Skutki ekstremalnych zjawisk meteorologicznych w Polsce

dr hab. Irena Tsermegas, dr Katarzyna Grabowska

Zadanie finansowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016-2020

Skutki ekstremalnych zjawisk meteorologicznych w Polsce

Irena Tsermegas, Katarzyna Grabowska
Uniwersytet Warszawski
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

Maków Podhalański w lipcu 2001 r. (fot. P. Melzer; źródło: Franczak i in. 2016)

Badanie **ekstremalnych zjawisk** (zdarzeń) meteorologicznych i ich **skutków** w środowisku **przyrodniczym** i **społecznym** $\Leftarrow$ wywierają **duży wpływ na** funkcjonowanie **człowieka** + prognozy wzrostu częstości.

Ekstremalne zjawiska pogodowe od dawna interesowały ludzkość (opisy w dziennikach, kronikach – potwierdzają **znaczący** ich **wpływ na życie ludzi**).

Badania zdarzeń ekstremalnych coraz częściej ukierunkowane na **wykorzystanie w praktyce**, np.:

- wpływ silnego wiatru na **awarie sieci energetycznych**,
- analiza **skutków** konkretnych zdarzeń ekstremalnych,
- możliwości ich **prognozowania**.

Współczesne **zmiany klimatu** ⇒ **wzrost częstości i intensywności groźnych zjawisk** pogodowych, również w Polsce.

Dotyczy większości elementów meteorologicznych:

- **temperatury powietrza** (np. fale upałów, mrozów – warunki ekstremalne, gwałtowne zmiany warunków)
- **opadów** (zwiększenie udziału opadów nawalnych, większe sumy w poszczególnych epizodach),
- **wiatru** (zmiana pola wiatrów, szlaku cyklonów ekstratropikalnych – strefa umiarkowana, wzrost prędkości),
- **zjawisk atmosferycznych** (np. burze, grad, trąby lądowe i wodne, wiatry huraganowe, susze).

Skutki ekstremalnych zjawisk meteorologicznych – efekt **nakładania się przyczyn** (czynników) atmosferycznych + geologicznych, morfologicznych, społeczno-politycznych, sposobu użytkowania terenu (wylesienie, urbanizacja, uszczelnienie powierzchni).

Zjawisko ekstremalne

Brak **jednoznacznej definicji** ekstremalnych zjawisk meteorologicznych:

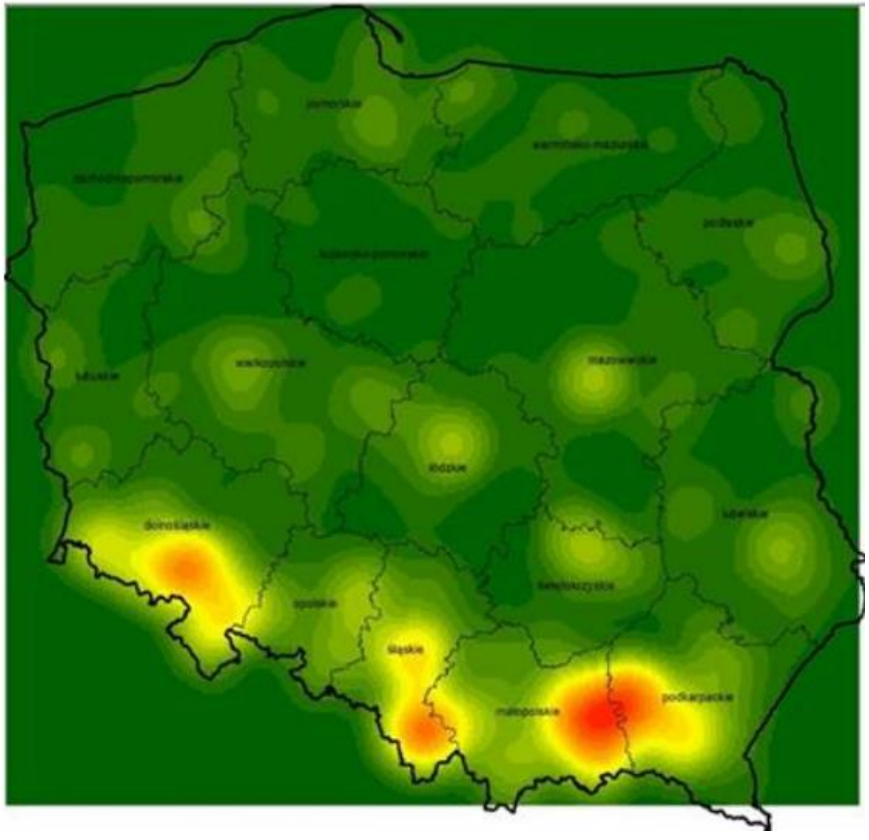
- **Rzadko występują** na danym obszarze, z prawdopodobieństwem **nie większym niż 10%** (IPCC 2007).
- Ich natężenie osiąga wartość krytyczną, przy której widoczne są **skutki niszczycielskie** danego zjawiska zagrażające ludności i infrastrukturze (Lorenc i in. 2012).

Główne zagrożenia naturalne w Polsce – **powodzie** i **osuwiska**

Ścisły związek z **opadami atmosferycznymi** (i z rzeźbą)

Typy opadów ekstremalnych (Starkel 2006)

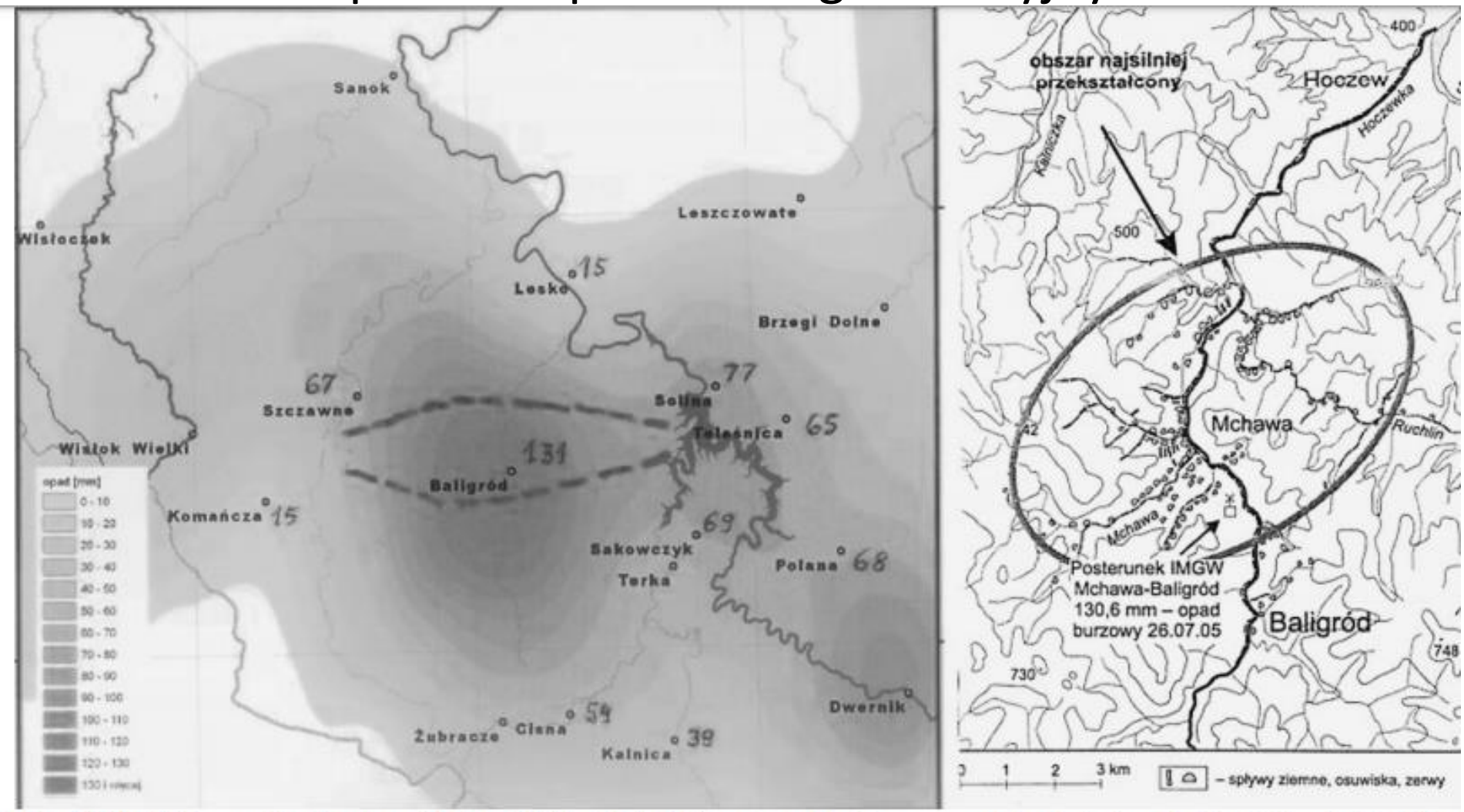
1. **Krótkotrwałe ulewy** (**mały zasięg** przestrzenny, duże natężenie minutowe: **2-4 mm/min** lub więcej, czas trwania **do kilku godzin**, wysokość **20-150 mm** – w warunkach polskich) ⇒ intensywne **spłukiwanie**, a nawet **spływy błotne**, na stromych stokach wysokogórskich **spływy gruzowe**, w małych zlewniach **lokalne wezbrania**.



Gęstość występowania negatywnych skutków spowodowanych deszczami nawalnymi

(źródło: Zaktualizowana metodyka… 2018)

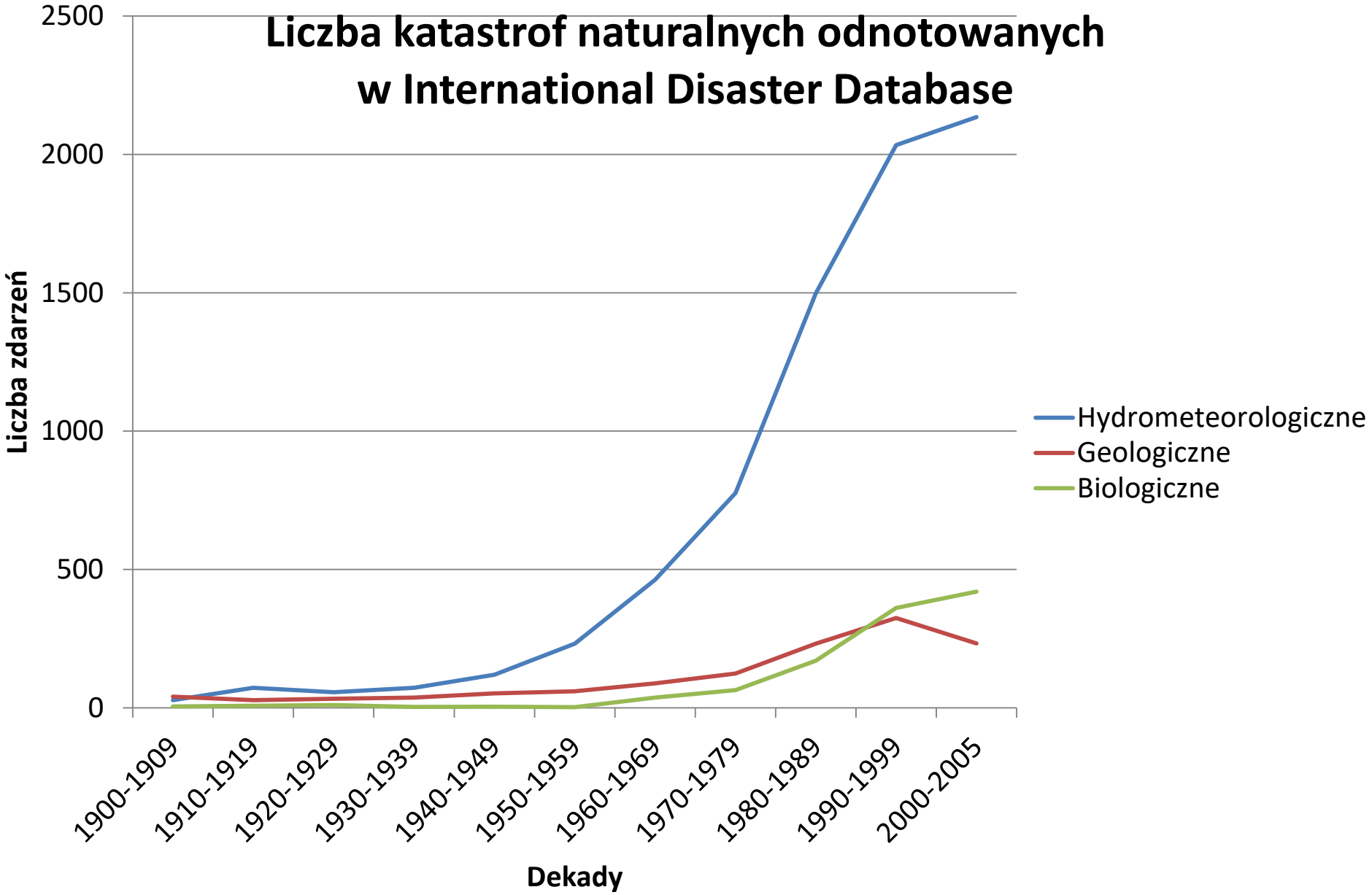
Izohiety opadu z 26.07.2005 koło Baligrodu i jego skutki zapisane w procesach grawitacyjnych.



