Wstępny raport monitoringu środowiskowego na potrzeby projektu Adaptcity

Przygotował dr Andrzej Kassenberg z Fundacji Instytut na rzecz Ekorozwoju, Ekspert ds. Klimatu w projekcie ADAPTCITY

Warszawa, 2016

SPIS TREŚCI

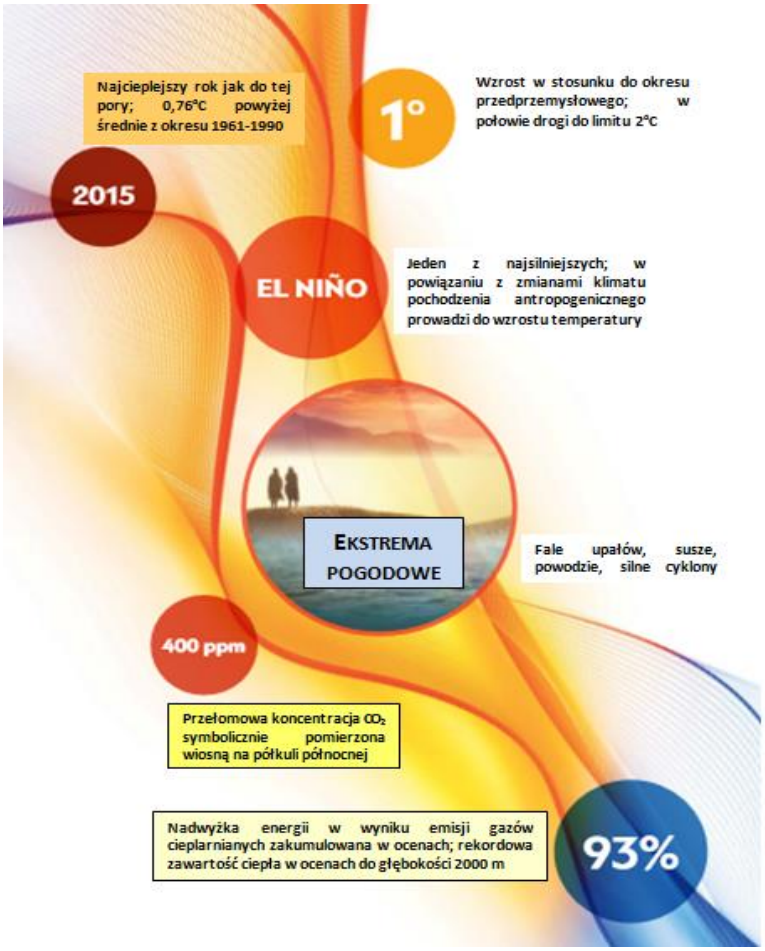
Spis rysunków	str. 3
Rozdział 1 Spis zagrożeń związanych ze zjawiskami pogodowymi.	str. 4
Rozdział 2 Opis terenu miasta warszawy pod względem zagrożeń związanych ze zmianami klimatu.	str. 8
Rozdział 3 Opis tendencji zmian ekosystemu miasta.	str. 28
Rozdział 4 Podsumowanie najważniejszych zagrożeń klimatycznych i ocena.	str. 40
Rozdział 5 Zaproponowanie nowych wskaźników do monitoringu środowiskowego projektu.	str. 41
Rozdział 6 Podsumowanie.	str. 44
Załącznik 1. – spis opracowań analitycznych wykonanych na potrzeby opracowania i wykorzystanych przy realizacji opracowania.	str. 50
Załącznik 2. – tabela 1. Ekstremalne zdarzenia pogodowe i klimatyczne: globalna ocena ostatnio obserwowanych zmian, wpływ ludzkości na te zmiany i prognozowane przyszłe zmiany dla wczesnego (2016-2035) i późnego (2081-2100) xxi wieku (zawężone do v raportu ipcc)	str. 51
Załącznik 3.- tabela 3. Średnie wartości albedo dla warszawy w okresie czterech ciepłych miesięcy w latach 2002-2014	str. 52
Załącznik 4.- tabela 4. Średnie wartości wskaźnika zieleni dla warszawy w okresie czterech ciepłych miesięcy w latach 2002-2014	str.53
Załącznik 5. – tabela 5. Średnia temperatura powierzchni dzielnic m.st. Warszawy w okresie czterech ciepłych miesięcy w latach 2002-2014.	str.54
Załącznik 6. – tabela 6. Ocena poszczególnymi informacjami i wskaźnikami służąca okreseniu zagrożenia ryzykiem klimatycznym warszawy wg. Dzielnic.	str. 55-56

Spis rysunków

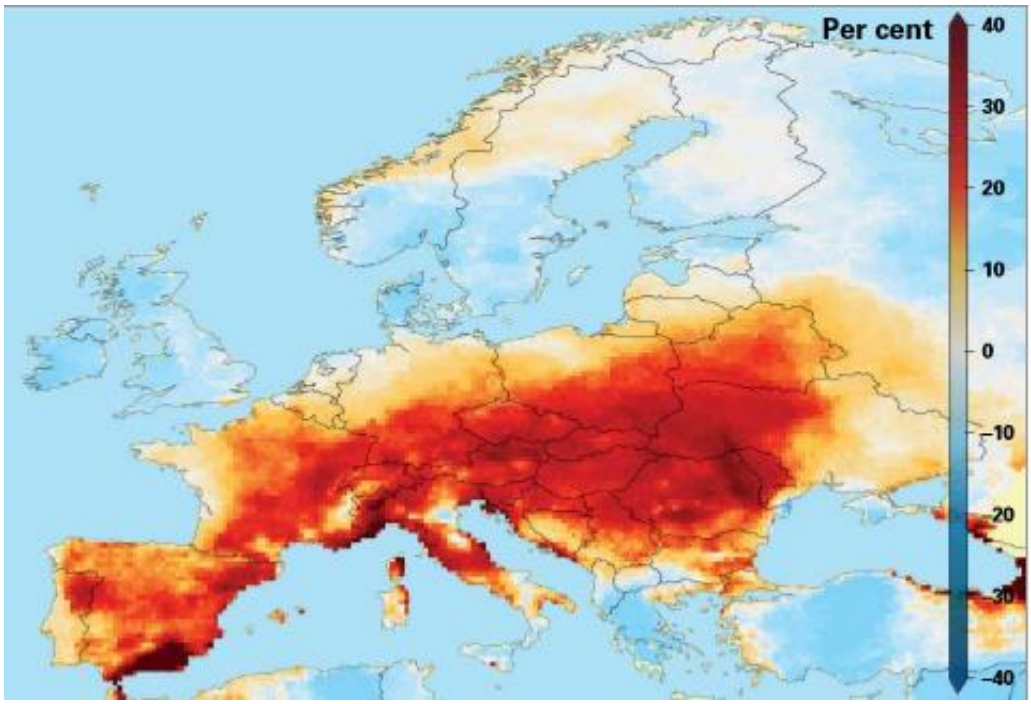
Nr.	Tytuł	Str.
1.	Obraz zmian klimatu w pigułce	4
22.	Odsetek ciepłych dni (powyżej 90. percentyla w okresie referencyjnym 1981-2010) w stosunku do średniej europejskiej w okresie letnim 2015	5
3.	Mapa nieprzepuszczalności powierzchni terenu m.st. Warszawy	9
4.	Strefy nieprzepuszczalności terenu m.st. Warszawy	10
5.	System odprowadzania wód opadowych z m. st. Warszawy	12
6.	Meldunki Straży Pożarnej w zakresie opadów deszczy w okresie 2008-2013	14
7.	Meldunki Straży Pożarnej w zakresie przyborów wód w okresie 2008-2013	15
8.	Mapa użytkowania terenu m.st. Warszawy	17
9.	Mapa gęstości zabudowy m.st. Warszawy	17
10.	Tereny zabudowane i zurbanizowane w Warszawie wg dzielnic	18
11.	Strefy gęstości zabudowy w m.st. Warszawie	19
12.	Udział powierzchni terenów zieleni i lasów wg dzielnic	21
13.	Rozkład wskaźnika NDVI w Warszawie w dniu 08.09.2013	22
14.	Docelowa struktura funkcjonalno-przestrzenna SPW	23
15.	System Przyrodniczy Warszawy – stan na 2006 r.	23
16.	Udział powierzchni biologicznie czynnych (PBC) w m. st. Warszawa w roku 2014	24
17.	Ubytek i niedobór powierzchni biologicznie czynnej	25
18.	Rozkład temperatury powierzchni w dn. 20.06.2013	26
19.	Mapa zagrożenia powodziowego Warszawy	27
20.	Mapa zagrożenia powodziowego Warszawy wyrażona w kubaturze potencjalnie zagrożonych budynków	28
21.	Przebieg wieloletniej średnio rocznej temperatury powietrza w Warszawie	29
22.	Noce bardzo ciepłe w roku	30
23.	Opady atmosferyczne – absolutne maksimum dobowe.	31
24.	Zagrożenie podtopieniami	32
25.	Liczba interwencji straży pożarnej w okresie 2008 – 2014 w związku z opadami i przyborami wód przeliczona do siatki kwadratów 400 m	33
26.	Okresy bezopadowe – 20 dni i więcej.	35
27.	Miejska wyspa ciepła w Warszawie	37
28.	Strefy gęstości zabudowy w m.st. Warszawie wraz z perspektywą rozwoju jednostek mieszkaniowych do 2030 r.	39
29.	Zagrożenie termiczne	41
30.	Zagrożenie hydrologiczne	44
31.	Współczesne zagrożenia klimatyczne m.st. Warszawy	45
32.	Ocena zagrożenia ryzykiem klimatycznym m. st. Warszawy wg dzielnic	48

1. Spis zagrożeń związanych ze zjawiskami pogodowymi.

Występowanie zmian klimatu jest bezdyskusyjne. Od połowy XX w. wyraźnie obserwuje się ogrzanie atmosfery i oceanów, zmalały masy śniegu i lodu, a także wzrost poziom oceanów nie miał precedensu od tysiącleci. Od 30-lat (1983-2012) temperatura rośnie tak, że okres ten był prawdopodobnie najcieplejszy od 1400 r. (rys. 1). Skalę tych globalnych zmian wg Międzyrządowego Panelu do spraw Zmian Klimatu obrazuje poniższe zestawienie (tab. 1). Prognozy przyszłych, do końca obecnego stulecia, zmian pogodowych dla Europy oznaczają wzrost średniej rocznej temperatury o 2 - 5°C w stosunku do obecnie notowanej. Zmiana rozkładu opadów w kierunku bardziej suchego lata w rejonie śródziemnomorskim i bardziej wilgotnej zimy w północnej Europie. Następować będzie wzrost poziomu morza, a wzrost częstości, intensywności i czasu trwania fal upałów, ulewnych opadów oraz okresów suszy. Wzrost fal upałów w roku 2015 w stosunku okresu 1981-2010 obrazuje rys. 2.



Rys.1. Obraz zmian klimatu w pigułce.
Źródło: WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015.



Rys.2. Odsetek ciepłych dni (powyżej 90. percentyla w okresie referencyjnym 1981-2010) w stosunku do średniej europejskiej w okresie letnim 2015.
Źródło: Instytut Meteorologii Królestwa Niderlandów za *Statement on the Status of the Global Climate in 201*.

Ryzyko związane ze zmianami klimatu coraz częściej odnoszone jest do miast zwłaszcza dużych. Ich podatność na zmiany klimatu jest w znacznej mierze nie doszacowana. Przeniesienie tych globalnych trendów na poziom miasta takiego jak Warszawa oznacza zagrożenie następującymi zjawiskami[1]:

1) **Wzrost temperatury.** Przewiduje się występowanie cieplejszych i bardziej częstszych gorących dni oraz nocy. Pojawiać się będą coraz bardziej ekstremalne zdarzeń takie jak fale upałów, wytwarzając zwiększone zapotrzebowanie na chłodzenie, spadek jakości powietrza w miastach, niedobory energii, efekt wyspy ciepła, zwiększenie zapotrzebowania na wodę. Można spodziewać się problemów z jakością wody, wpływu upałów na zdrowie człowieka oraz zwiększonego zagrożenia śmiertelnością zwłaszcza u dzieci i osób starszych jak i przewlekle chorych. Powstawanie wysp ciepła wynika przede wszystkim z nieprzepuszczalne nawierzchni, wysokiego zagęszczenia budynków i ograniczonym występowaniem terenów zieleni w centrach miasta.

