pkt. 5 wskazuje na potrzebę rozszerzenia zakresu czynników w odniesieniu do transportu lotniczego. Mogą one jednak stanowić czynnik doprecyzowujący warunki w ramach zaproponowanych sześciu kategorii.

## **8. ANALIZA OBSZARÓW WRAŻLIWOŚCI – PRESELEKCJA Z UWZGLĘDNIENIEM WSKAŹNIKÓW WRAŻLIWOŚCI.**

### **8.1. Wprowadzenie**

Zaproponowany system wskaźników został zweryfikowany przez usystematyzowanie wskazanych wyżej elementów wrażliwych na czynniki klimatyczne oraz ograniczenie czynników do najsilniej wpływających na poprawne funkcjonowanie szeroko rozumianej usługi transportowej w zakresie transportu: drogowego, kolejowego, lotniczego i żeglugi śródlądowej.

W odniesieniu do każdego rodzaju transportu zestawiono tabelarycznie zarówno ocenę stopnia uciążliwości czynników klimatycznych, jak i wyniki analizy istotności tych czynników dla poszczególnych rodzajów transportu (drogowy, kolejowy, lotniczy lub śródlądowy) oraz dla różnych elementów sektora (infrastruktura, sprawność środków transportowych, komfort socjalny pracy i podróży). Wyniki przeprowadzonej oceny uciążliwości klimatu przedstawiono w tabeli 9. (pkt. 6.2.)

### **8.2. Wyniki analizy porównawczej stopnia uciążliwości elementów klimatu**

Jak podano w pkt. 6.2. wyspecyfikowane przez respondentów czynniki klimatyczne zostały ocenione dosyć ostrożnie i większość ocen oscyluje w granicach 1,5÷2,0. Zgodnie z opiniami respondentów transport lotniczy w najmniejszym stopniu odczuwa uciążliwości związane z anomaliami pogodowymi, a najbardziej wrażliwy na nie jest transport kolejowy. Taka ocena wydaje się jednak być nie do końca uprawniona – wskazuje raczej na stopień przygotowania na wystąpienie ekstremalnych zjawisk pogodowych.

W każdej z analizowanych kategorii klimatycznych występowały czynniki klimatyczne o zróżnicowanym charakterze, określanym w skali ocen od 1 do 3. Na tej podstawie wyniki ankiety przedstawiono w ujęciu hierarchicznym w tabelach 15.÷18., wykazując, która z kategorii klimatycznych ma największy wpływ na zaburzenia w funkcjonowaniu poszczególnych grup elementów w czterech rodzajach transportu

**Tabela 15. Istotność oddziaływania umownej kategorii klimatycznej na funkcjonowanie transportu drogowego**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Rodzaje elementów sektora transportu drogowego		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
<b>1.</b>	mróz	1-2	<b>2-3</b>	1-2
<b>2.</b>	śnieg	<b>2-3</b>	0-1	1-2
<b>3.</b>	deszcz	<b>2-3</b>	1 (3 <sup>*)</sup> )	2
<b>4.</b>	wiatr	1-2	2	1
<b>5.</b>	upał	2	1	2
<b>6.</b>	mgła	-	-	<b>2-3</b>

<sup>\*)</sup> - zjawisko wystąpiło jednorazowo, ma nieistotne znaczenie statystyczne w skali roku

**Tabela 16. Istotność oddziaływania umownej kategorii klimatycznej na funkcjonowanie transportu kolejowego**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Rodzaje elementów sektora transportu kolejowego		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
<b>1.</b>	mróz	<b>2-3</b>	-	1
<b>2.</b>	śnieg	<b>2-3</b>	1	1
<b>3.</b>	deszcz	<b>2-3</b>	-	1
<b>4.</b>	wiatr	<b>2-3</b>	-	-
<b>5.</b>	upał	1-2	-	1
<b>6.</b>	mgła	-	-	1

**Tabela 17. Istotność oddziaływania umownej kategorii klimatycznej na funkcjonowanie transportu lotniczego**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Rodzaje elementów sektora transportu lotniczego		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
<b>1.</b>	mróz	1	1-2	-
<b>2.</b>	śnieg	<b>2-3</b>	1	1
<b>3.</b>	deszcz	1	1	1
<b>4.</b>	wiatr	1-2	<b>2-3</b>	1-2
<b>5.</b>	upał	1	<b>2-3</b>	1
<b>6.</b>	mgła	-	<b>2- 3</b>	1