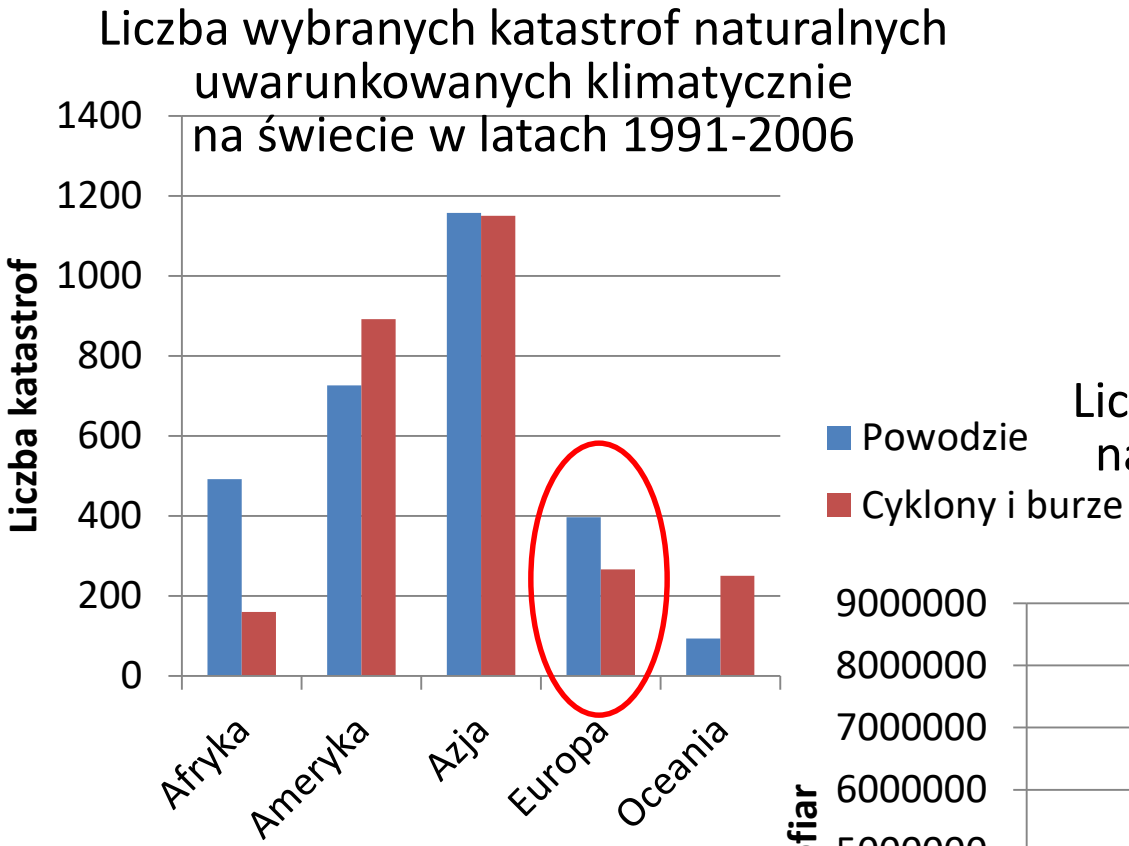
Zestawił L. Starkel (2011) na podstawie Cebulaka i in. (2008) oraz Gorczycy i Wrońskiej-Wałach (2008).

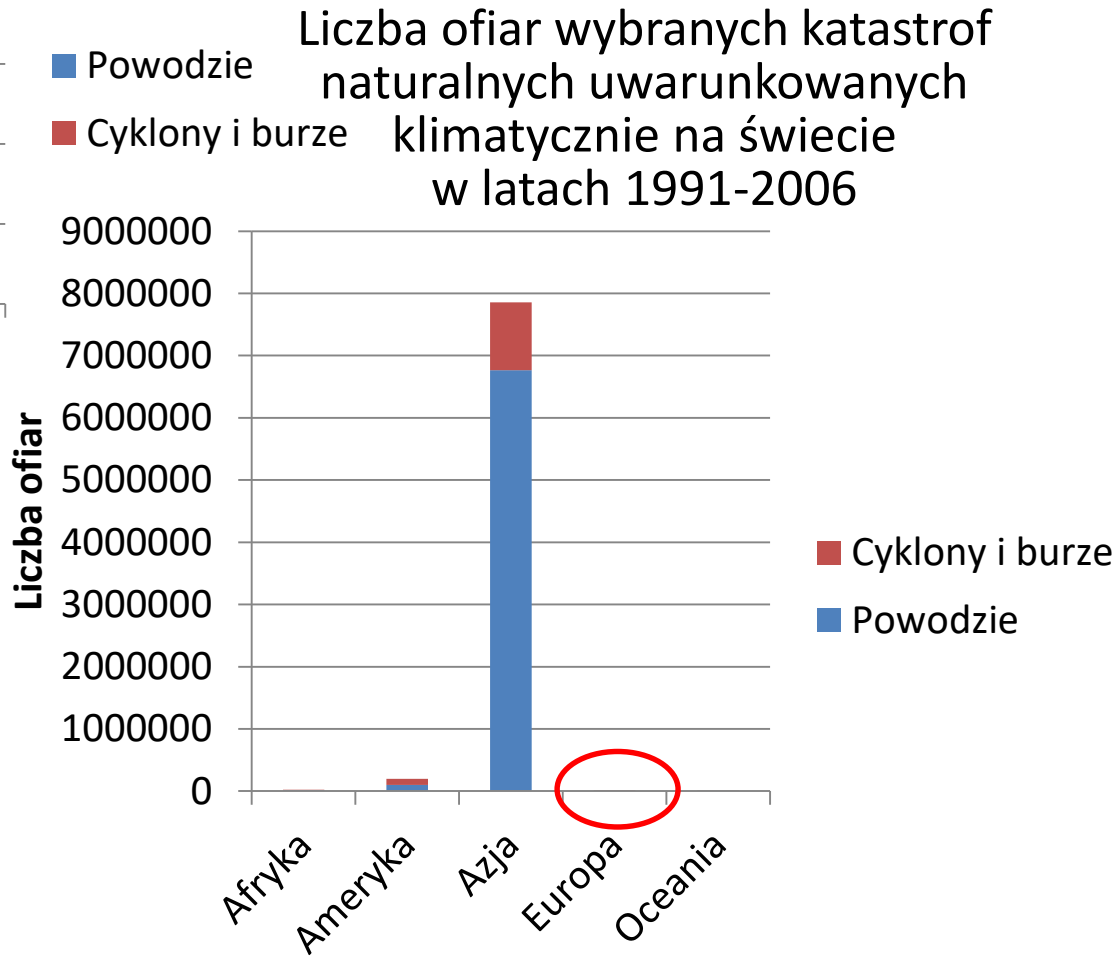
2. **Opady rozlewne** (natężenie kilka **do 20 mm/h**, czas trwania **kilkanaście godzin do 3 dni**, łączna suma **200-500 mm**. Obejmują dorzecza o powierzchni kilkuset do nawet kilku **tysięcy km^2**) $\Rightarrow$ słabe **spłukiwanie powierzchniowe**, **skoncentrowany spływ linijny i śródpokrywowy** $\Rightarrow$ **wystąpienia potoków z brzegów** koryt, **zjawiska osuwiskowe**, intensywne **procesy sufozyjne**.

3. **Pory opadowe** trwające kilka **tygodni**, a nawet **miesięcy** (deszcze o **niewielkim natężeniu** padają **z przerwami**, łączna suma opadów często **>500 mm** $\Rightarrow$ kilkakrotnie przekracza **wartości progowe** $\Rightarrow$ uruchamia **procesy grawitacyjne**, długotrwały **spływ śródpokrywowy** i **wysokie stany wody w rzekach**.



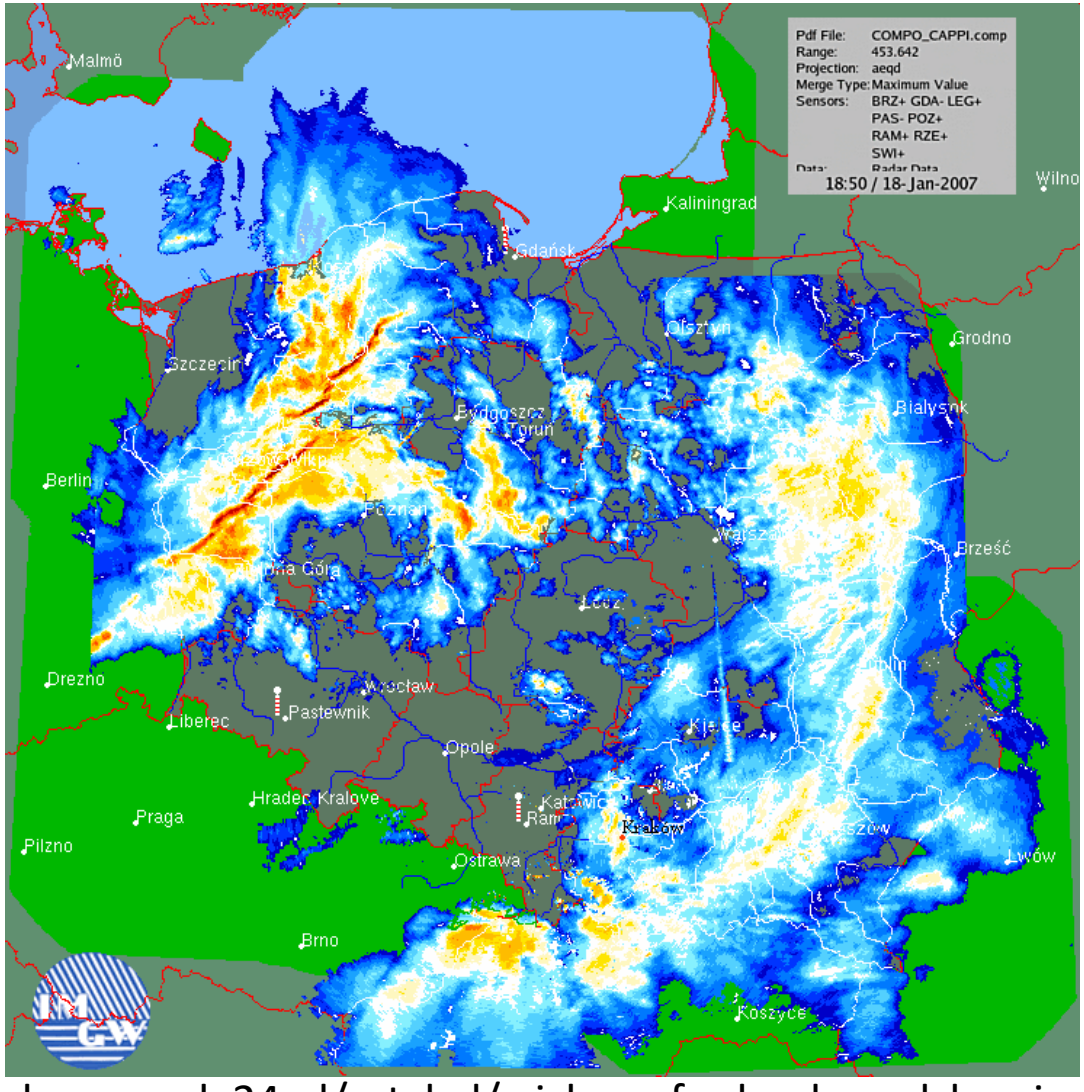
Na podstawie danych z International Disaster Database [www.emdat.be]





Na podstawie danych z International Disaster Database [www.emdat.be]

Dane radarowe IMGW z wyraźną linią szkwału

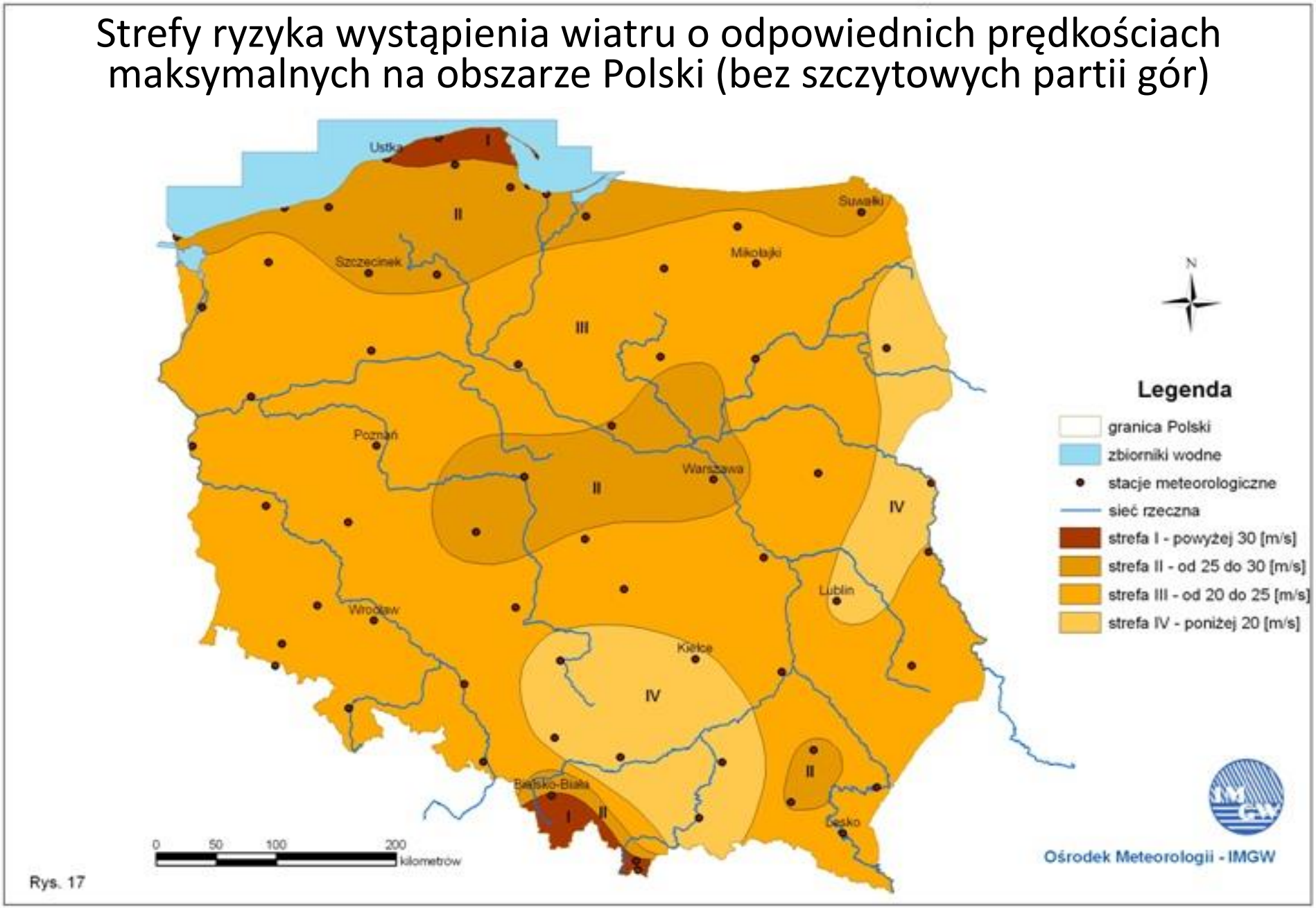


Huragan Cyryl (18.01.2007)