1. *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agend*a. World Bank. http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/0,,contentMDK:23239232~pagePK:210058~piPK:210062~theSitePK:337178,00.html

W 2003 roku w miastach UE fale ciepła spowodowały, jak się szacuje, od 35.000 do 50.000 dodatkowych zgonów. Jednocześnie wzrost temperatury w miastach oddziałuje bezpośrednio na wzrost zużycia energii przez urządzenia chłodzące, w tym klimatyzatory. W dużych miastach w USA wzrost zużycia energii w szczycie o 3-5% jest wynikiem podniesienia się temperatury o 1°C.

2) **Zwiększenie częstotliwości i intensywności opadów.** W miastach będą występować coraz bardziej ekstremalne zdarzenia opadowe mogą powodować presję na infrastrukturę sanitarną, szczególnie w przypadku słabej i/lub starzejącej się infrastruktury komunalnej. Ponadto, te zmiany mogą: przyczyniać się do negatywnego wpływ na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, zanieczyszczając wodę pitną, co może wpływać na wzrost zachorowalności, zwiększać ryzyko śmierci, powodować zaburzenia układu oddechowego, rozwój chorób zakaźnych skóry, przyczyniać się do zakłóceń w handlu i transporcie z powodu powodzi oraz spowodować przemieszczenia ludności wraz z utratą mienia.

3) **Wzrost skali i czasu trwania susz.** Mimo tego, że oddziaływanie w postaci niedoborów wody ma dużo większe bezpośrednie znaczenie dla terenów rolniczych i leśnych to także wpływa na miasta. Z jednej strony może powodować ograniczenia korzystania z wody, a także przyczyniać się do wzrostu cen żywności. Ponadto okresowe braki opadów obijają się na kondycji terenów zieleni oraz wodnych obszarów użytkowanych turystycznie.

4) Konsekwencje zmian w częstości i intensywności burz oraz występowania silnych wiatrów. Tego typu zmiany mogą prowadzić do przerw w dostawach prądu, zakłóceń w transporcie w tym publicznym, a także przyczyniać się do utraty mienia. Prowadzi to także, jak i przy powodziach oraz nawalnych deszczach, do wzrostu kosztów u ubezpieczycieli. Z występowaniem intensywnych burz jak i silnych wiatrów wiązać się mogą utraty w drzewostanie jak i także powodować zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi.

Oprócz wyżej wymienionych bardzo poważnym zagrożeniem dla miast jest podnoszenie się poziomu mórz i oceanów, co w przypadku Warszawy nie ma miejsca dlatego ten wątek

skutków zmian klimatu został pominięty. Syntetyczne zagrożenie dla miast zawarte jest w tabeli nr 2.

Tab. 2 Zagrożenia dla miast z względu na zmiany klimatu

Zagrożenia	Potencjalne konsekwencje
Zmiany temperatury	♦ Efekt wyspy ciepła. ♦ Zwiększone zapotrzebowanie na chłodzenie. ♦ Niedobory energii. ♦ Spadek jakości powietrza. ♦ Zakłócenia w transporcie z powodu wysokiej temperatury, śniegu, lodu. ♦ Zwiększone zapotrzebowanie na wodę. ♦ Problemy z jakością wody. ♦ Zwiększone ryzyka śmiertelności związanej z ciepłem, zwłaszcza dla osób starszych, przewlekle chory, bardzo młodych i zmarginalizowanych. ♦ Pogorszenie jakości życia zwłaszcza dla osób żyjący w domach o niskim standardzie. ♦ Nowe wyzwania dla systemów opieki zdrowotnej. ♦ Powstawania ekstremalnych warunków dla funkcjonowania zieleni miejskiej.
Zmiany w opadach – wzrost częstotliwości i gwałtowności czy wzrost liczby susz	♦ Niekorzystny wpływ na jakość wód powierzchniowych i podziemnych. ♦ Skażenie wodociągów. ♦ Zaburzenia w odprowadzaniu ścieków. ♦ Zakłócenie osiedli, handlu, transportu i funkcjonowania społeczeństwa na skutek powódź ♦ Niekorzystne oddziaływanie na infrastrukturę miejską, a nawet jej niszczenie. ♦ Powstawania ekstremalnych warunków dla funkcjonowania zieleni miejskiej. ♦ Utrata mienia. ♦ Migracja z obszarów dotkniętych powodzią. ♦ Zwiększone ceny żywności.
Wzrost aktywności burzowej (wiatry, cyklony, huragany itp.)	♦ Zaniki zasilaniu w energię elektryczną. ♦ Zagrożenie dla infrastruktury miejskiej w tym w funkcjonowania transportu czy dostaw wody. ♦ Zwiększone ryzyko śmierci, obrażeń ciała. ♦ Zaburzenia stresowe pourazowe. ♦ Zwiększenia liczb pożarów co w coraz większym stopniu dotykać będzie siedzib ludzkich i towarzyszącej im infrastruktury. ♦ Wzrostu strat związanych z silnymi wiatrami przeważnie w drzewostanie i obiektach do tego nieprzystosowanych. ♦ Wzrost kosztów ubezpieczeń. ♦ Utrata mienia.

Źródło: *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda.* World Bank. http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/0,,contentMDK:23239232~pagePK:210058~piPK:210062~theSitePK:337178,00.html

2. Opis terenu miasta Warszawy pod względem zagrożeń związanych ze zmianami klimatu

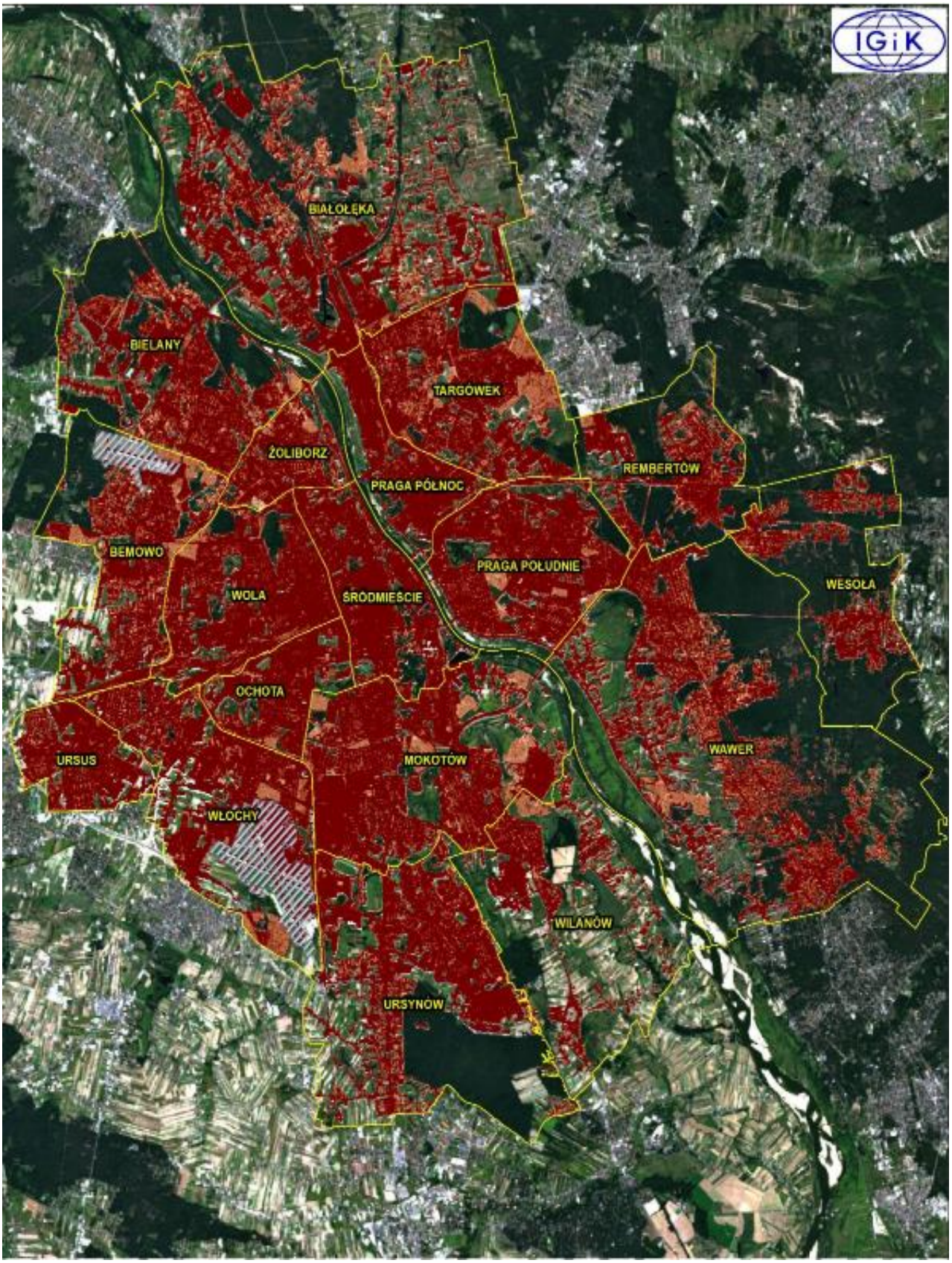
Aby określić skalę zagrożenia związanego ze zmianami klimatu jak i także oszacować wrażliwość na to zagrożenie ze strony poszczególnych obszarów miasta Warszawy niezbędnym jest przeanalizowanie wielu czynników o tym decydujących. A mianowicie:

a. Nieprzepuszczalności podłoża.
b. Gęstość zabudowy.
c. Odprowadzanie wód opadowych.
d. Albedo lub temperatura powierzchni.
e. Powierzchnia biologicznie czynna.
f. Powierzchnia zagrożonych zalaniem przez powódź na Wiśle.

Nieprzepuszczalności podłoża. W oparciu o przeprowadzoną przez Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK) analizę zdjęć satelitarnych wykonano mapę dotyczącą nieprzepuszczalności podłoża. Wyróżniono na niej 5 klas, zmieniających się co 20% (rys. 3). Punktem odniesienia były jednostki przestrzenne o powierzchni 25 ha i szerokości co najmniej 100 m. Analizując rozkład przestrzenny tego elementu wg dzielnic miasta stwierdzić należy, że w każdej z nich największy obszar zajmują skrajne klasy tj. 1-20% i powyżej 80%. Przy czym raz jedna raz drugą jest dominująca. Wyraźnie miasto można podzielić na trzy strefy w zależności od stopnia nieprzepuszczalności terenu. Strefa centralna najbardziej „zabetonowa", w której udział terenów nieprzepuszczalnych (pow. 80%) waha się od 53% do 70% obszaru dzielnicy obejmuje: Mokotów, Ochotę, Praga Pd., Praga Pn., Śródmieście, Wolę i Żoliborz. Ze strefy tej wyłamuje się Ursus także o wysokim wskaźniku nieprzepuszczalności terenu (pow. 80%) obejmującym blisko 70% udziału powierzchni tej dzielnicy. Strefa zachodnio-północna „średnio przepuszczalna" charakteryzująca się znacznym udziałem terenów nieprzepuszczalnych (pow. 80%) wahającym się od 35% do 55% jak i terenów o niskim udziale terenów nieprzepuszczalnych (1-20%) od 24% do 53% obszarów dzielnicy obejmuje: Bemowo, Bielany, Targówek, Ursynów i Włochy. Trzecią jest strefa wschodnio-południowa „przepuszczalna" o niskim udziale terenów nieprzepuszczalnych (1-20%) wahającym się od 55% do 76% powierzchni dzielnicy, obejmująca: Białołękę, Rembertów, Wawer, Wesoła i Wilanów (rys. 4)[2].