**Tabela 18. Istotność oddziaływania umownej kategorii klimatycznej na funkcjonowanie żeglugi śródlądowej**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Rodzaje elementów sektora żeglugi śródlądowej		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
<b>1.</b>	mróz	<b>2-3</b>	2	2
<b>2.</b>	śnieg	2	2	-
<b>3.</b>	deszcz	1-2	-	-
<b>4.</b>	wiatr	2	<b>3</b>	-
<b>5.</b>	upał	-	2	1
<b>6.</b>	mgła	-	2	-

### 8.3. Przykładowa preselekcja z uwzględnieniem wskaźników wrażliwości

Zaprezentowane w pkt. 8.2. oceny istotności oddziaływania umownych kategorii klimatu na funkcjonowanie poszczególnych rodzajów sektora transportu wskazują na to, że każdy z rodzajów transportu jest silnie wrażliwy na klimat w nieco innym obszarze. Przykładowo (por. tab. 15.-18.) największa wrażliwość na ekstremalne zjawiska pogodowe, (stopień uciążliwości 2-3 lub 3) występuje w odniesieniu do:

- transport drogowy: infrastruktura (śnieg, deszcz), środek transportu (mróz), komfort socjalny (zamglenia),
- transport kolejowy: infrastruktura (mróz, śnieg, powódź, wiatr),
- transport lotniczy: infrastruktura (śnieg), środek transportu (wiatr, upał, zamglenia),
- żegluga śródlądowa: infrastruktura (mróz), środek transportu (wiatr).

Takie zróżnicowanie powinno znaleźć odzwierciedlenie w specyfikacji elementów wrażliwych na zmiany klimatu, czego przykład przedstawiono w tabeli 19. w odniesieniu do infrastruktury w sektorze transportu.

Treści przedstawione w tabeli 19. dają pewien pogląd na rozległość problemu wyspecyfikowania poszczególnych elementów sektora transportu, które mogą podlegać oddziaływaniu klimatu i w odniesieniu, do których należy opracować sposób postępowania w wypadku przewidywania istotnych zmian klimatycznych. Opracowanie pełnej specyfikacji powinno stanowić temat odrębnego opracowania.

**Tabela 19. Przykładowe oddziaływanie umownych kategorii klimatu na infrastrukturę w sektorze transportu na etapie: prac badawczych, budowy i utrzymania budowli**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Przykładowe oddziaływanie na infrastrukturę
1	2	3
1.	mróz	Mrozoodporność materiałów budowlanych
		Mrozoodporność podłoża nawierzchni drogowych (wysadziny mrozowe, profil temperatury w nawierzchniach drogowych)
		Głębokości przemarzania gruntu (wahania temperatury)
		Spękania niskotemperaturowe lepiszcza asfaltowego
		Zamarzanie rozjazdów kolejowych
		Stosowanie przykrycia namiotowego podczas prac budowlanych w celu odizolowania się od zmiennych warunków atmosferycznych
		Ocena wrażliwości na niskie temperatury wikliny i zakrzewień stosowanych do umocnienia skarp drogowych
		Wpływ temperatury powietrza na pracę konstrukcji mostowych
2	śnieg	Odśnieżanie: tras komunikacyjnych, dachów budynków
		Wyposażenie obwodu autostradowego i drogowego w pojazdy i urządzenia do wykonywania robót utrzymaniowych, ze względu na utrzymanie zimowe
		Likwidacja: śliskości, gołoledzi
3	deszcz	Osuwiska powierzchni skarp nasypów i wykopów drogowych (nawodnienie, spękania)
		Rozmycie: fundamentów budowli, nasypów drogowych
		Skurcz i pęcznienie gruntów spoistych. - spodziewany wzrost zagrożeń z powodu zmian klimatu
4	wiatr	Budowa wysokich obiektów mostowych wymaga prowadzenia studiów klimatologicznych, określających np. kierunki wiatrów, wpływ podpór na zaburzenia przepływu powietrza
5	upały	Oznaczanie temperatury mięknięcia i badanie starzenia asfaltu
		Wpływ promieniowania UV na właściwości mechaniczne tworzyw sztucznych stosowanych np. do ekranów przeciwdźwiękowych lub geowłóknin
6	mgła	Ograniczenia w pracy dźwigów montażowych
		Potrzeba specjalnego oznakowania drogi, lotniska, ciekłu wodnego