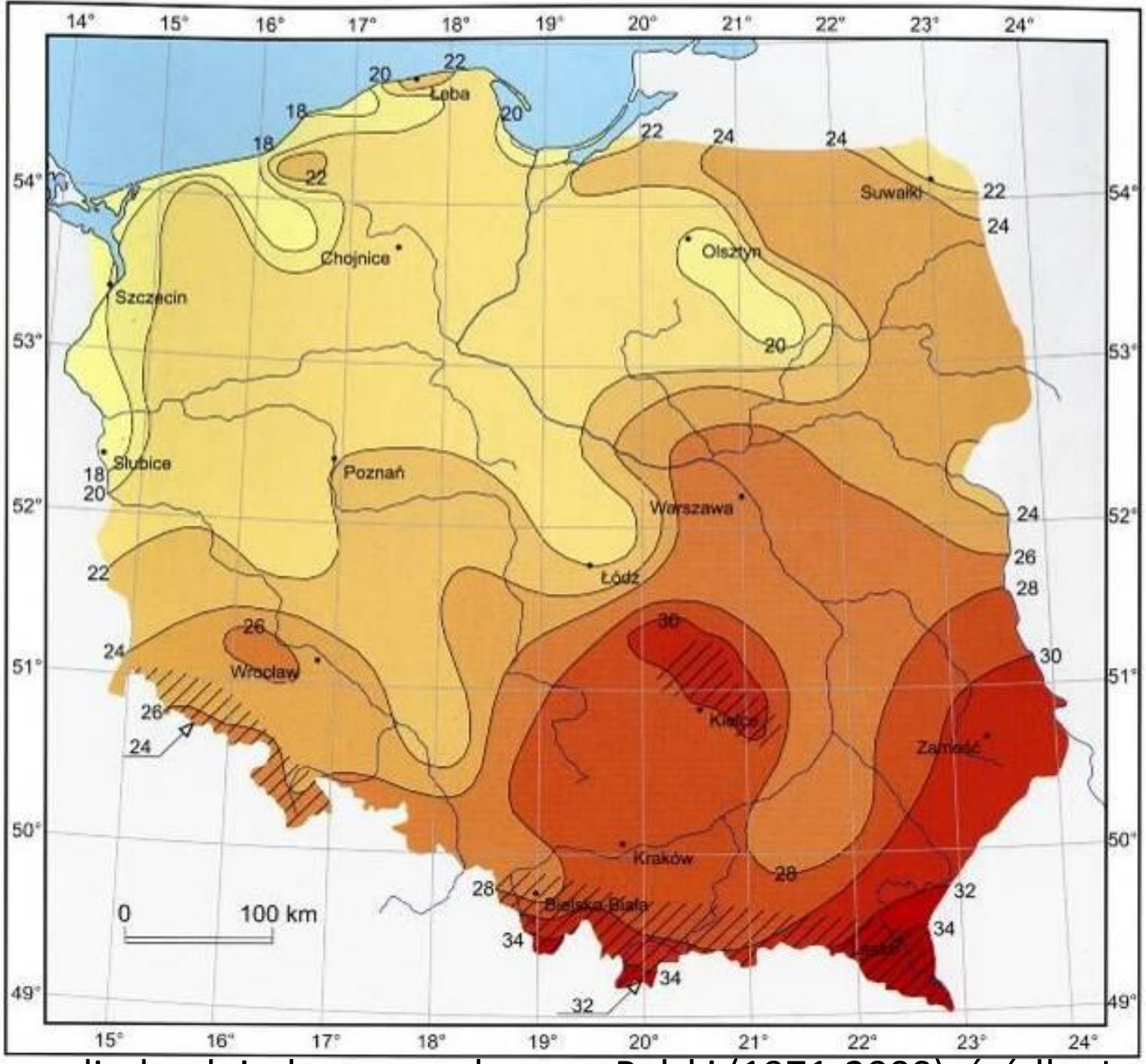
(Źródło: https://dobrapogoda24.pl/artykul/wichura-fryderyka-polska-niemcy-rocznica-cyryl)

Ryzyko wystąpienia groźnych zjawisk pogodowych
→ regiony szczególnie zagrożone

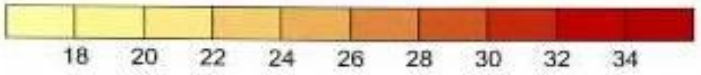
Strefy ryzyka wystąpienia wiatru o odpowiednich prędkościach maksymalnych na obszarze Polski (bez szczytowych partii gór)



Źródło: IMGW



Średnia roczna liczba dni z burzą na obszarze Polski (1971-2000), źródło: Lorenc 2005)

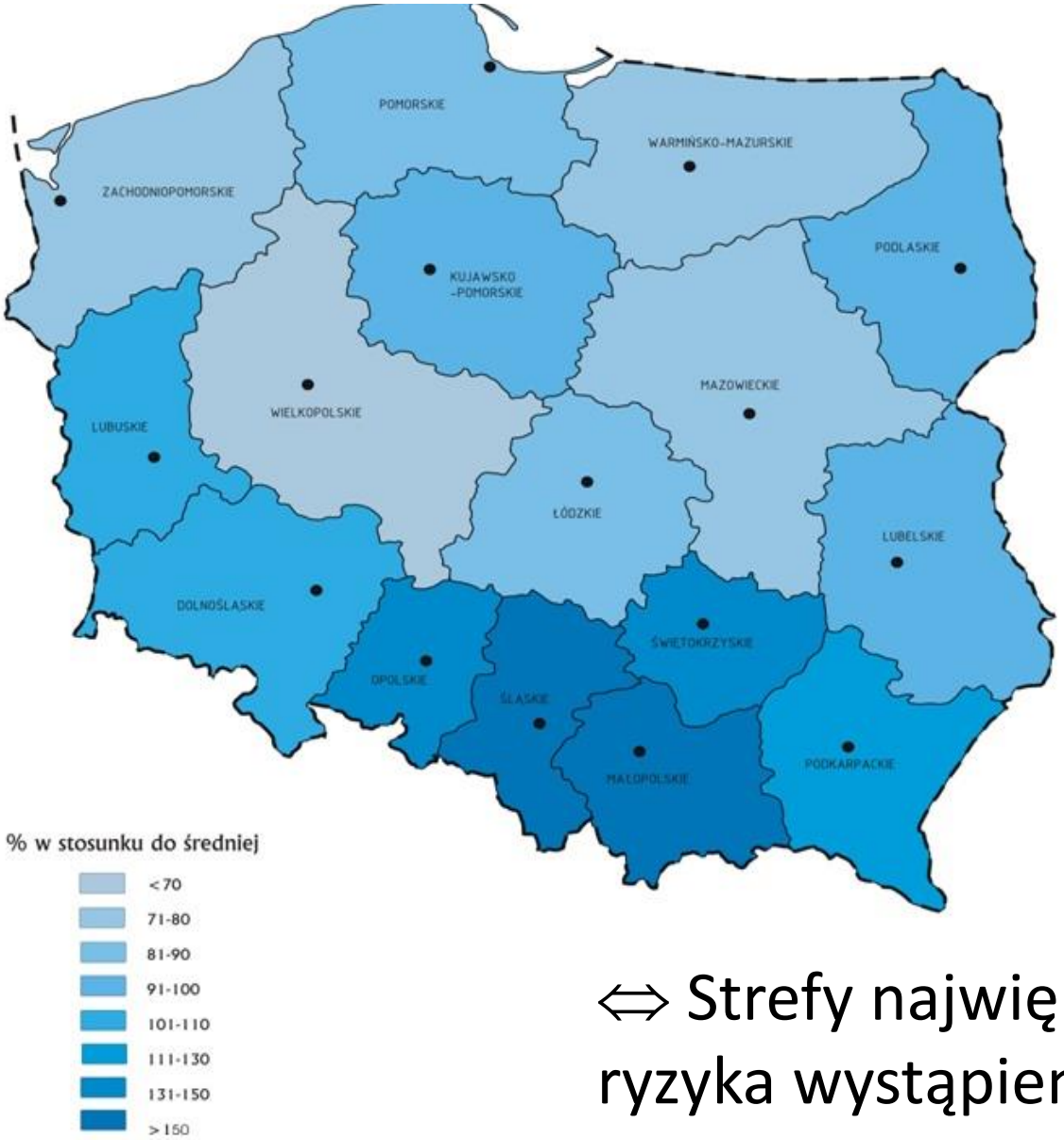


Porażenia piorunem ludzi w Polsce w latach 2001-2006

Rok	Porażenia śmiertelne wg GUS $OŚ_{GUS}$	Porażenia śmiertelne wg GW $OŚ_{GW}$	Ofiary, które przeżyły wg GW OP_{GW}	Oszacowana liczba rzeczywistych ofiar, które przeżyły OP^{*}_{rzecz}	Oszacowana liczba wszystkich ofiar ($OŚ_{GUS}+OP^{*}_{rzecz}$)
2001	17	11	17	36	53
2002	12	6	5	10	22
2003	10	5	4	8	18
2004	11	3	23	48	59
2005	7	4	8	17	24
2006	3	2	4	8	11
Suma	60	31	61	127	187
Średnia	**10**	**5**	**10**	**21**	**31**

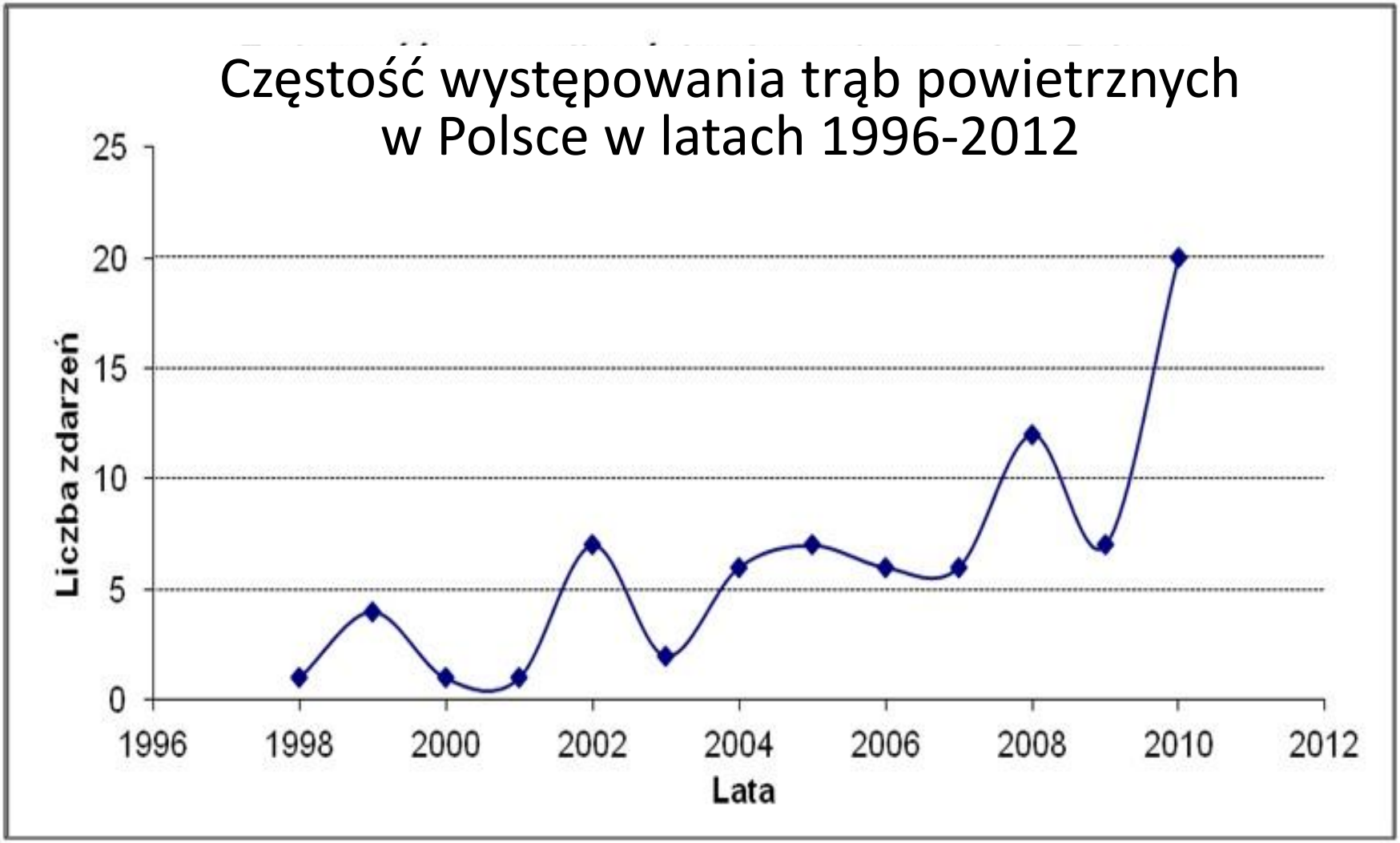
(Źródło: Łoboda 2009)

Stosunek częstości liczby dni z gradem w poszczególnych województwach względem średniej dla Polski w przeliczeniu na 100 km^2 (1960-1978); źródło: IMGW



⇔ Strefy największego ryzyka wystąpienia gradu

Trąby powietrzne – najczęściej na: Wyżynach Małopolskiej i Lubelskiej, po Mazowsze, na Podlasiu i Pojezierzu Mazurskim.