---

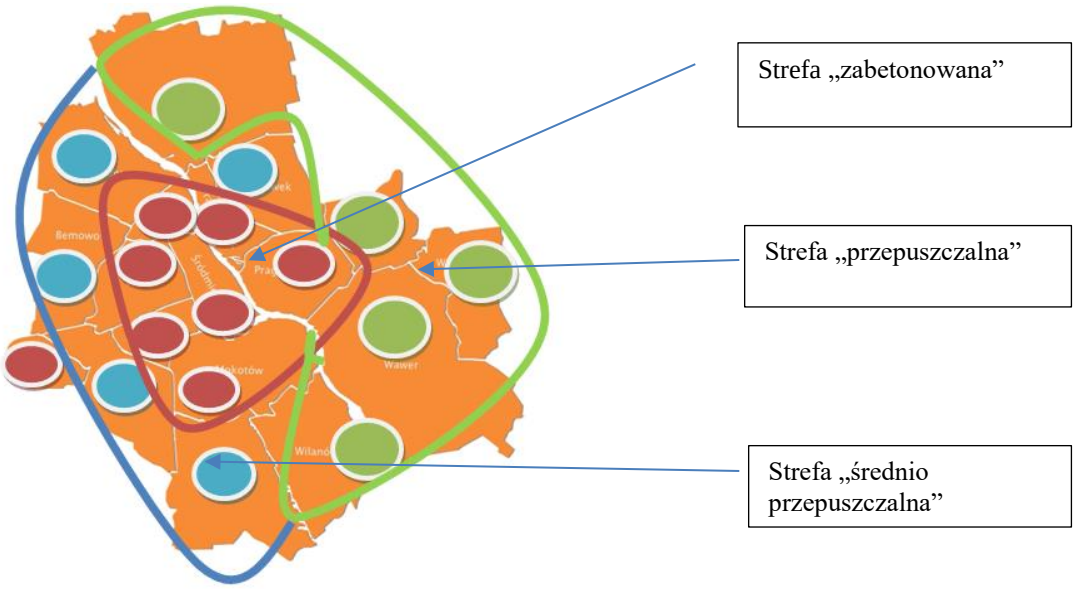
2 „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.



Rys. 3 Mapa nieprzepuszczalności powierzchni terenu m.st. Warszawy

Źródło: : „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

Odprowadzanie wód opadowych. Generalnie problemy z odprowadzaniem wód opadowych można sprowadzić do następujących[3]:



Dzielnice, w których różnica udziałów pomiędzy klasą 1-20% występowania terenów nieprzepuszczalnych, a klasą pow. 80% jest wyższa niż 25 punktów procentowych i to na korzyść klasy pow. 80%.

Dzielnice, w których różnica udziałów pomiędzy klasą 1-20%, występowania terenów nieprzepuszczalnych, a klasą pow. 80% jest niższa niż 25 punktów procentowych.

Dzielnice, w których różnica udziałów pomiędzy klasą 1-20% występowania terenów nieprzepuszczalnych, a klasą pow. 80% jest wyższa niż 25 punktów procentowych i to na korzyść klasy 1-20%.

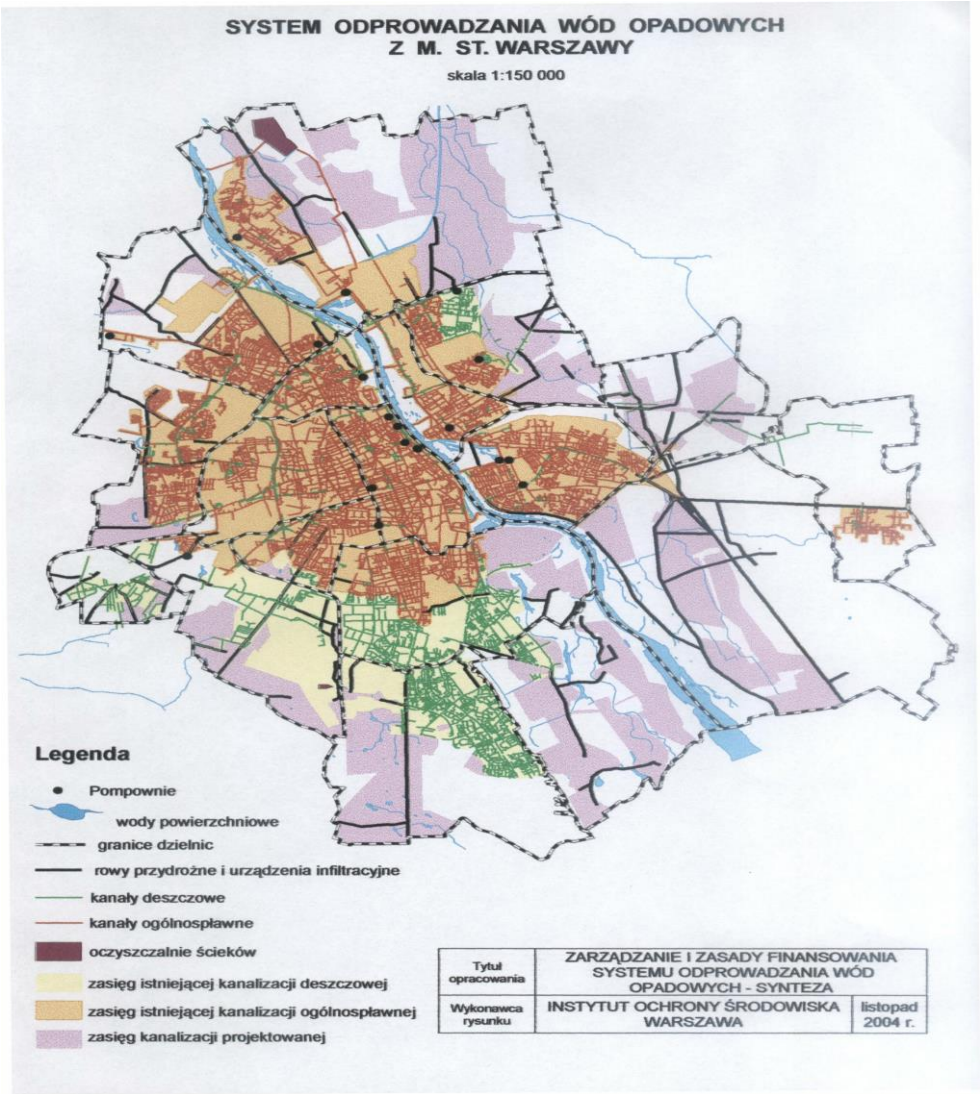
Rys. 4 Strefy nieprzepuszczalności terenu m.st. Warszawy
Źródło. W oparciu o „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej”. Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

3Z. Suligowski, M. Orłowska-Szostak. Deszcz na Warszawą. "Ochrona Środowiska" nr 5/2011. http://www.kierunekwodkan.pl/artykul,4226,deszcz-nad-warszawa.html

- „na obszarach zurbanizowanych mamy do czynienia z postępującym uszczelnianiem powierzchni przyspieszającym spływ wód opadowych do odbiorników;
- w aspekcie ekologicznym tradycyjne kanalizowanie wód opadowych zaburza naturalne procesy krążenia wody w przyrodzie;
- wzrastający spływ wód opadowych z obszarów zurbanizowanych (obecnie to ok. 80% opadu) stwarza problemy dla istniejących urządzeń;
- w aspekcie technicznym bardzo trudne jest dostosowanie posiadanych urządzeń do narastających obciążeń;
- w aspekcie technicznym pojawia się problem nadmiernych obciążeń odbiorników wód opadowych, w efekcie generowane są zagrożenia powodziowe;
- w aspekcie ekonomicznym – skuteczne tradycyjne kanalizowanie generuje stale narastające koszty dla lokalnych budżetów, bo w polskim stanie prawnym nie ma innych możliwości finansowania."

Wg Studium zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy do słabych strony i zagrożeń należy brak analizy i oceny gospodarki wodno-ściekowej dla całego miasta opartej na bilansie wodnym w ujęciu zlewniowym. Jednocześnie zaburzony jest bilans wodny miasta wynikający z nieprawidłowych relacji między wielkością opadów, infiltracją a spływem powierzchniowym, których konsekwencją jest zdecydowana redukcja zasilania poziomów wodonośnych i obniżanie się zwierciadła wód podziemnych, a także zmniejszanie się naturalnej retencji oraz zanikanie lokalnych cieków i zbiorników czy też cennych ekosystemów bagiennych i wodno-błotnych i łąkowych. Zakłócone naturalne procesy regulujące wielkość przepływów w ciekach wodnych i nieuregulowana gospodarka wodno-ściekowa powodujące występowanie gwałtownych wezbrań i powodzi.[4] Szacuje się, że rocznie z obszaru miasta do systemu kanalizacji ogólnospławnej i deszczowej trafia ok. 43 mln m^3, co stanowi ok. 35% wszystkich ścieków[5] (rys. 5).

[4] „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta st. Warszawy. Część I. Uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy."
[5] http://www.proekologia.pl/e107_plugins/content/content.php?content.33340



Rys. 5. System odprowadzania wód opadowych z m. st. Warszawy
Źródło. ”Zarządzanie i zasady finansowania systemu odprowadzania wód opadowych – Synteza. Instytut Ochrony Środowiska. Listopad 2004 r. Warszawa.

Podobną ocenę sytuacji w omawianym zakresie przedstawili w artykule „Deszcz nad Warszawą” Z. Suligowski i M. Orłowska-Szostak. Wg nich „Kanalizacja Warszawy pracuje w charakterystycznym układzie przestrzennym, ukształtowanym przez warunki historyczne. Kanalizacja na prawym (wschodnim) brzegu Wisły funkcjonuje w systemie mieszanym: starsza – obszary z kanalizacji ogólnospławnej, nowsze – z kanalizacji rozdzielczej. Na lewym (zachodnim) brzegu najintensywniej zagospodarowany obszar śródmiejski posiada kanalizację ogólnospławną. Nowe osiedla na południu miasta funkcjonują w systemie rozdzielczym. Na zachodzie miasta osiedle Ursus przyłączone jest do kanalizacji Pruszkowa. Obecność kanalizacji ogólnospławnej na znacznej części obszaru aglomeracji stwarza dodatkowe zagrożenie wód odbiornika wodami z przelewów burzowych. Elementem