Źródło: IMGW

Tornado – gwałtownie obracająca się kolumna powietrza, będąca w kontakcie z ziemią, widoczna w postaci leja kondensacyjnego lub przedmiotów i odłamków wirujących nad podłożem.

Średnica tornada – do około kilkuset metrów

Prędkość wiatru w wirze - do ponad 300 km/h (83 m/s)

Intensywność tornad (skala Fujity – na podstawie zniszczeń):

F0 – <117 km/h (64-116 km/h)

F1 – 117-180 km/h

F2 – 181-253 km/h

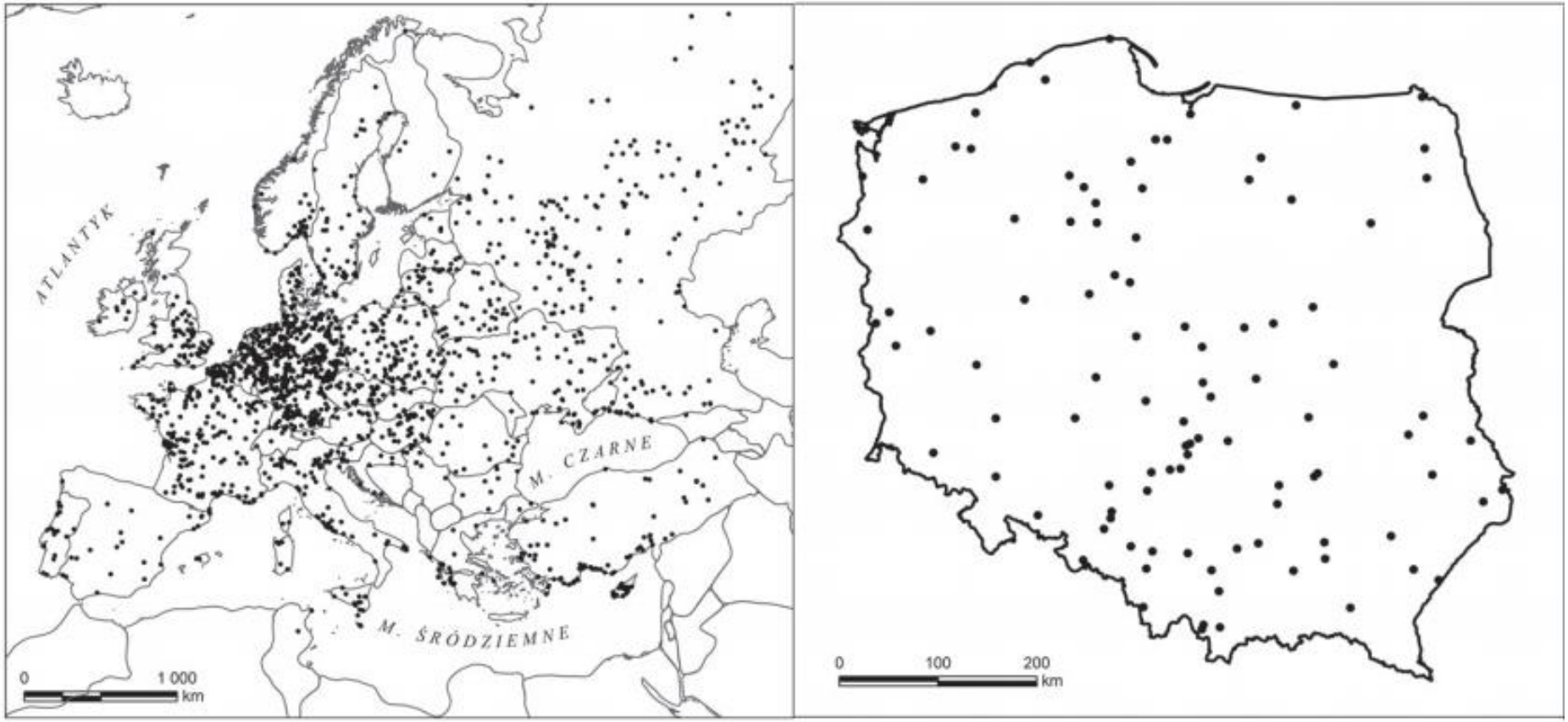
F3 – 254-332 km/h

F4 – 333-418 km/h

F5 – 419-512 km/h

F6 – >512 km/h (nie zanotowano)

Miejsca w Europie i w Polsce, gdzie w latach 1998-2013 odnotowano wystąpienie tornad



wg L. Wieczorek (2016)

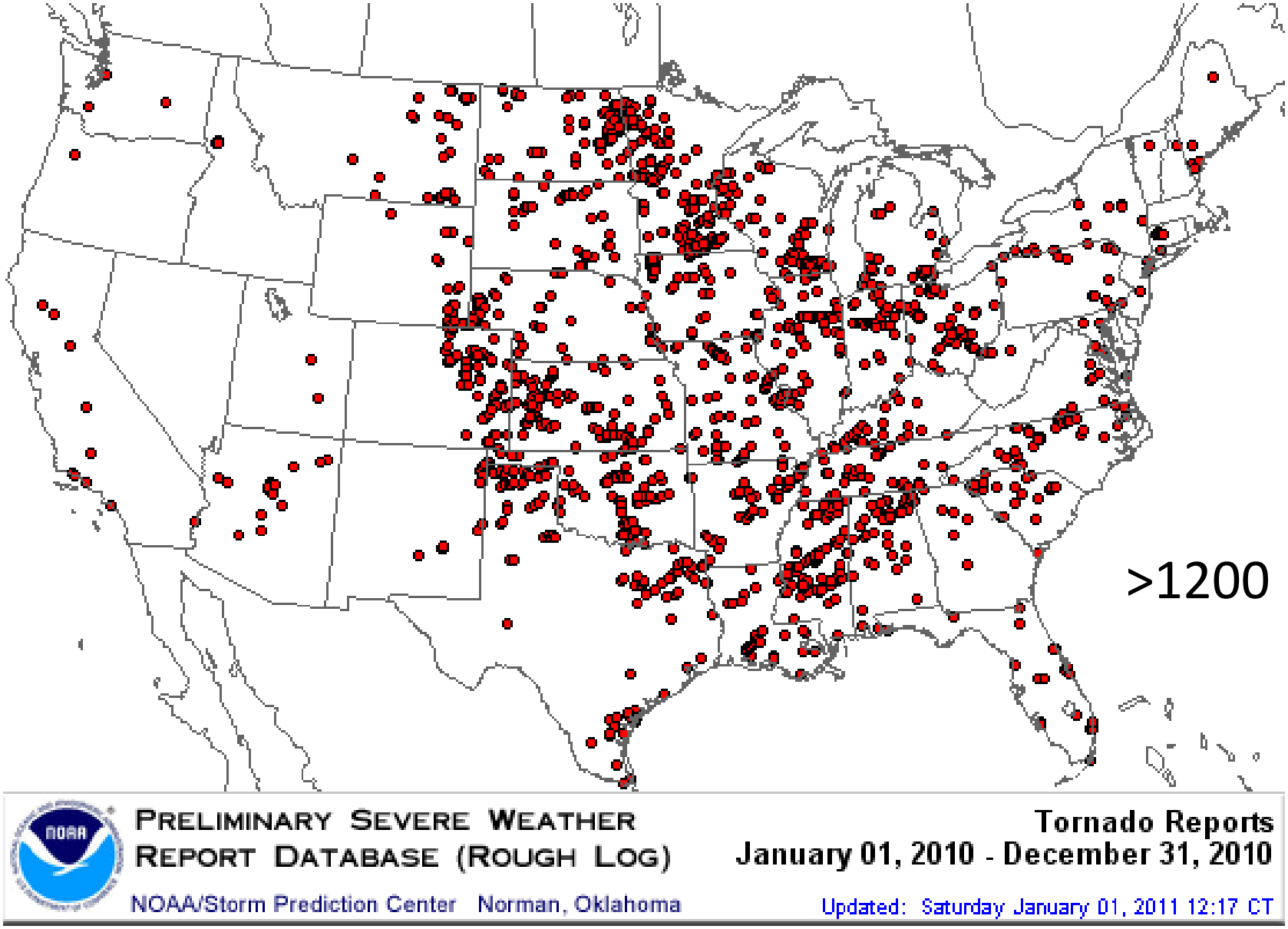
Fotografie medialne zebrane przez J. Popławską (2016)

Tornada i downburst w Polsce

Data	Liczba tornad	Województwo	Maksymalna intensywność	Liczba ofiar / liczba rannych
20.07. 2007	5	śląskie, łódzkie, świętokrzyskie	F3	0 / 0
22.07. 2007	2	lubelskie	F2	0 / 4
15.08. 2008	10	śląskie, opolskie, łódzkie	F3	0/15+40
16.08. 2008	2	podlaskie, mazowieckie	F1	0/0
14.07. 2012	3	kujawsko-pomorskie, pomorskie	F3	1/7

Wg danych European Severe Weather Database (ESWD)

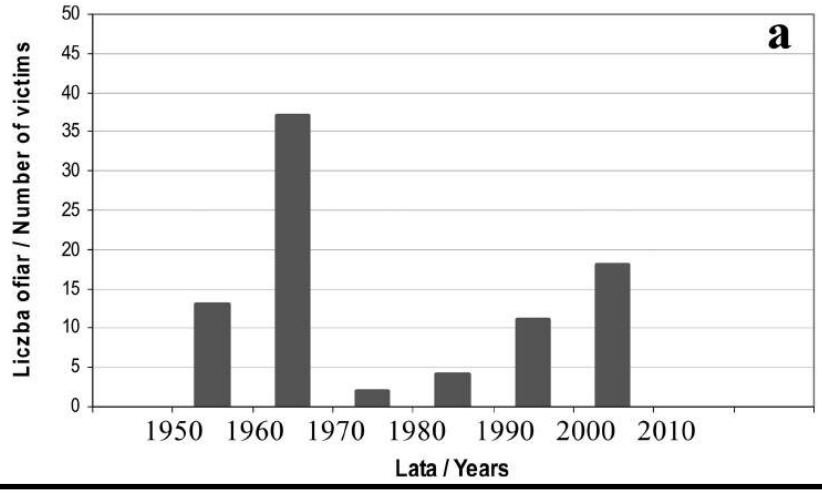
Tornada w USA w 2010 r.

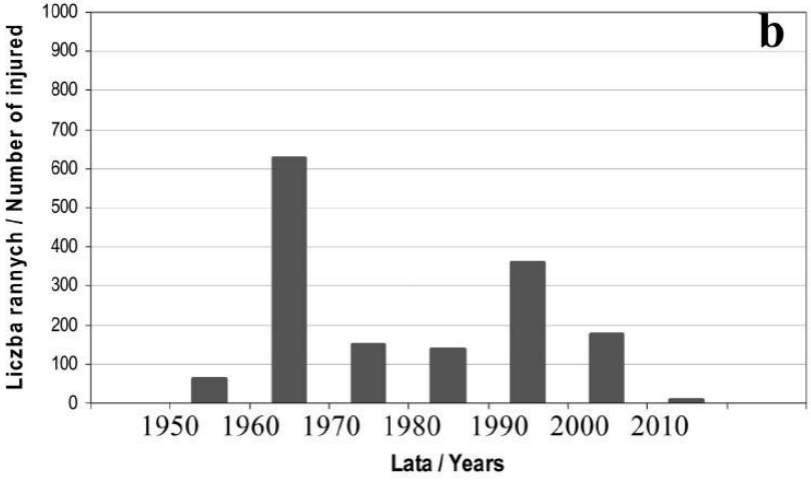


(Źródło: https://www.weather.gov/cle/event_2010_notable)

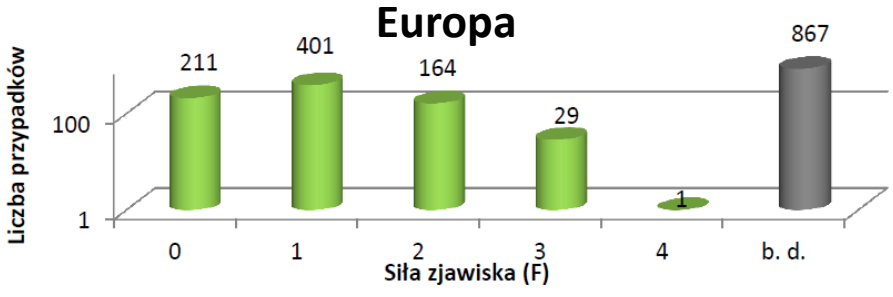
Liczba zabitych i rannych w wyniku tornad w USA (1950-2012)

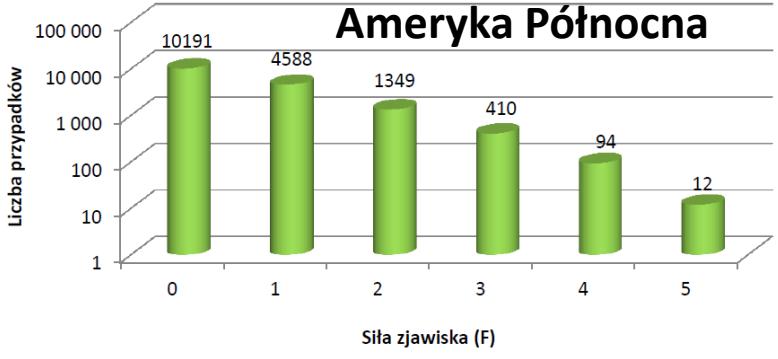
wg J. Popławskiej (2014)





Liczba trąb powietrznych o określonej sile (wg skali F) w Europie i Ameryce Północnej (2000-2011) (Leziak 2013).