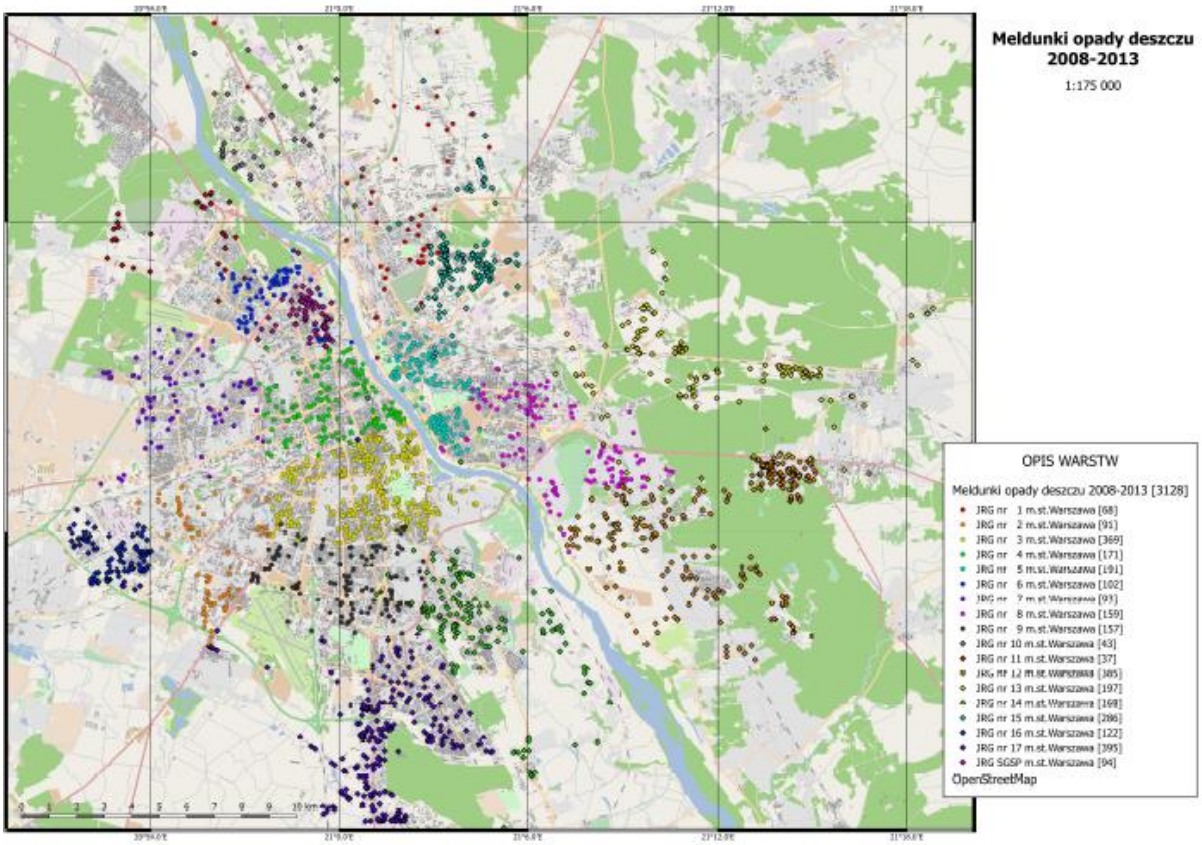
nadrzędnym jest to, że cała aglomeracja warszawska należy do zlewni Wisły. Kanalizowanie wód opadowych w mieście istotnie wpływa na warunki przepływu w ciekach lokalnych, ostatecznie kończących się w Wiśle. Prawy, istotnie niższy, brzeg jest wrażliwy na zmiany stanów wody Wisły. Wprawdzie istnieją obwałowania ochronne, jednak przy wyższych stanach Wisły pojawia się charakterystyczna cofka. Przez wyloty i później wpusty woda zalewa niżej położone tereny. Znajdują się na nich m.in. bardzo ważne elementy systemu komunikacji. Praktycznym rozwiązaniem może tu być odpowiednia separacja kanalizacji funkcjonującej na wyżej położonych terenach i w strefie bezpośredniego zagrożenia. Odpływ z terenów nisko położonych przy podwyższonych stanach powinien być zatrzymany w zbiorniku, względnie przetłaczany – powstanie wówczas układ polderu. Na obszarach, na których funkcjonuje kanalizacja ogólnospławna, pojawiają się zagrożenia na niższych kondygnacjach. Stan całkowitego opróżnienia i całkowitego wypełnienia połączonego z wylaniem są takimi samymi stanami eksploatacyjnymi każdej kanalizacji prowadzącej wody opadowe. Stąd o poziomie „bezpiecznym" można mówić jedynie w odniesieniu do poziomu ulicy. Problem można rozwiązać głównie przez odpowiednie zastosowanie zamknięć przeciwcofkowych. Konieczne jest wówczas zerwanie z tradycyjnymi schematami zabezpieczeń i instalacji domowych. Nowe rozwiązania pozwalają w miarę łatwo rozwiązać wszystkie problemy. Kolejnym problemem są potoki istniejące na terenie miasta, ponieważ są one odbiornikami pośrednimi wód opadowych. W obecnych warunkach nie posiadają one dostatecznej rezerwy przepustowości. Pierwsze zjawiska powodziowe mogą wystąpić w dość znacznej odległości od głównego odbiornika rzeki Wisły, przepływy są bliskie krytycznym. Problem odnosi się również do obszarów o względnie mniejszej intensywności użytkowania.

Dodatkową konsekwencją jest częsta możliwość zagrożenia obszarów o wyjątkowej wartości. Ostatecznie na obszarze aglomeracji warszawskiej brak jest warunków dla kontynuacji kanalizowania wód opadowych. Konieczne są różne działania dostosowane do lokalnych możliwości. W sytuacji, gdy wkrótce zostanie uporządkowany problem oczyszczalni ścieków [problem ten został rozwiązany w roku 2013 – przyp. aut.] wody opadowe stają się zagadnieniem strategicznym. Atrakcyjność terenów budowlanych i względy w ostatecznym efekcie prowadzą do dalszego uszczelniania powierzchni zlewni. Problem ten jest aktualny również w odniesieniu do wielu osiedli ekologicznych."[6]

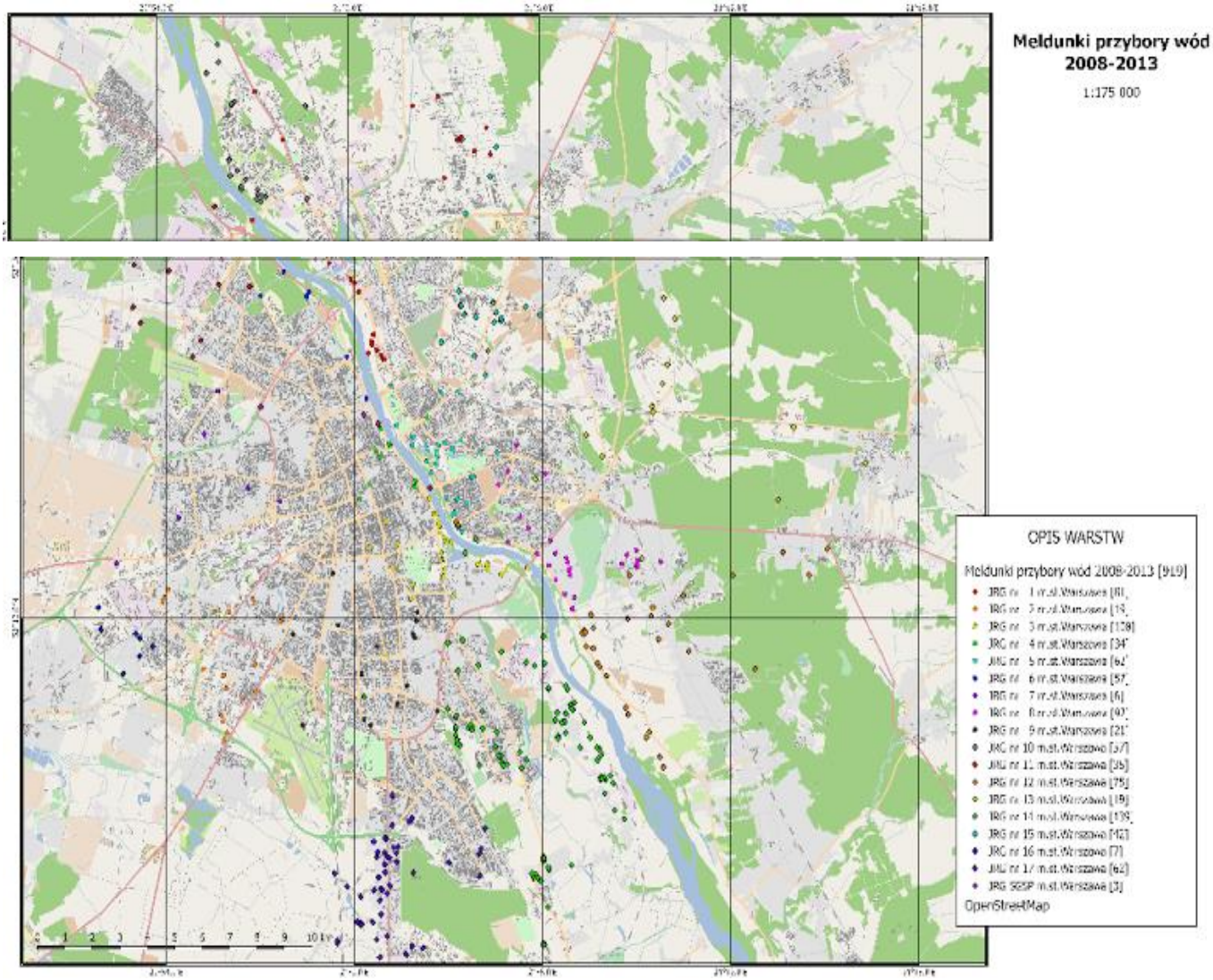
Ogólna przepustowość sieci jest wystarczająca przy obecnej ilości powstających ścieków w czasie pogody bezdeszczowej. W sytuacji ulewnych deszczy przepustowość jest

[6] Z. Suligowski…. *op. cit.*

niewystarczająca i występują podtopienia. W konsekwencji oczyszczalnia ścieków nie jest w stanie przyjąć ich nadmiaru i konieczne stają się kontrolowane acz awaryjne zrzuty nieoczyszczonych ścieków do rzeki Wisły. Aby temu zapobiec ważnym jest wprowadzanie takich rozwiązań jak: wydłużenie czasu odpływu wód, zatrzymując je w zbiornikach, a także ułatwienie przesiąkania wody do gruntu. W 2015 roku MPWiK wykonało zbiorniki zbierające nadmiar wody deszczowej w ramach systemu kanalizacji, które eliminują awaryjne zrzuty ścieków do rzeki. Nierozwiązany pozostaje jednak nadal problem lokalnych podtopień. O skali zagrożenia związanego ze skutkami deszczy zwłaszcza nawalnych, świadczą poniższe dwie mapy obrazujące interwencje straży pożarnej z okresu 2008-2013 (rys. 6 i 7).



Rys. 6 Meldunki Straży Pożarnej w zakresie opadów deszczy w okresie 2008-2013
Źródło: Państwowa Straż Pożarna m. st. Warszawy



Rys. 7 Meldunki Straży Pożarnej w zakresie przyborów wód w okresie 2008-2013
Źródło: Państwowa Straż Pożarna m. st. Warszawy

Gęstość zabudowy. Gęstość zabudowy mieszkaniowej w dużej mierze wynika z form użytkowania terenów w mieście Warszawa, które obrazuje rys. 8, i jednocześnie jest ona 30-50%, 50-80% i powyżej 80%. Dodatkowo przedstawiono tereny zabudowy przemysłowej, wojskowej i usługowej a także obszary budowlane i lotniska. Obrazuje to mapa na rys. 9.