Prognozy dotyczą głównie warunków pogodowych sprzyjających wystąpieniu tornada lub trąby; pojedyncze wiry można przewidzieć z co najwyżej 20-minutowym wyprzedzeniem.

Silne wiatry

(orkany: 2004, 2006, 2007, 2008 [3], 2010, 2011 [2], 2012, 2013, 2017 [2], 2018)

Data	Nazwa	Liczba ofiar / liczba rannych	Liczba gospodarstw bez prądu
5/6.12.2013	Orkan Ksawery	5/77	500 tys.
2/6.10.2017	Orkan Ksawery	-/23 (2/45?)	360 tys.
17/19.01.2018	Orkan Fryderyka	-/2	55 tys.

Inne skutki:
Uszkodzone linie energetyczne, powalone drzewa, zerwane dachy i inne uszkodzenia budynków, problemy w komunikacji drogowej, kolejowej, morskiej, lotniczej.

(Źródło: https://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/polska,28/drzewa-lamaly-sie-jak-zapalki-orkan-ksawery-przeszedl-nad-polska,242942,1,0.html)

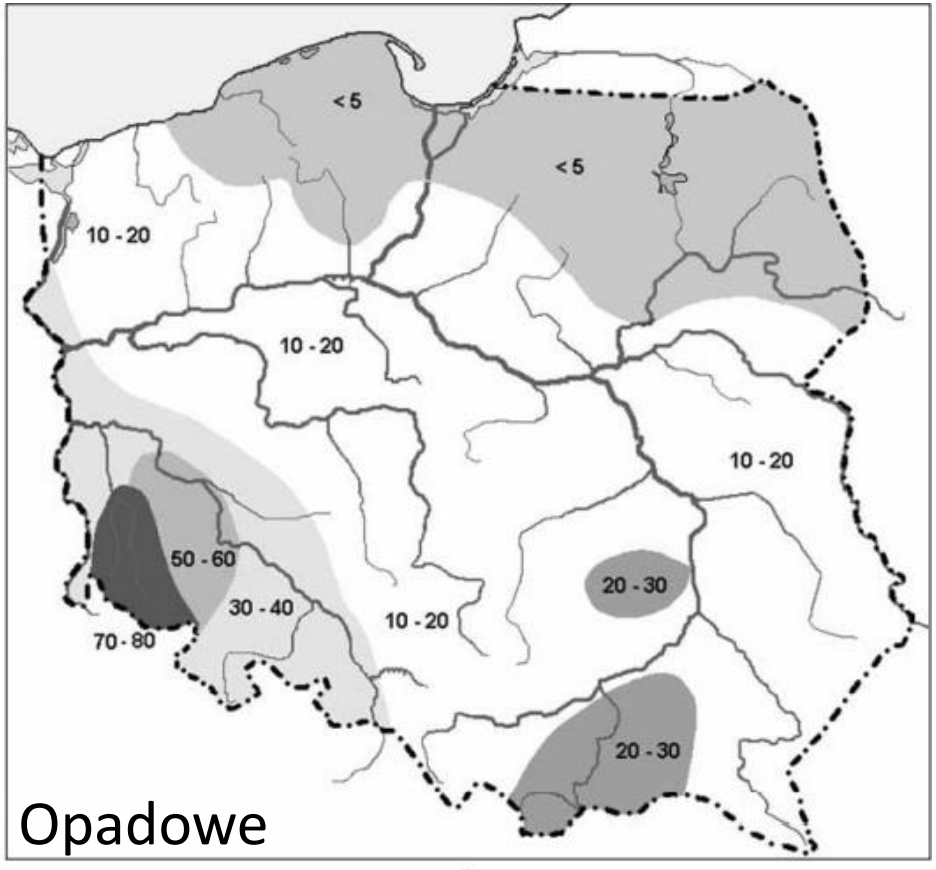
Wezbranie – wzrost poziomu wody w ciekach, zbiornikach, morzu niepowodujący szkód na terenie sąsiadującym.

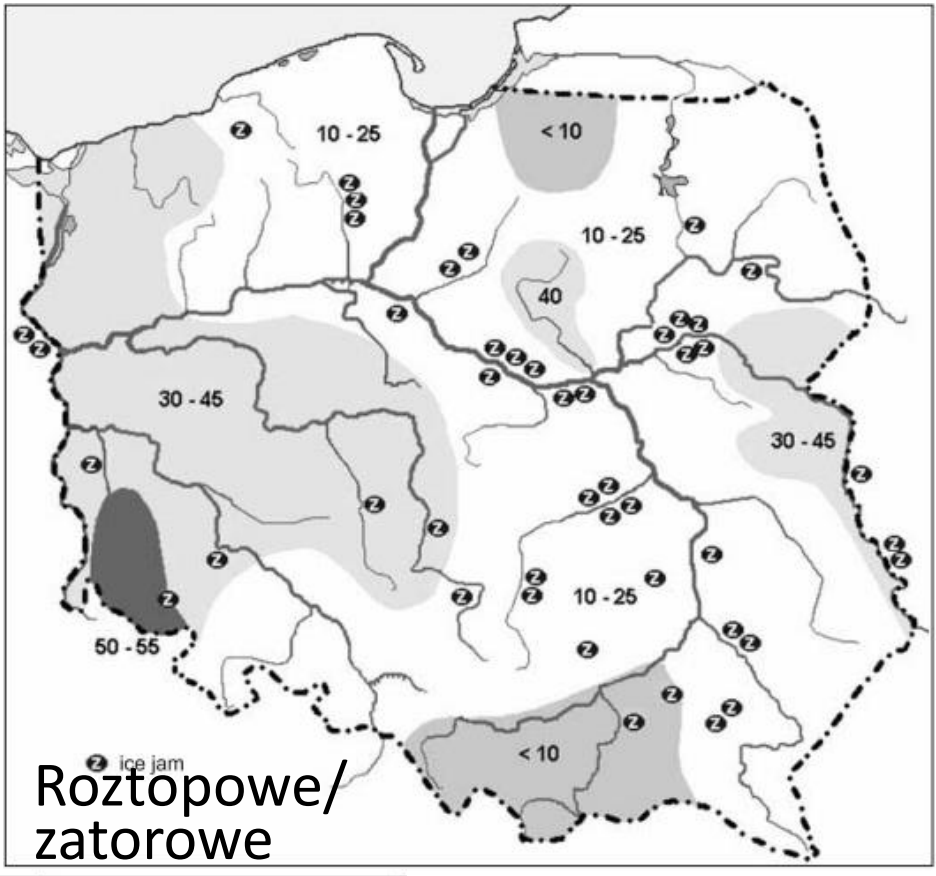
Powódź – wezbranie, podczas którego woda zalewa doliny i inne nisko położone tereny, co powoduje **zagrożenie dla ludności lub mienia**. Czasowe zalanie wodą terenu zazwyczaj niezalanego.

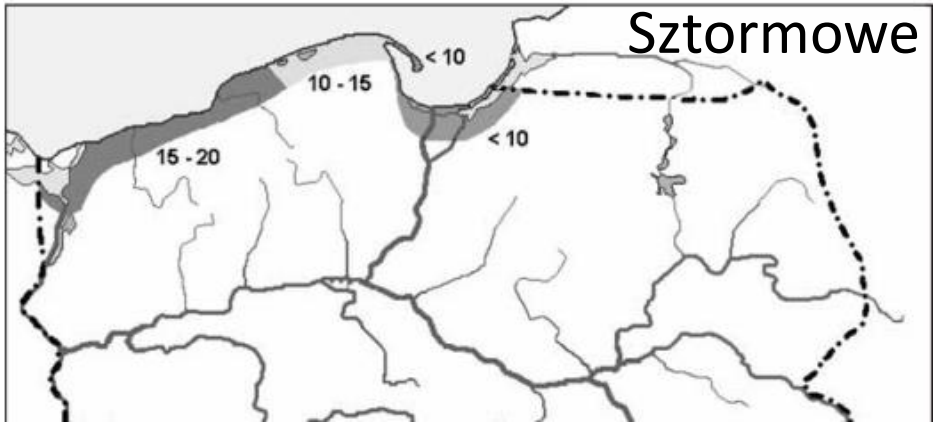
Główne typy powodzi:

- **opadowe** (dorzecze górnej i środkowej Odry i górnej Wisły)
- **roztopowe** (środkowa Wisła, Narew, Bug, Noteć, Warta)
- **zatorowe**
    - **sztormowe** (Żuławy, brzegi zalewów Wiślanego i Szczecińskiego)
    - **awaryjne**
    - **mieszane**

Liczba powodzi (wg typów) w latach 1946-2001







(Mierkiewicz i Sasim 2004)

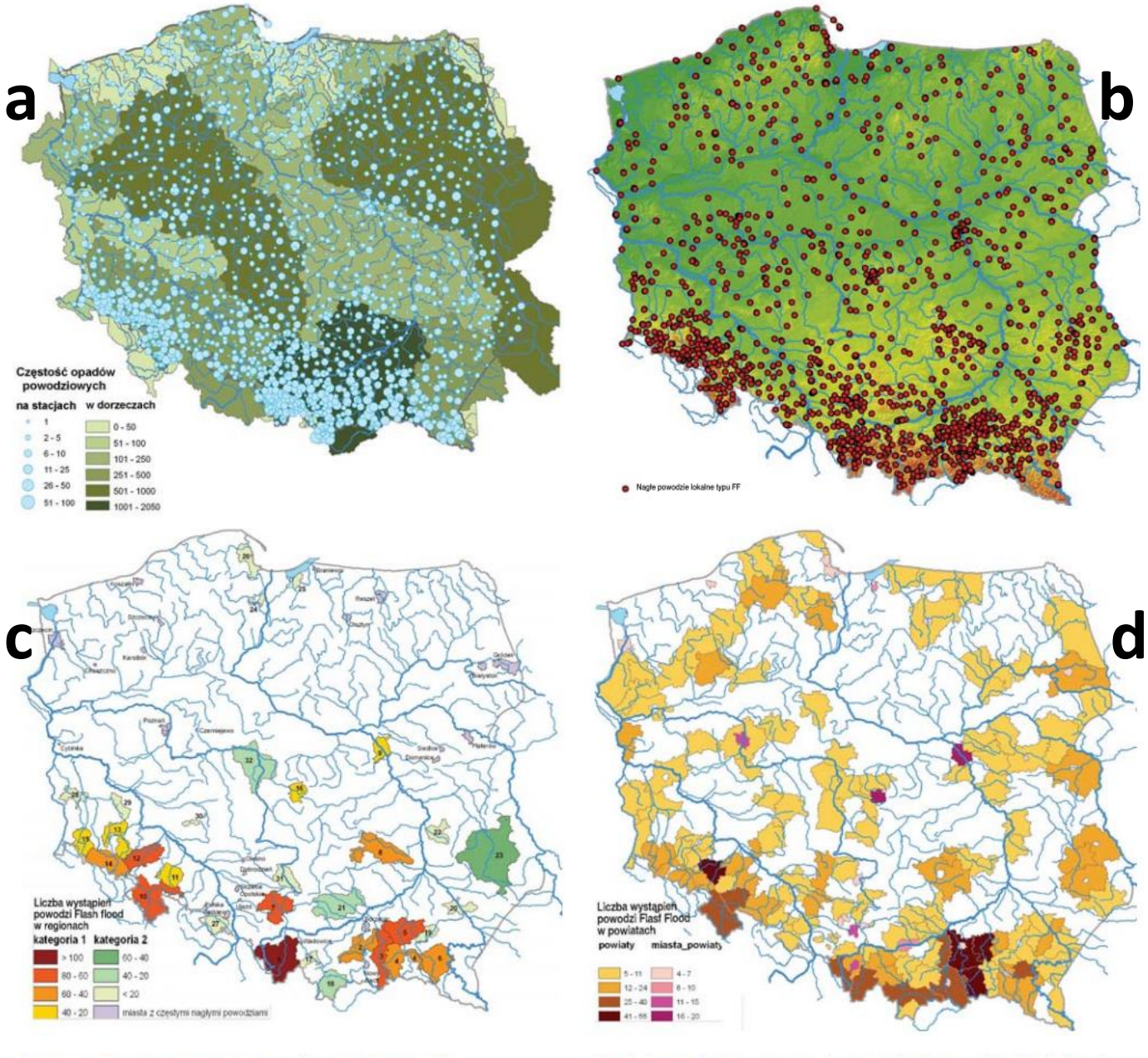
Powodzie błyskawiczne *(flash floods)* – bardzo szybki przebieg, czas koncentracji fali powodziowej – do kilku godzin po wystąpieniu nawalnych (krótkotrwałych, intensywnych) opadów; występują w małych zlewniach; zasięg przeważnie <100 km^2 , często <25 km^2 $\Rightarrow$ gwałtowne wezbrania w obrębie jednej lub kilku małych zlewni; skutki społeczno-ekonomiczne z reguły lokalne, choć często katastrofalne.

Gm. Myśliborzyce (Lubelszczyzna) – 19.06.2019 – opad około 70 mm/3 h, kilkadziesiąt gospodarstw pod wodą (lokalnie warstwa około 1 m).
(Źródło: https://www.twojapogoda.pl/wiadomosc/2019-06-19/wystarczyly-niecale-3-godziny-aby-kilkadziesiat-gospodarstw-znalazlo-sie-nawet-metr-pod-woda/)

Skutki ulewy w Gdańsku (11.05.2018; źródło: https://www.youtube.com/watch?v=vlGTykZ_66s)

Zerwany most na Kamienicy po gwałtownych opadach w lipcu 2018 r. (źródło: https://www.youtube.com/watch?v=JBjO1I9TLhw)

Częstość występowania opadów powodziowych (**a**), **rozkład** przestrzenny powodzi błyskawicznych (**b**), **regiony** ich występowania (**c**) i powiaty o największym **zagrożeniu** nagłymi powodziami typu flash flood (**d**) w latach 1971-2010 (Źródło: Opracowanie narzędzi…)



Przyczyny wzrostu zagrożenia powodziowego:

- Redukcja potencjału **retencji naturalnej** i zmniejszenie **szerokości zalewu** przez regulacje i obwałowania.
- $\Rightarrow$ **akumulacja osadów** w strefie międzywała $\Rightarrow$ zmniejszanie przekroju koryta $\Leftrightarrow$ brak miejsca dla wód wezbraniowych.
- Intensyfikacja procesów **urbanizacyjnych** $\Rightarrow$ **uszczelnienie powierzchni** $\Rightarrow$ zmiana struktury odpływu wód opadowych – zmniejszenie odpływu podziemnego i **wzrost odpływu powierzchniowego** $\Rightarrow$ gwałtowne wezbrania.
- Złudne **poczucie bezpieczeństwa** wynikające z obecności wałów przeciwpowodziowych.

Największe powodzie w Polsce na przestrzeni wieków (wg różnych źródeł; Kowalewski 2006)

Wiek Century	Lata, w których odnotowano wystąpienie powodzi Years of flood occurrence
X	988
XI	1097
XII	1118
XIII	1221, 1235, 125, 1270, 1299
XIV	1310, 1342, 1347, 1368
XV	1404, 1414, 1438, 1451, 1456, 1459, 1468, 1475, 1493
XVI	1500, 1501, 1515, 1564, 1570, 1593, 1598
XVII	1605, 1606, 1635
XVIII	1719, 1724, 1736, 1774
XIX	1813, 1829, 1844, 1854, 1855, 1889
XX	1903, 1924, 1925, 1934, 1940, 1947, 1948, 1953, 1958, 1960, 1962, 1965, 1970, 1972, 1976, 1977, 1979, 1980, 1982, 1983, 1985, 1987, 1994, 1996, 1997
XXI	2001, 2005,? **2010**

Powódź opadowa w lipcu 1997 r.

Dorzecze Odry i Wisły.

Przyczyny – 3 serie opadów: 3-10.07, 15-23.07, 24-28.07
+ opróżnienie części czeskich zbiorników retencyjnych.

Skutki – 55 ofiar śmiertelnych (1 z powodu osuwiska), zalane 503 000 ha gruntów, straty materialne 12,5 mld zł.

Powódź na południu Polski w maju i w czerwcu 2010 r.

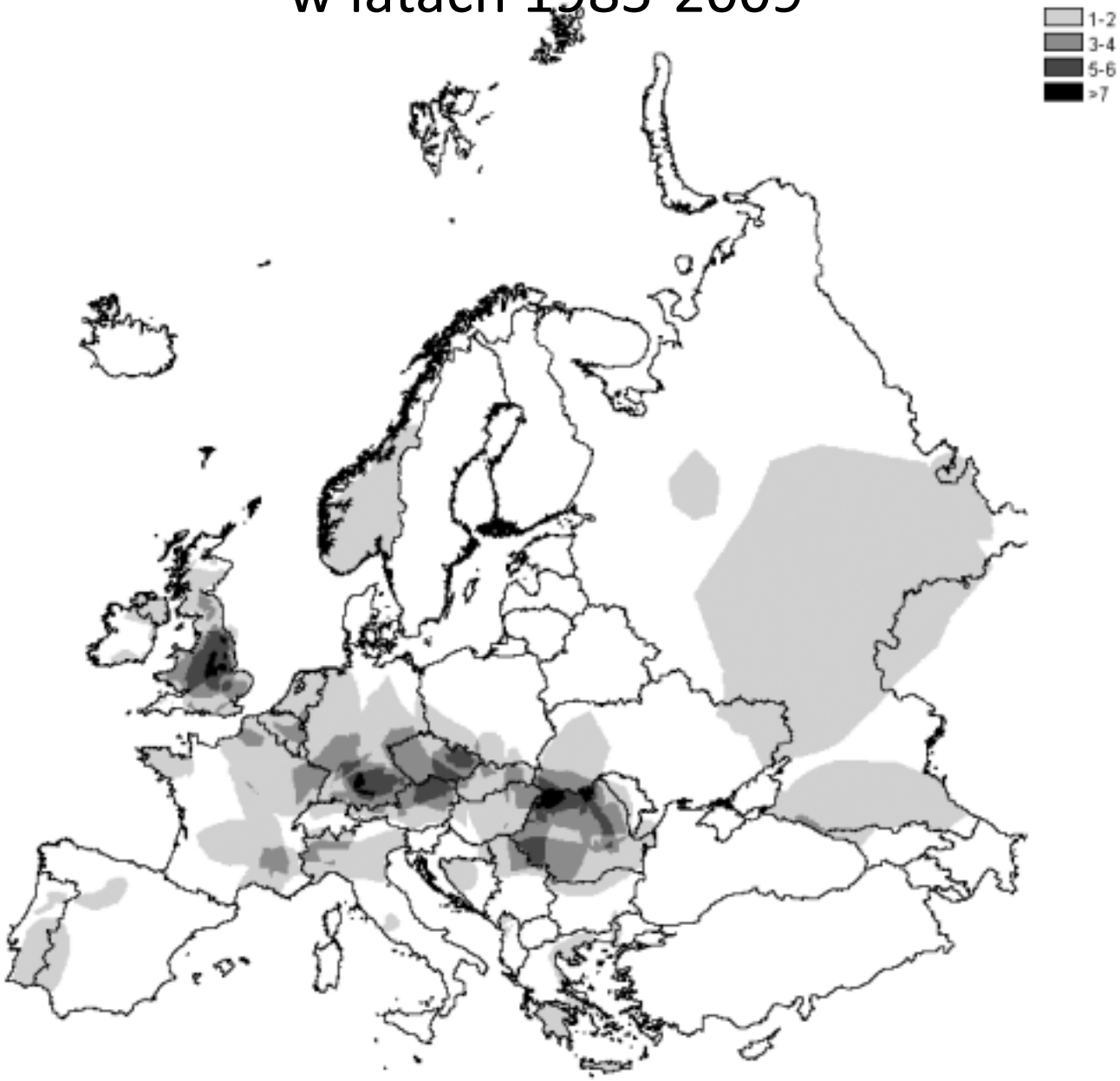
Straty w 10 województwach, największe w: śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i podkarpackim.

Przyczyny – intensywne opady deszczu na południu regionu.

Skutki – ponad 40 tys. poszkodowanych, ponad 1300 osunięć ziemi (zagrożenie osuwiskowe 240 budynków), zalany obszar ponad 554 000 ha.

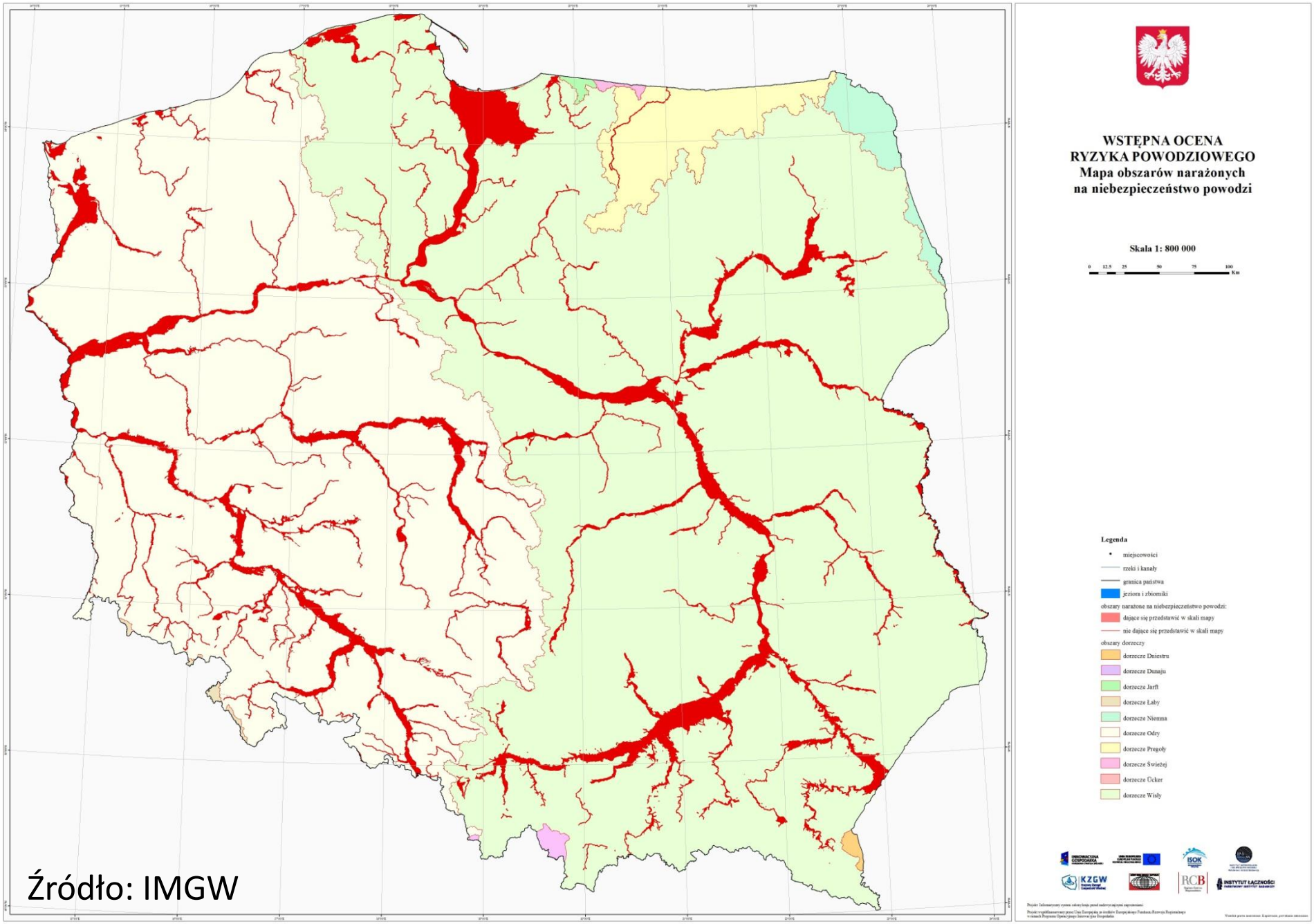
(Źródło: https://www.twojapogoda.pl/wiadomosc/2014-05-12/zobacz-powodz-z-2010-roku-na-zdjeciach-z-satelity_1604814/)