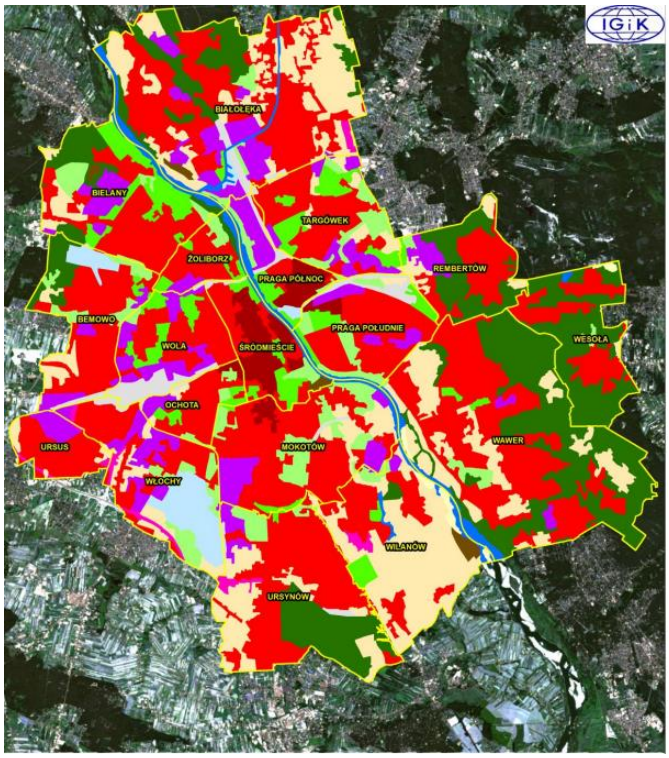
Podobny obraz związany z gęstością zabudowy m. st. Warszawy jaki wynika ze zdjęć satelitarnych zawiera Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta st. Warszawy. Wyróżnia się w nim cztery kategorie obszarów, a mianowicie[7]:

a. śródmiejski obejmujący dzielnice: Śródmieście, Żoliborz, Ochota, Mokotów, Wola oraz Praga Południe i Praga Północ. Charakteryzuje się on najwyższym procentowym udziałem terenów zabudowanych i zurbanizowanych (w granicach 80–93 %, podczas gdy średnia dla Warszawy wynosi 46%).
b. koncentracji wielorodzinnej zabudowy mieszkaniowej położonej w dzielnicach: Bielany, Bemowo, Ursynów i Targówek oraz częściowo na terenach Białołęki, Pragi Południe i Mokotowa. W skład tego obszaru zaliczono również Włochy i Ursus. Charakteryzuje się niższym udziałem terenów zabudowanych i zurbanizowanych niż obszar śródmiejski ale także wyższym od średniej dla całego miasta gdyż w zależności od dzielnicy waha się od 60-75%.

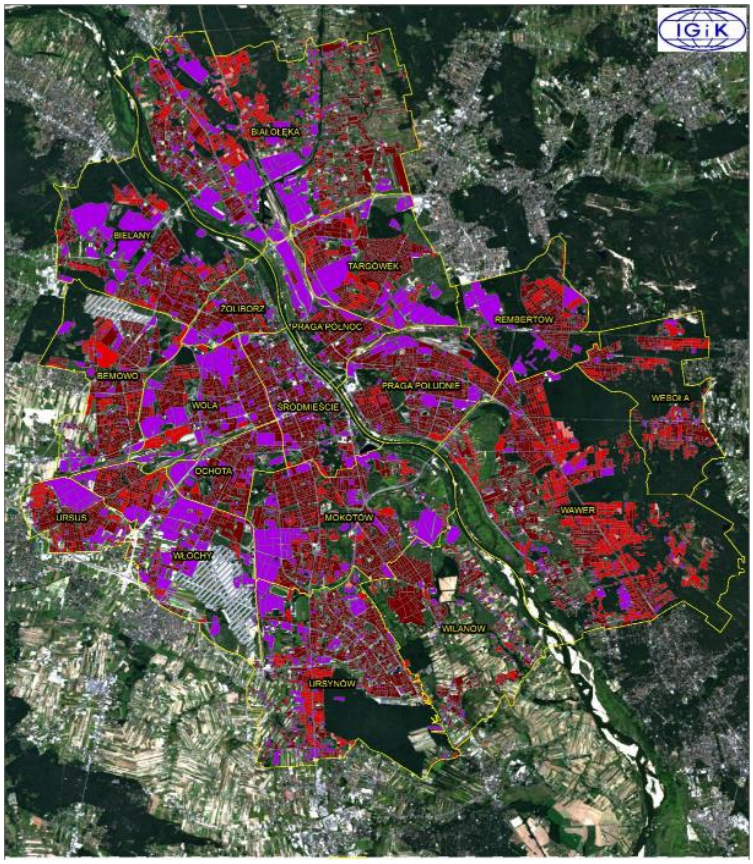
   koncentracji funkcji produkcyjno-usługowych i magazynowo składowych. Obszary o takich funkcjach występują głównie na obszarze Białołęki, Bielan, Mokotowa i Woli. (Ponad 50% ogółu terenów). Ponad 35 % z terenów produkcyjno-składowych zlokalizowanych jest w dzielnicach śródmiejskich. Tereny produkcyjno-usługowe obejmują „stare" (powstałe na przełomie XIX/XX, jak np. Wola, Grochów, Targówek lub w latach 50. Służewiec, Ursus, Bielany, Żerań) dzielnice przemysłowe.
c. zabudowy jednorodzinnej i wielorodzinnej niskiej Wawra, Wesołej, Wilanowa i Rembertowa oraz w znacznej mierze Białołęki. Zabudowa ta występuje, także w części peryferyjnej dzielnic, Bemowo, Włochy i Ursynów. Tereny zurbanizowane stanowią poniżej 25% powierzchni dzielnicy (w Wilanowie jedynie ok.12%).

Udział terenów tych terenów zabudowanych i zurbanizowanych w stosunku do powierzchni poszczególnych dzielnic obrazuje rys. 10.

[7] „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta st. Warszawy. Część I. Uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy."



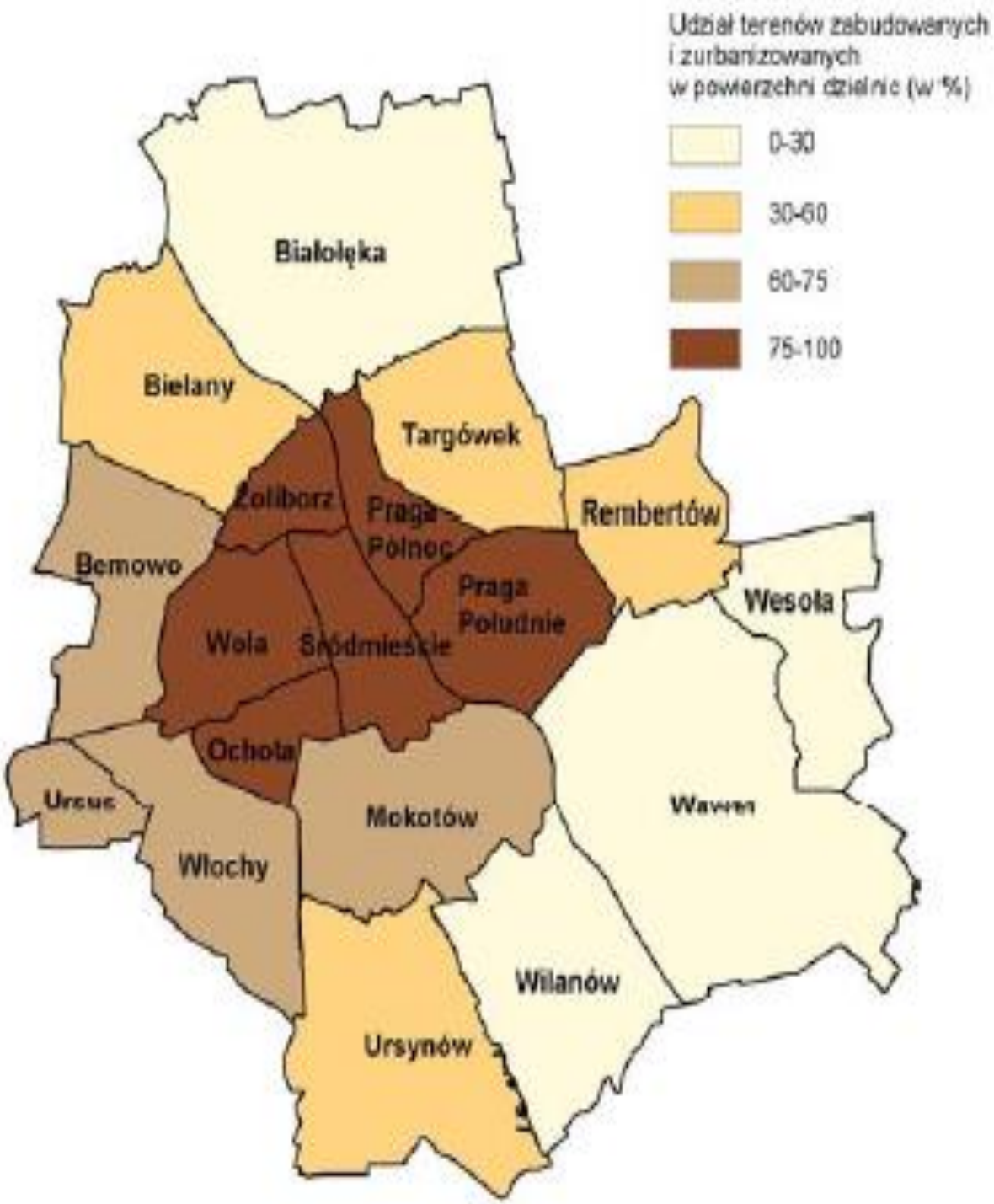
Rys. 8 Mapa użytkowania terenu m.st. Warszawy
Źródło: „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.



Rys. 9 Mapa gęstości zabudowy m.st. Warszawy
Źródło: „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy

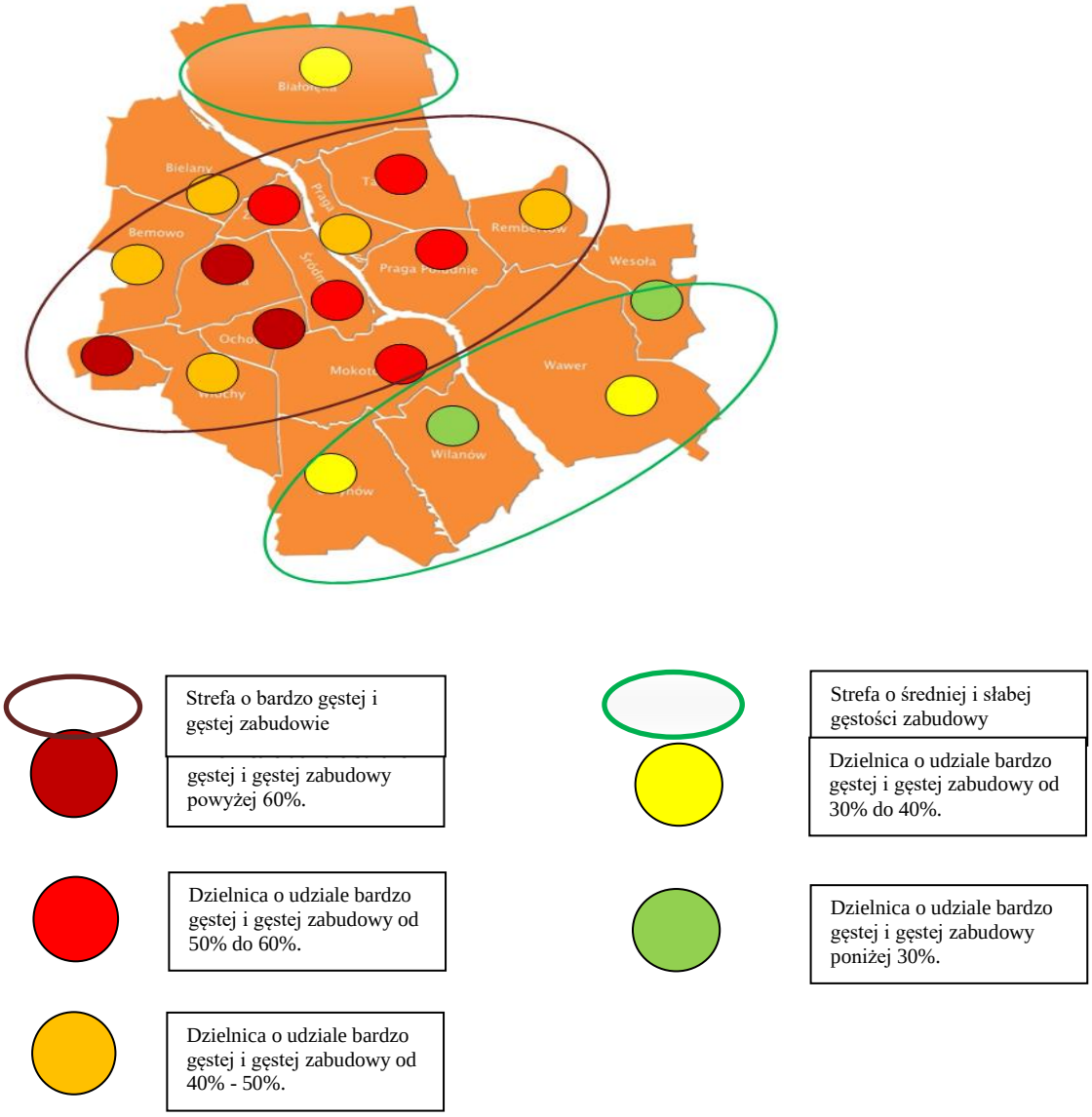
wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

Rys.10. Tereny zabudowane i zurbanizowane w Warszawie wg. dzielnic.



Źródło: „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta st. Warszawy. Część I. Uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy".

Analizując obecną sytuację gęstości zabudowy dzielnicami, łącząc tereny o gęstej zabudowie mieszkaniowej (powyżej 50%) i zabudowy przemysłowej, wojskowej i usługowej można wyróżnić dwie strefy. Pierwsza strefa o bardzo dużej i dużej gęstości ciągnie się z zachodu na wschód przez cała Warszawę tzn. od Ursusa i Włoch poprzez Bemowo, Wolę, Ochotę, Mokotów, Śródmieście, Bielany, Żoliborz, Pragę Północ i Południe, Targówek aż po Rembertów. Druga nieciągła gdyż podstawowe dzielnice w nią wchodzące znajdują na południu miasta, są to: Ursynów, Wilanów, Wawer i Wesoła, a także na północy Białołęka. (Rys. 11)[8]



Rys. 11 Strefy gęstości zabudowy w m.st. Warszawie
Źródła: W oparciu o „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta

[8] „Life Adaptacity PL …" *op. cit.*

Albedo. Kolejnym czynnikiem charakteryzującym m. st. Warszawa jest zdolność odbijania promieni przez powierzchnię, co wyraża się albedo czyli stosunkiem ilości promieniowania odbitego do padającego. Wartość tego wskaźnika zależna jest od charakteru powierzchni, jej szorstkości, barwy, a także zawartości wilgoci. Istotnym elementem jest kąt padania promieni słonecznych. Przy analizie rozkładu albedo wykonanej przez Instytut Geodezji i Kartografii stwierdzono (tab. 3), że[9]:

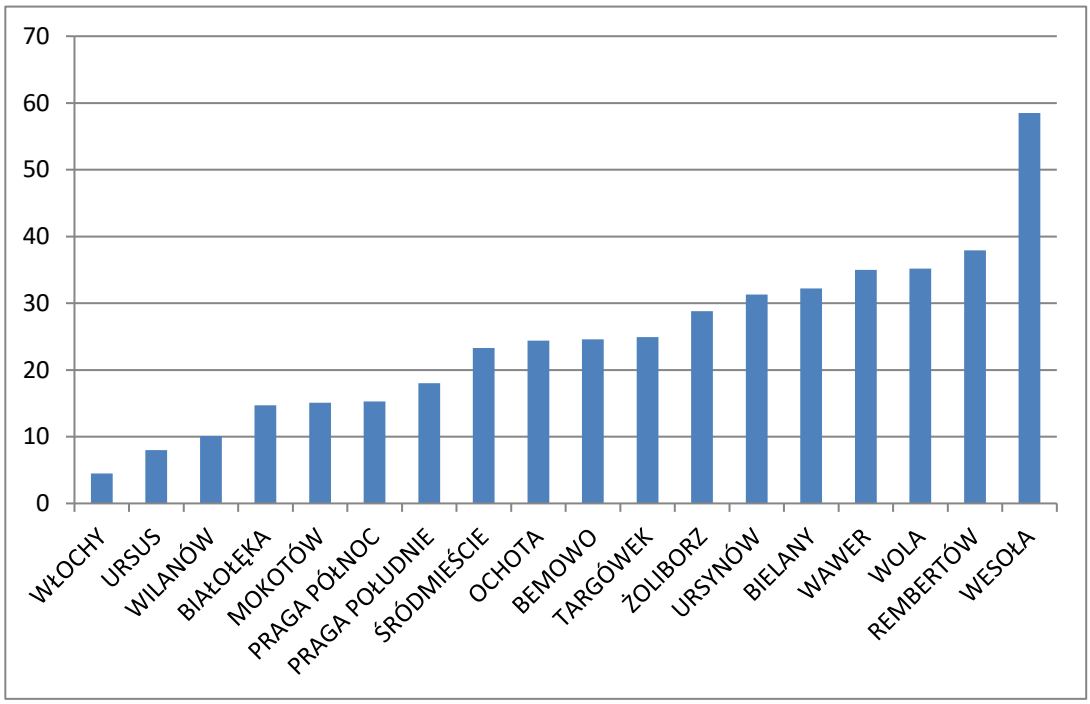
- „najwyższe średnie wartości współczynnika albedo zarówno maju, czerwcu, sierpniu i wrześniu odnotowuje się w dzielnicy Wilanów, a najniższe zaś w dzielnicy Wesoła.
- Wyższe wartości poziomu albedo odnotowuje się w maju i czerwcu aniżeli w sierpniu i wrześniu. Jest to uwarunkowane kątem padania promieni słonecznych.
- Niższe wartości albedo przyjmują dzielnice o wyższym udziale kompleksów leśnych (Wesoła, Rembertów, Wawer)."

Wg. IGiK w związku z intensywną urbanizacją miasta zwłaszcza takich dzielnic jak Białołęka i Wilanów następują zmiany w wartości współczynnika albedo. Wpływ na zmianę tego wskaźnika odnotowano także w wyniku budowy stadionów w dzielnicach Śródmieście i Praga Pd. Jak i w wyniku budowy drogi S8 w dzielnicy Ursus. Natomiast większość miasta w okresie 10 lat nie wykazała istotnych zmian w wartości wskaźnika albedo.

Powierzchnia biologicznie czynna. Ważną rolę w kształtowaniu klimatu miasta odgrywają tereny biologicznie czynne czyli pokryte roślinnością lub tereny wód stałych i płynących. Udział powierzchni terenów zieleni i lasów w stosunku całej powierzchni w poszczególnych dzielnicach zaprezentowano na rys. 12) Można na nie spojrzeć zarówno w ujęciu zmiany ich powierzchni jak i także z punktu widzenia stanu rozwoju i kondycji roślinności, który określa się przy pomocy wskaźnika NDVI. Przyjmuje on wartości od – 1, co oznacza brak roślinności, do wartości 1, co oznacza bujną roślinność o dobrej kondycji. Wg IGiK po analizie obrazów satelitarnych i wykonanej mapie różnica wskaźnika pomiędzy poszczególnymi dzielnicami nie jest znaczna (tab. 4 i rys. 13). Podkreślono także, występowanie zależność pomiędzy wartościami wskaźnika NDVI, a nieprzepuszczalnością terenu. Dzielnice o b. słabej przepuszczalności i niskim udziale terenów zieleni charakteryzują się niższymi wartościami niż

[9] „Life Adaptacity PL …" *op. cit*

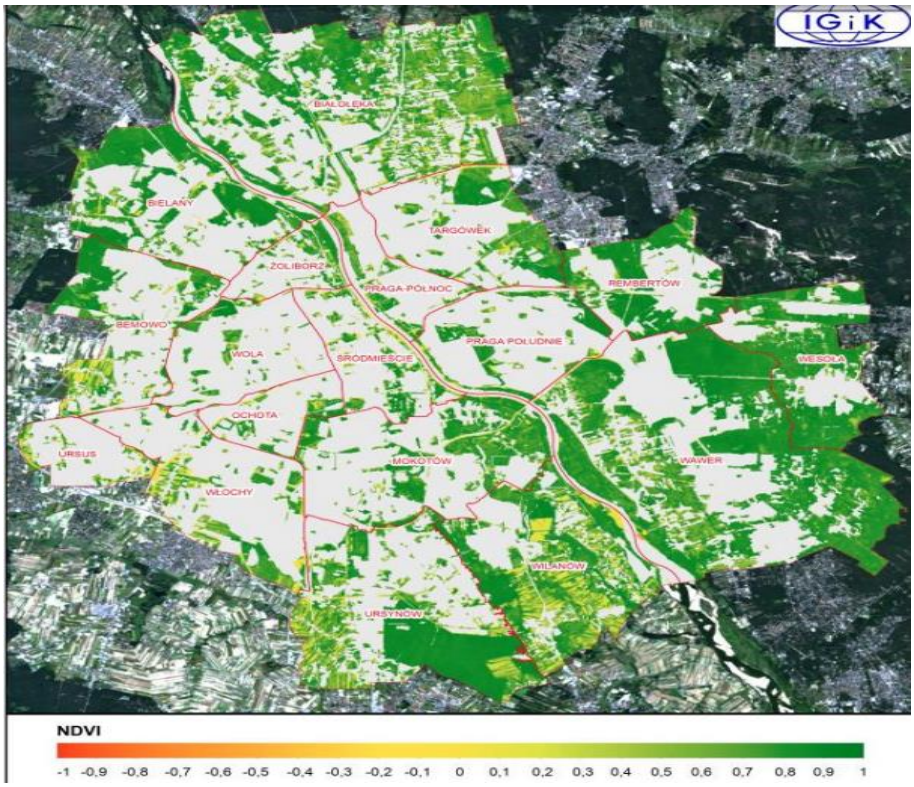
dzielnice o wyższym stopniu przepuszczalności i znacznym udziale terenów biologicznie czynnych.



Rys. 12 Udział w % powierzchni terenów zieleni i lasów wg dzielnic
Źródło: Rocznik statystyczny Warszawy

Kluczowym dla sprawnego funkcjonowania terenów biologicznie czynnych są relacje między obszarami o różnym znaczeniu. Część z nich to obszary podstawowe, część ma charakter wspomagających, a połączone są korytarzami ekologicznymi. Całość zaś stanowi System Przyrodniczy Warszawy (SPW). Stanowi on zgodnie ze „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta stołecznego Warszawy" wyodrębnioną część miasta, dla której przewidziano nadrzędne funkcje przyrodnicze (biologiczna, klimatyczna i hydrologiczna) oraz podporządkowane im funkcje pozaprzyrodnicze, takie jak mieszkaniowa, rekreacyjna i wypoczynkowa oraz estetyczną (rys. 14). Jak napisano w wykonanym specjalnie dla projektu Adaptcity opracowaniu SGGW „System Przyrodniczy Warszawy nie jest zbudowany, jakby mogło się pierwotnie wydawać, jedynie z terenów tradycyjnie wiązanych z dużym udziałem powierzchni biologicznie czynnej, jak tereny zieleni, tereny lasów, czy tereny rolne. W jego skład wchodzą również tereny zabudowy, w tym zabudowy mieszkaniowej, usługowej, produkcyjnej oraz infrastrukturalnej". Docelowo jego struktura zaprezentowana została na rys. 15. Dokonana analiza w ramach opracowania SGGW, gdzie porównywano sytuację z jednego dnia lipcowego w roku 2006 i 2014, pokazała,

że w większości jednostek funkcjonalno-przestrzennych nie zanotowano większych zmian w udziale powierzchni biologicznie czynnej (<1%). Większość ubytków związana była z realizacją zabudowy mieszkaniowej i usługowej. Największe tego typu obszary zlokalizowane są w dzielnicach Białołęka, Bielany, Ursynów, Wilanów oraz Wawer i zazwyczaj nie przekraczają 5%. Są to dzielnice obecnie najintensywniej rozwijające się w zakresie budownictwa mieszkaniowego. Pojedyncze obszary o ubytku 5-10% zaobserwowano w dzielnicach Włochy, Białołęka, Mokotów Ursynów i Wawer. Ubytki rzędu 10-20% zlokalizowane są głównie w dzielnicach Mokotów i Bemowo. Największy obszar o ubytku PBC[10] na poziomie 25-50% zlokalizowany jest w dzielnicy Targówek. Pojedyncze, punktowe, ubytki powierzchni biologicznie czynnej powyżej 50% znajdują się w dzielnicy Ursus, Bemowo, Bielany i Białołęka"[11]. Udział powierzchni biologicznie czynnej w roku 2014 zawiera rys. 16.