Rozkład przestrzenny liczby wielkich powodzi w Europie w latach 1985-2009



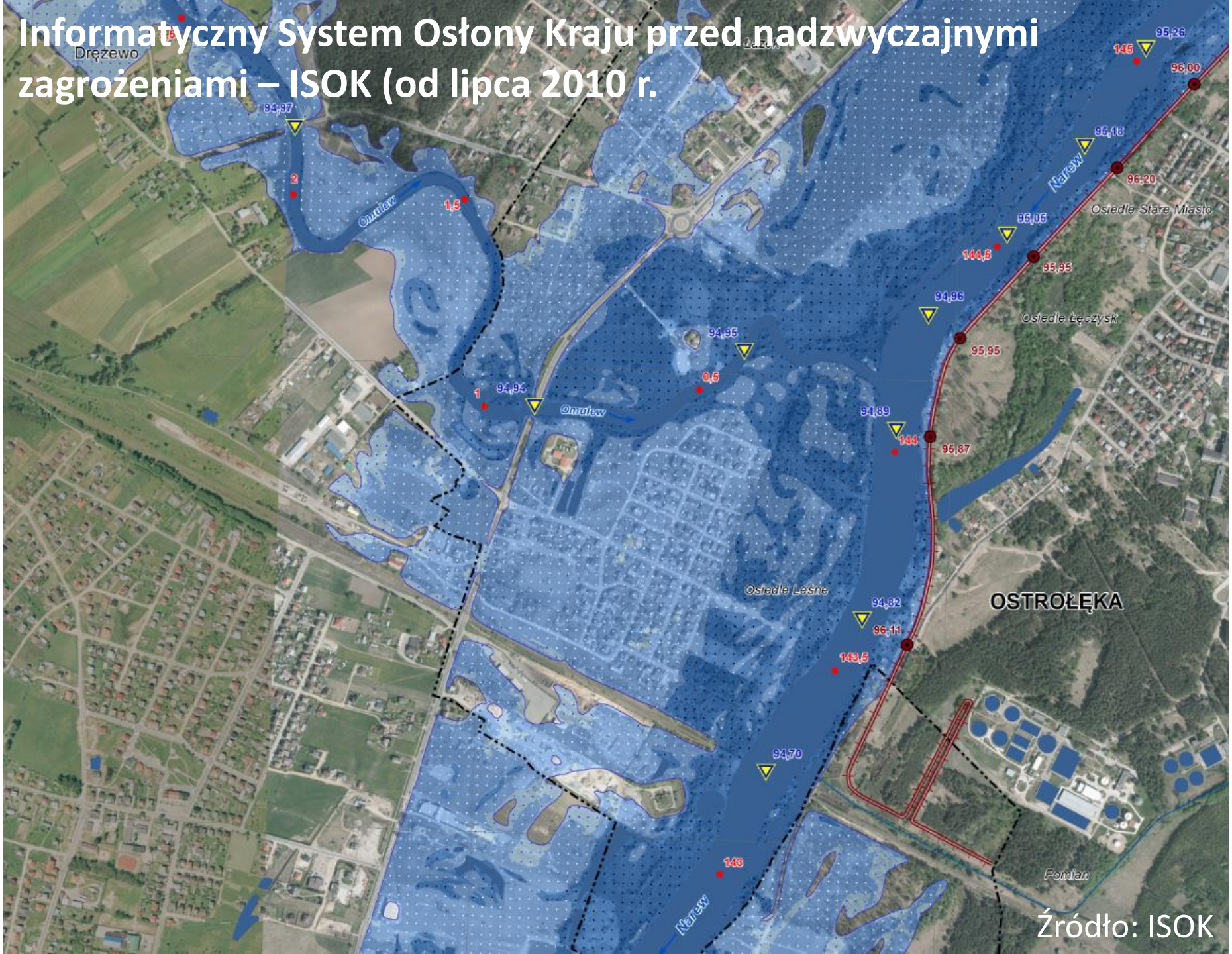
Źródło: Kundzewicz 2012)

Obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi



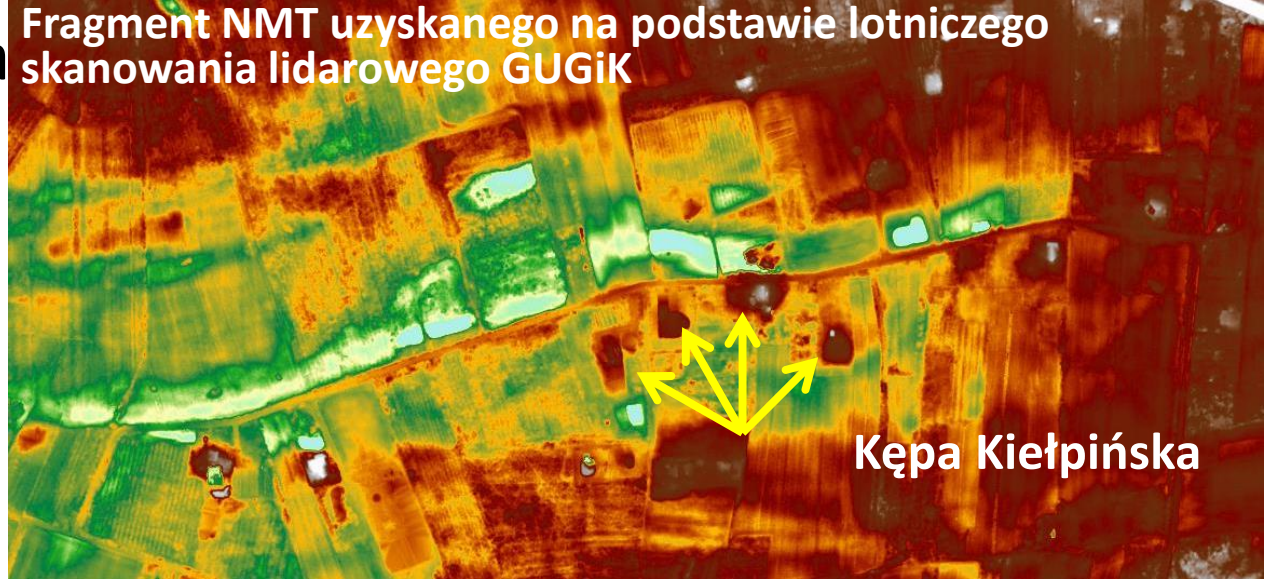
Źródło: IMGW

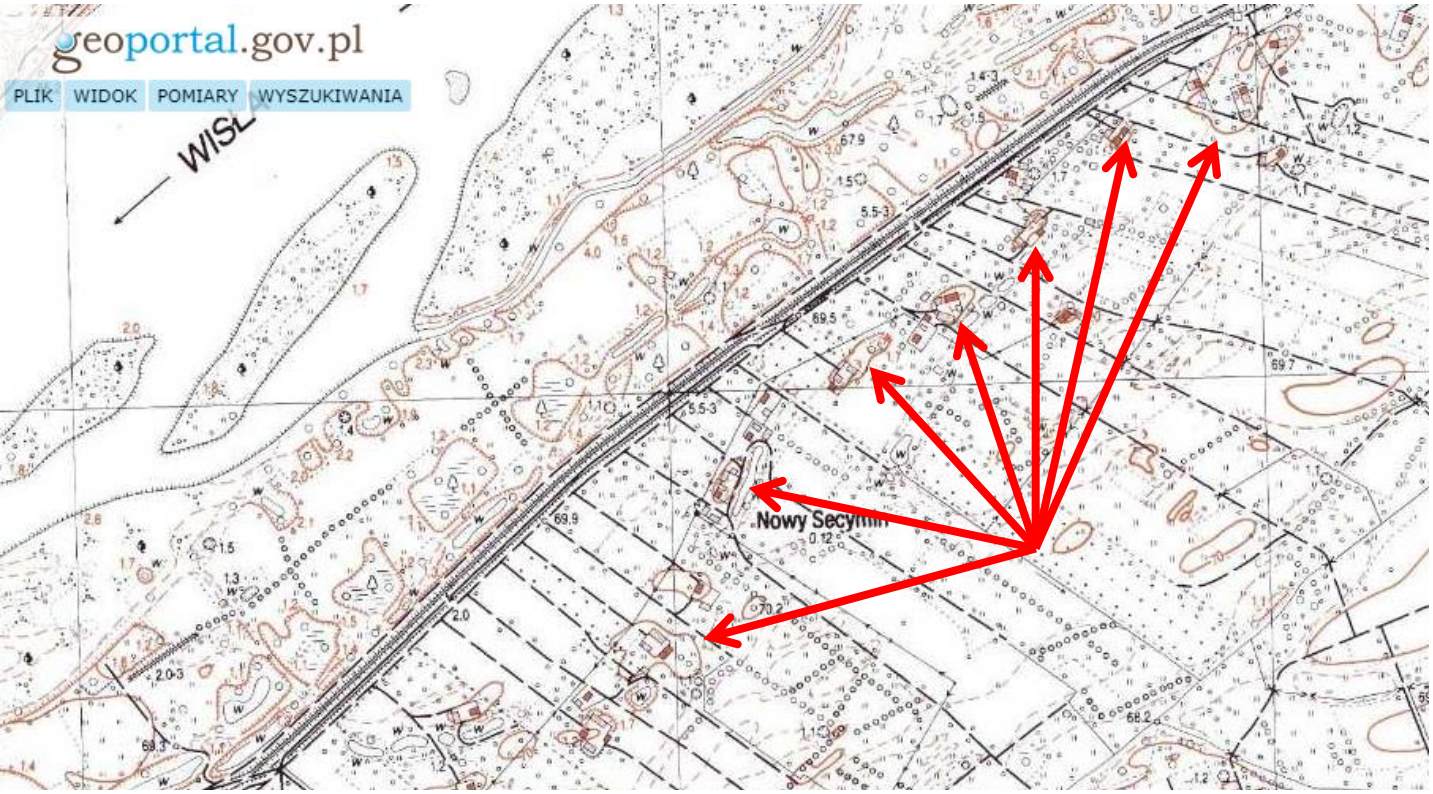
Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami – ISOK (od lipca 2010 r.



Źródło: ISOK

Kolonizacja olęderska

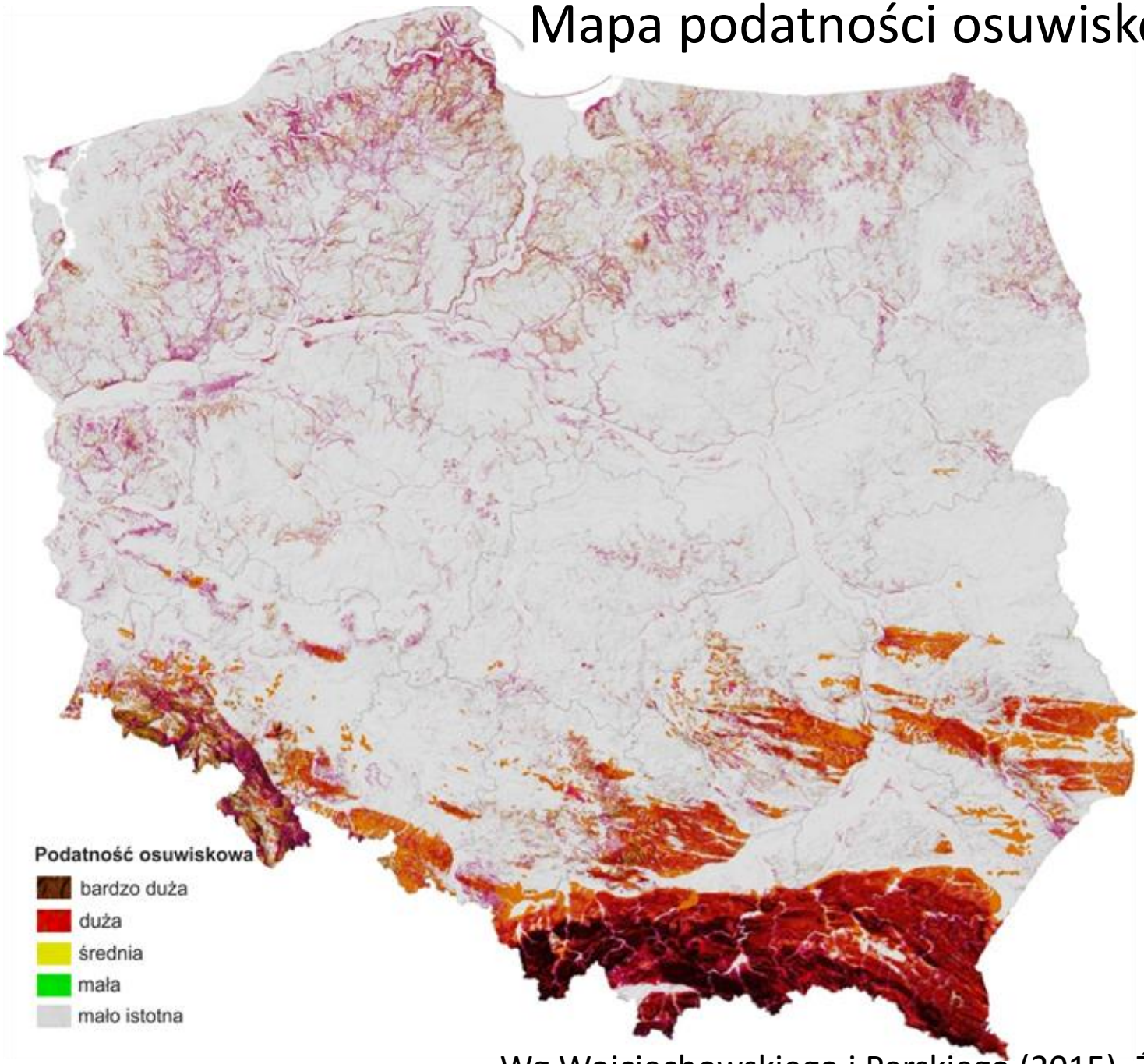




Zabudowania na poolęderskich terpach na terenie Kępy Kiełpińskiej i Nowego Secymina