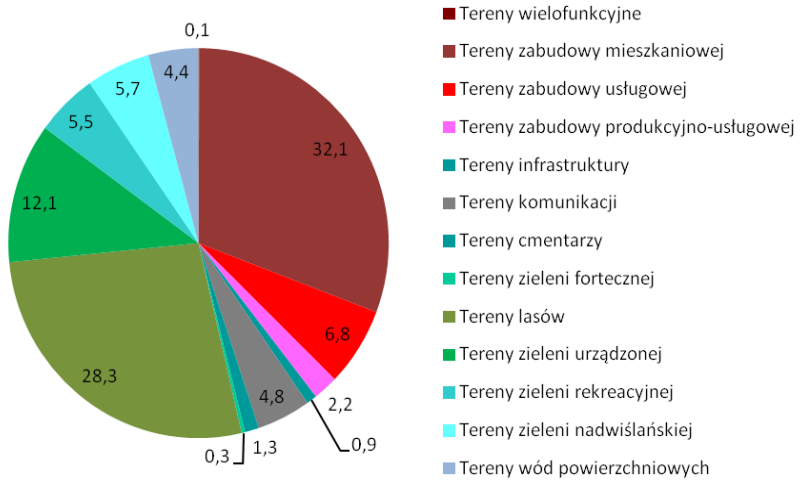


Rys. 13 Rozkład wskaźnika NDVI w Warszawie w dniu 08.09.2013

Źródło: „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

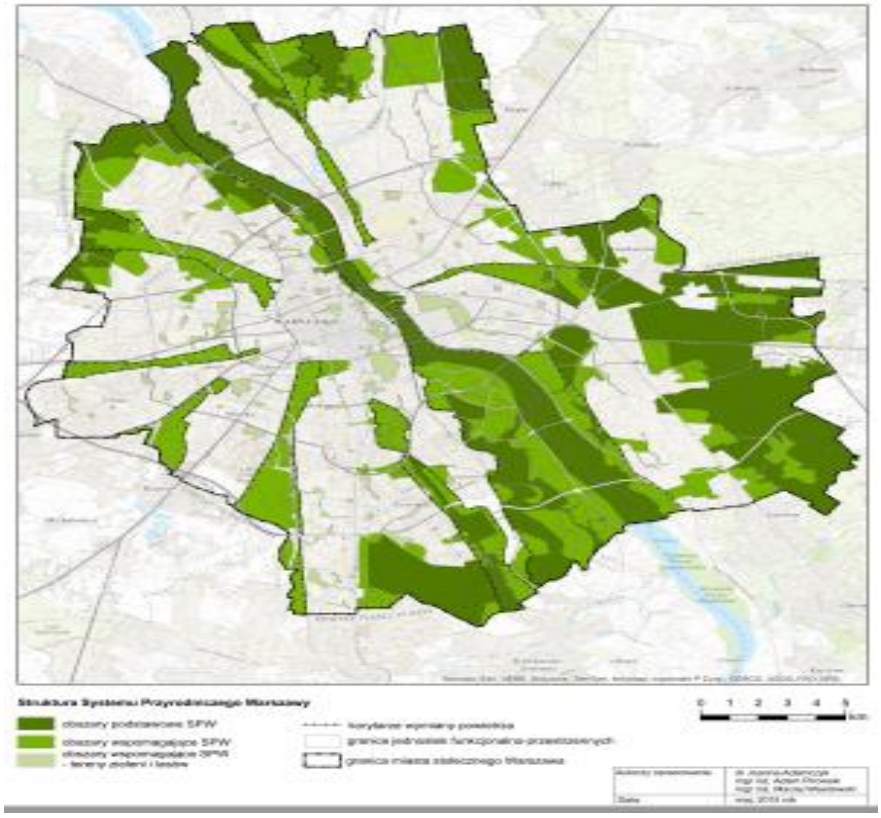
[10] PBC – powierzchnia biologicznie czynna.

[11] Adamczyk J. Pirowski A., Wasilewski M. „Rozpoznanie terenów biologicznie czynnych miasta stołecznego Warszawy, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Przyrodniczego Warszawy (SPW)" Warszawa, 2015.

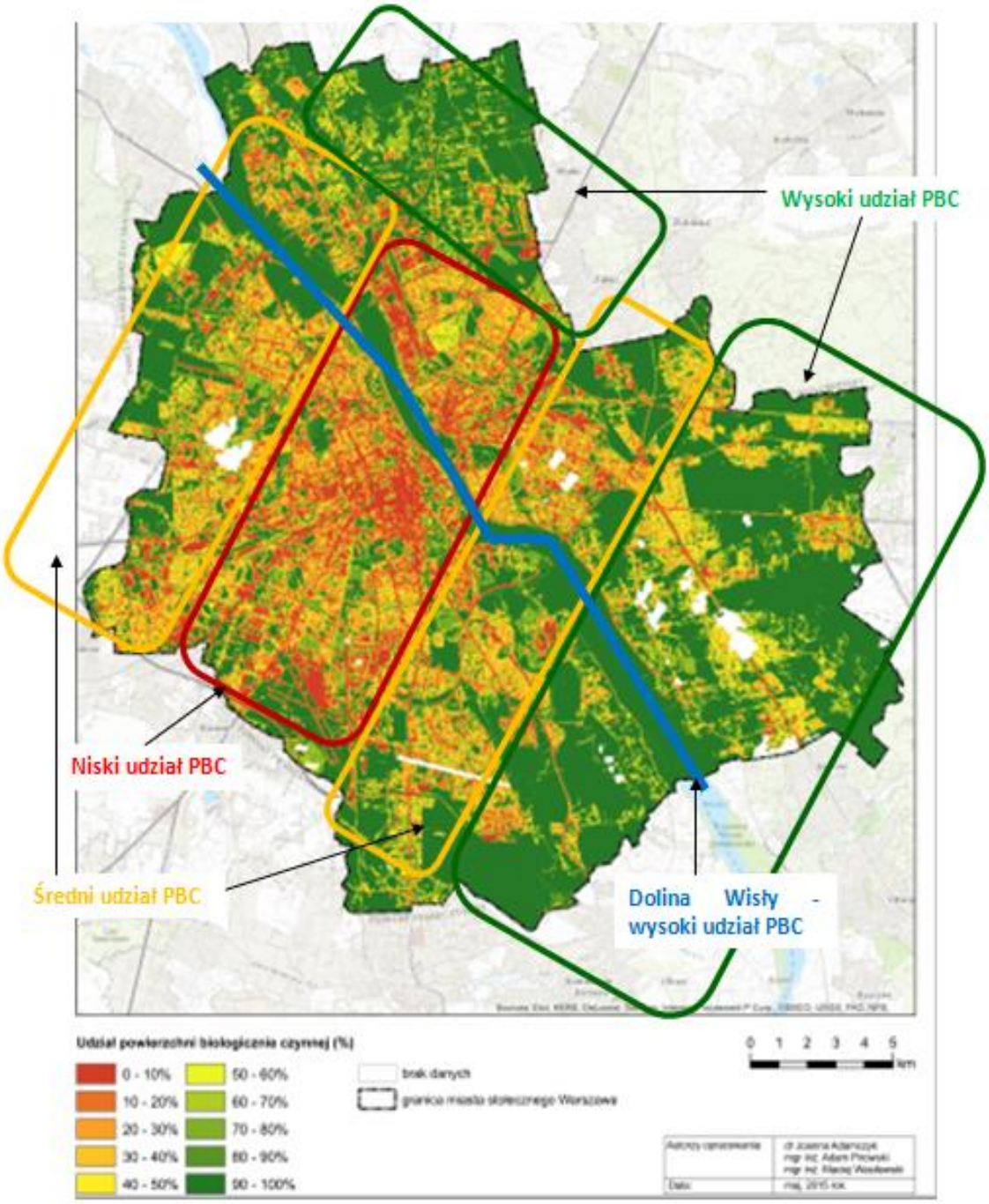


Rys. 14 Docelowa struktura funkcjonalno-przestrzenna SPW
Źródło: „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy" Warszawa 2006.

Rys. 15 System Przyrodniczy Warszawy – stan na 2006 r.
Źródło: „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy" Warszawa 2006

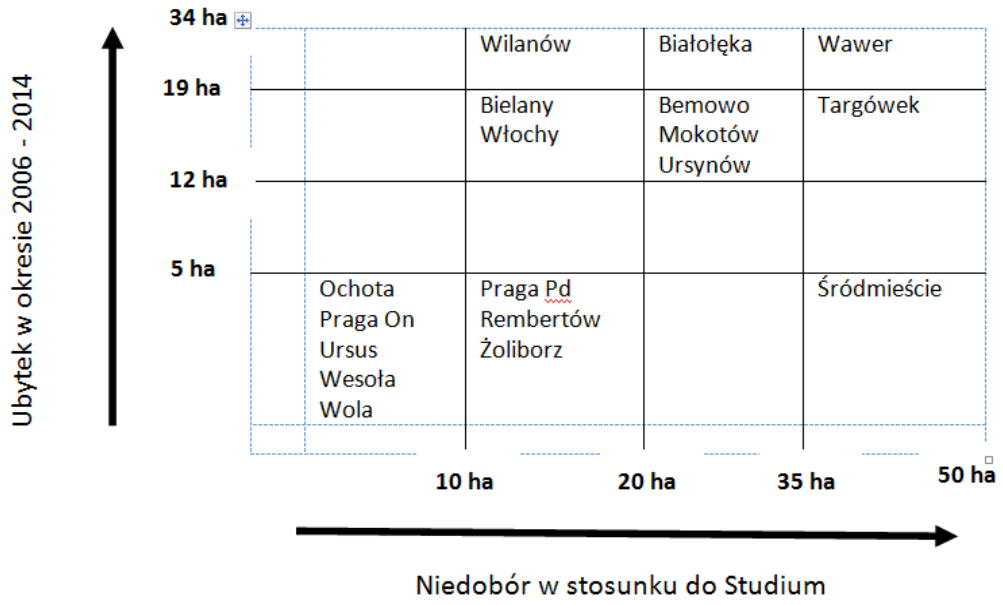


.