Fragment mapy topograficznej w skali 1:10 000 pozyskany z serwisu GEOPORTAL

Mapa podatności osuwiskowej



Wg Wojciechowskiego i Perskiego (2015). Źródło: PIG

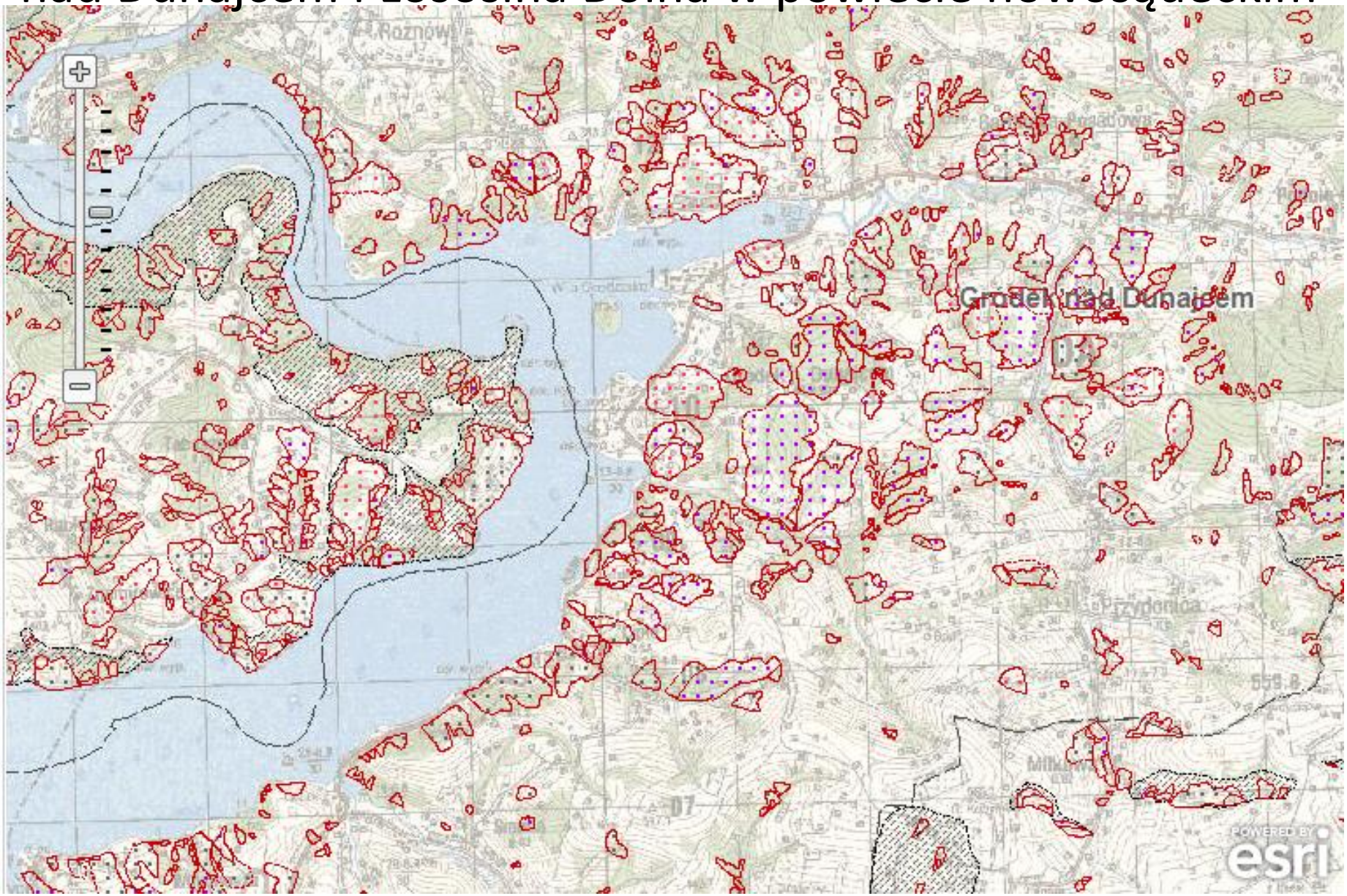
System Osłony Przeciwosuwiskowej (**SOPO**) – projekt realizowany przez PIG od 2006 roku.

Gmina **Gródek nad Dunajcem** – ogółem **787** osuwisk (około 9/km^2). Cały obszar gminy, poza dnami dolin, zagrożony procesami grawitacyjnymi. **34** osuwiska **aktywne ciągle**, **286 okresowo**, 378 nieaktywne, 89 ma zróżnicowane strefy aktywności (Wójcik i in. 2015)

Po opadach z 2010 r. wiele osuwisk uważanych za nieaktywne uruchomiło się powodując duże straty materialne.

W obrębie osuwisk oraz w strefie o bardzo dużej i dużej podatności na osuwanie: **1242 budynków** (**50,9%** wszystkich budynków).

Zasięg osuwisk na terenie fragmentów gmin Gródek nad Dunajcem i Łososina Dolna w powiecie nowosądeckim



Źródło: SOPO [http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO/]

Wzrost aktywności osuwisk w ostatnich latach ⇒ zagrożenie dla skupisk ludności.

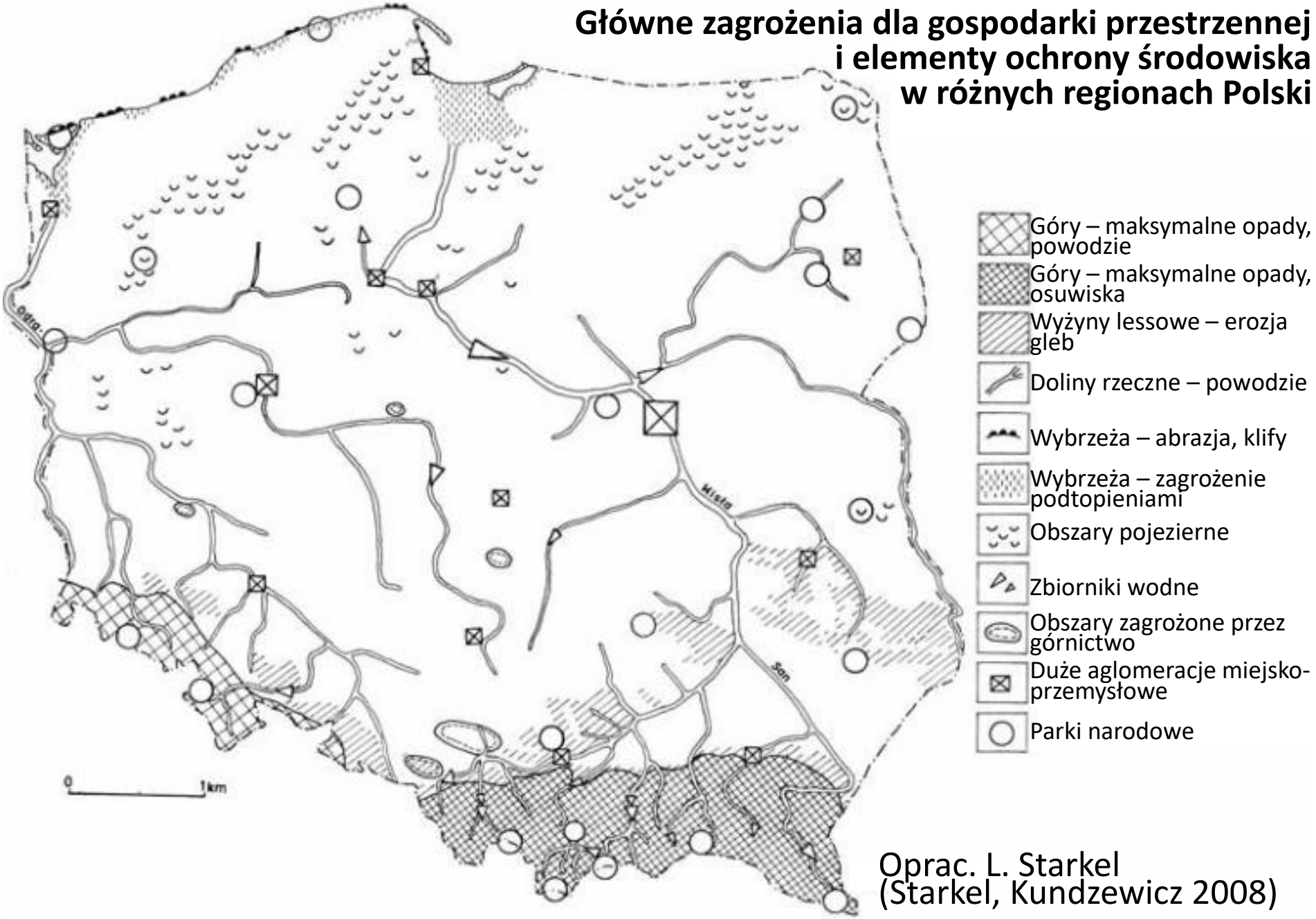
W woj. małopolskim w latach 2000-2001 **>173 mln zł strat**, w tym mieniu prywatnym 46 mln zł (**1671 rodzin**; Poprawa i Rączkowski 2003).

Rok	Lokalizacja	Liczba ofiar
1596	Hofgastein, Austria	147
1669	Salzburg, Austria	250
1808	Rossberg, Szwajcaria	450
1881	Verdalen, Norwegia	112
1920	Kansu, Chiny	100–200 tys.
1963	Vaiont, Włochy	2043
1966	Aberfan, Walia	144
1970	Huascaran, Peru	ok. 18 tys.
1974	Mayunmarca, Peru	451
1974	Quebrada Blanca Kolumbia	300
1985	Stava, Włochy	269
1999	Caraballeda, Wenezuela	18–19 tys.
2003	Chima, Boliwia	117
2003	Bukit Lawang, Indonezja	244
2006	Guinsaugon, Filipiny	1100

Liczba ofiar wybranych osuwisk na świecie

(źródło: Cała 2009)

Główne zagrożenia dla gospodarki przestrzennej i elementy ochrony środowiska w różnych regionach Polski



Oprac. L. Starkel
(Starkel, Kundzewicz 2008)

Literatura:

Cała M., 2009. Osuwiska w Polsce i na świecie. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, maj-czerwiec 2009, 68-74.

Cooper M.A., Andrews Ch., Holle R. Blumenthal R., Navarrete Aldana R., 2016. Lightning injuires

ESWD (European Severe Weather Database) [http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi].

EM-DAT The International Disaster Database [https://www.emdat.be/].

Franczak P, Listwan-Franczak K., Działek J., Biernacki W., 2016. Planowanie przestrzenne na obszarach zalewowych w zlewniach górskich różnego rzędu w dorzeczu górnej Wisły oraz górnej i środkowej Odry. Prace i Studia Geograficzne 61, 4, 25-45.

IPCC 2007: Zmiana klimatu 2007: Raport Syntetyczny, 2009, Wkład Grup roboczych I, II, III do Czwartego Raportu Oceniającego Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (red.), Główny Zespół Autorski, R.K Pachuari i A. Reisinger, Wyd. IOŚ, Warszawa.

ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami) [mapy.isok.gov.pl/imap/].

Lorenc H., 2005. Atlas Klimatu Polski, IMGW.

Lorenc H., Cebulak E., Głowicki B., Kowalewski M., 2012. Struktura występowania intensywnych opadów deszczu powodujących zagrożenie dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki Polski, [w:] H. Lorenc (red.), Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, IMGW, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 7-32.

Kowalewski Z., 2006. Powodzie w Polsce – rodzaje, występowanie oraz system ochrony przed ich skutkami. Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie 6, 1(16), 207-220, IMUZ, Falenty.

Kuchcik M., 2017. Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku i ich wpływ na umieralność. Prace Geograficzne IGiPZ PAN 263.

Kundzewicz Z.W., 2012. Zmiany ryzyka powodziowego w Europie. Sympozjum Europejskie –Współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej, Paryż-Orlean 28-29-30.03.2012.

Leziak K., 2013. Meteorologiczne uwarunkowania tornadogenezy i charakterystyka trąb powietrznych w Ameryce Północnej i Europie. Praca magisterska wykonana na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych UW.

Łoboda M., 2009. Porażenia piorunem ludzi w Polsce w latach 2001-2006. [http://www.elektro.info.pl/artykul/id3354,porazenia-piorunem-ludzi-w-polsce-w-latach-2001-2006?p=3].

Mierkiewicz M., Sasim M., 2004. Flood hazard - regions of frequent high water. Polish Geological Institute Special Papers, 15, 77–84, Proceedings of the Conference "Risks caused by the geodynamic phenomena in Europe".

Opracowanie narzędzi wspomagających system ostrzegania o małych powodziach typu Flash Flood. Projekt KLIMAT, Zadanie 4. Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne (cywilne i ekonomiczne) kraju [http://klimat.imgw.pl/wp-content/uploads/2013/01/4_14.pdf].

Popławska J., 2014. Tornada wywołane przez cyklony zwrotnikowe w Stanach Zjednoczonych (1950-2012). Przegląd Geofizyczny 59, 1-2, 57-72.

Popławska J., 2016. Zastosowanie wybranych metod detekcji tornad i trąb powietrznych na obszarze Polski – studia przypadków, praca doktorska wykonana w Zakładzie Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Poprawa D., Rączkowski W., 2003. Osuwiska Karpat, Przegląd Geologiczny 51, 8, 685-692.

SOPO (System Osłony Przeciwosuwiskowej) [http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO/].

Strarkel L. 2006. Geomorphic hazards in the Polish Flysch Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica 40, 7-19.

Starkel L., Kundzewicz Z.W., 2008. Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju. Nauka 1, 85-101.

Wieczorek L., 2016. Zmienność czasowo-przestrzenna występowania trąb powietrznych w Europie i w Polsce w latach 1998-2013. Przegląd Geograficzny 88, 3, 353-368.

Wojciechowski T., Perski Z., 2015. Metody monitoringu osuwisk stosowane przez Państwową Służbę Geologiczną. Szkolenie dla administracji geologicznej. Kraków, 10.12.2015 [Mapa zaczerpnięta ze strony https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/9855-osuwiska-ciagle-zagrozenie.html].

Wójcik A., Wojciechowski T., Wódka M., Krzysiek U., 2015. Objaśnienia do mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, 1:10 000. gm. Gródek n. Dunajcem. PIG, Kraków [http://geoportal.pgi.gov.pl/sopo-gview/objpdf?f=803].

Zaktualizowana metodyka wstępnej oceny ryzyka powodziowego, 2018 [https://www.wody. gov.pl/WORP/zal_1_metodyka_04122018.pdf].

[Dostęp do stron internetowych wymienionych w spisie literatury i w formie źródeł ilustracji z dnia 20.10.2019]