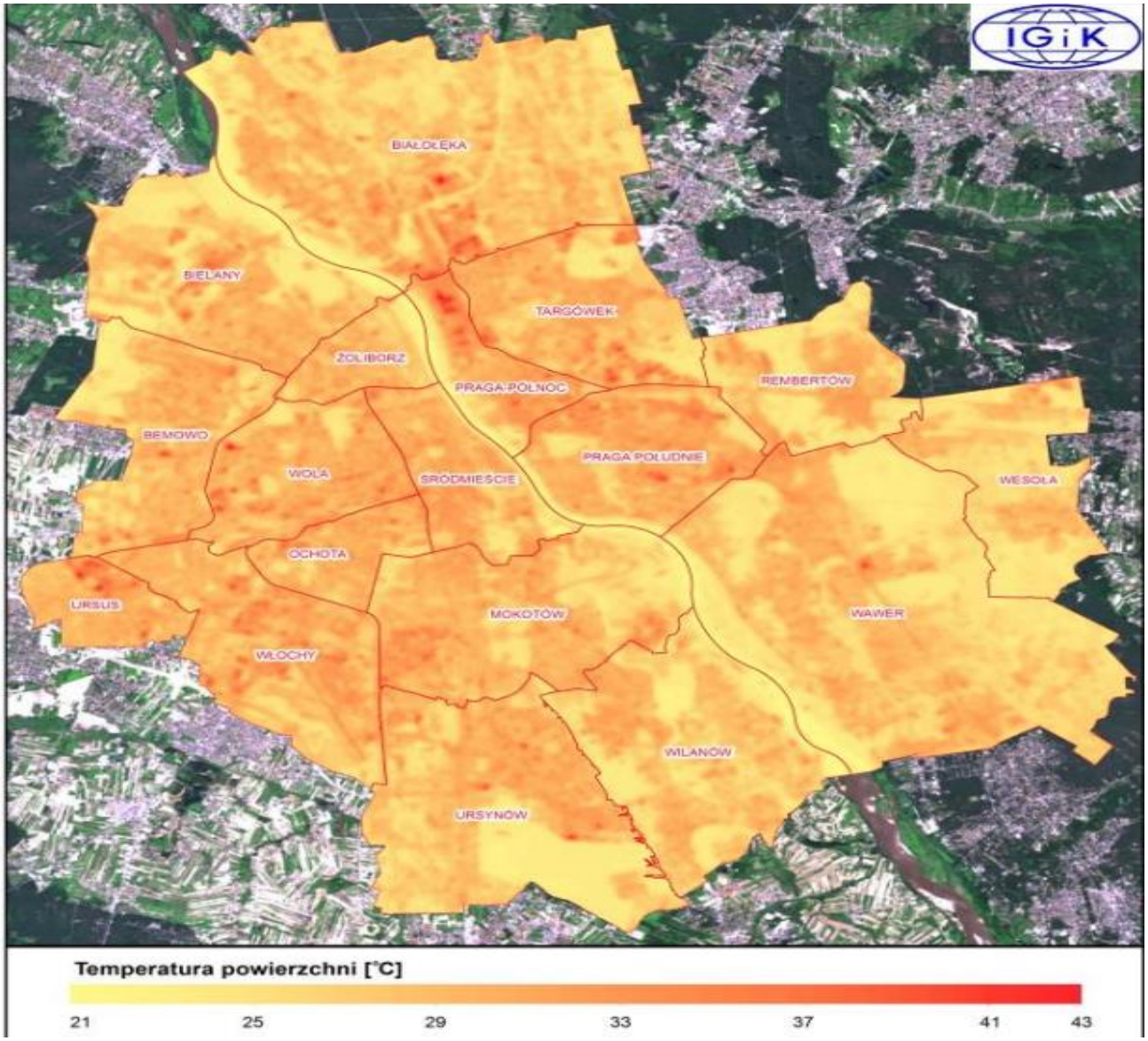
Rys. 16. Udział powierzchni biologicznie czynnych (PBC) w m. st. Warszawa w roku 2014
Źródło: W oparciu o Adamczyk J. Pirowski A., Wasilewski M. „Rozpoznanie terenów biologicznie czynnych miasta stołecznego Warszawy, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Przyrodniczego Warszawy (SPW)" Warszawa, 2015.

Biorąc pod uwagę ubytek powierzchni biologicznie czynnej i niedobór tej powierzchni w poszczególnych dzielnicach najtrudniejsza sytuacja rysuje się w dzielnicach Białołęka, Bemowo, Mokotów, Targówek, Ursynów i Wawer. Natomiast korzystnie prezentują się Ochota, Praga Pn., Ursus, Wesoła i Wola (rys. 17).



Rys. 17. Ubytek i niedobór [23] powierzchni biologicznie czynnej
Źródło: W oparciu o Adamczyk J. Pirowski A., Wasilewski M. „Rozpoznanie terenów biologicznie czynnych miasta stołecznego Warszawy, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Przyrodniczego Warszawy (SPW)" Warszawa, 2015.

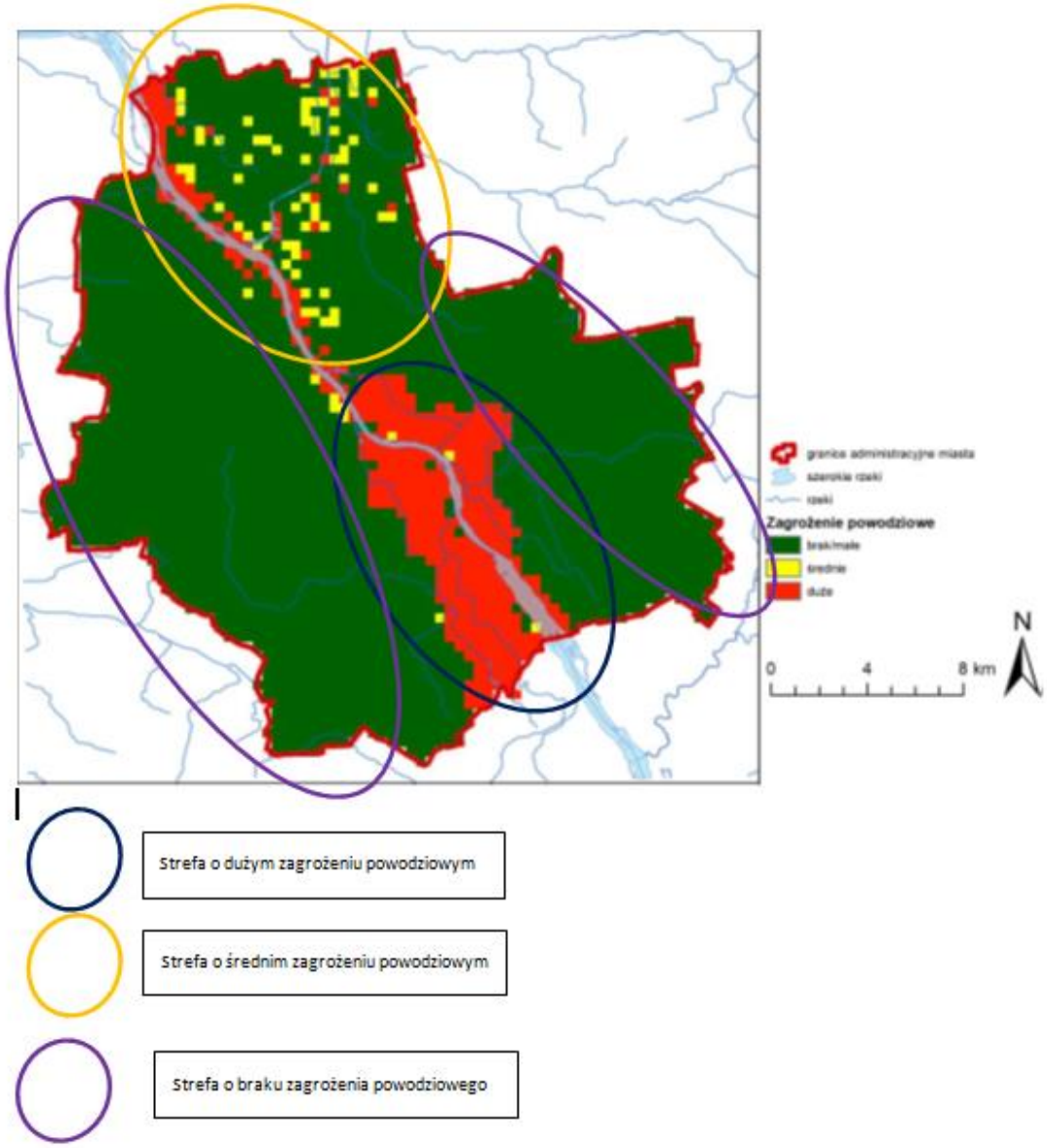
Temperatura powierzchni. Kolejnym czynnikiem analizowanym przez IGiK w oparciu o zdjęcia satelitarne był rozkład temperatury powierzchni. Powiązana jest ona z jednej strony z temperaturą powietrza, a z drugiej strony ze współczynnikiem albedo. Gdyż obiekty charakteryzujące się niższym wskaźnikiem promieni odbitych od padających charakteryzują się wyższą temperaturą powierzchni. Na wartość wskaźnika ma także wpływ rodzaj użytkowania terenu gdyż tereny pokryte gęstą roślinnością (lasy) czy zbiorniki wodne nagrzewają się wolniej od pozostałych zwłaszcza zurbanizowanych. Podobne korelacje zdaniem IGiK występują z przepuszczalności terenu. Obrazuje to rys. 18.



Rys. 18 Rozkład temperatury powierzchni w dn. 20.06.2013
Źródło: Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

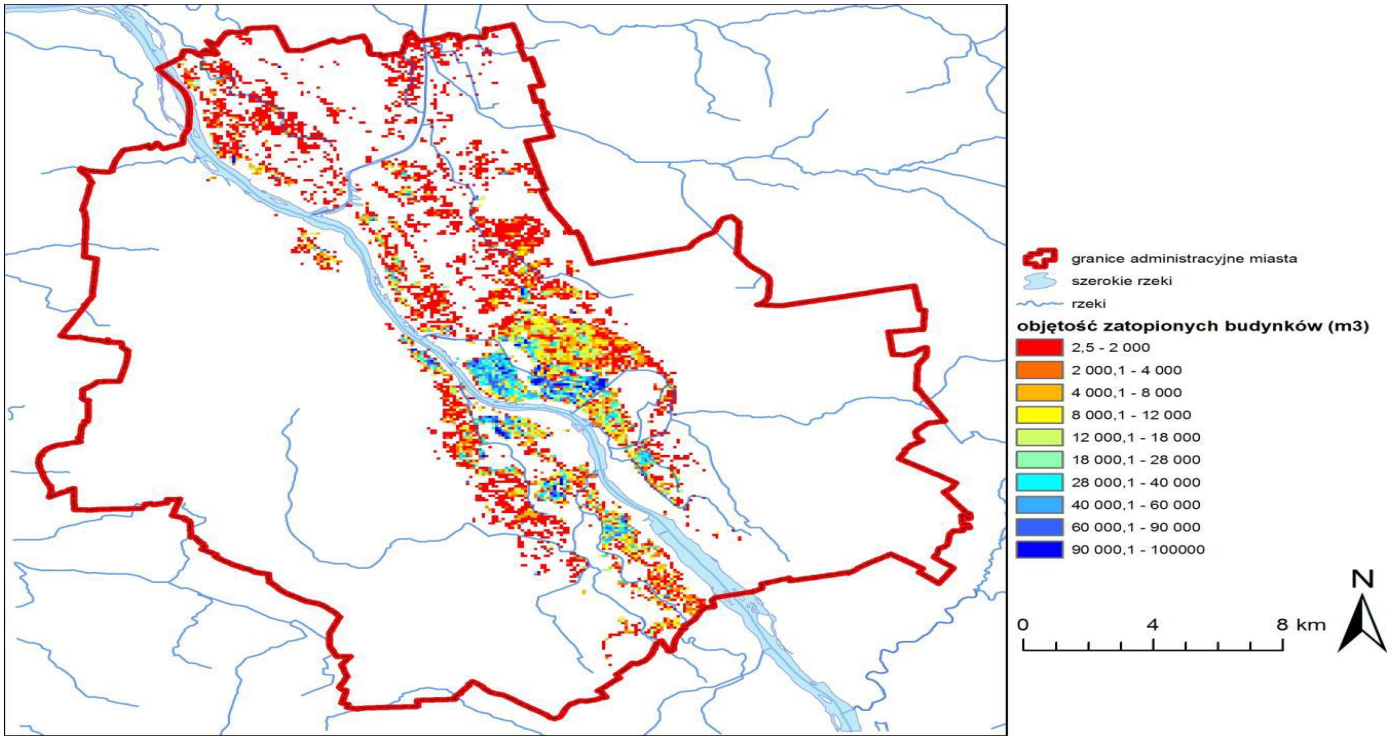
Obszary o wysokim udziale terenów nieprzepuszczalnych jak np. Wola, Ursus, Targówek czy Ochota, charakteryzują się wyższymi wartościami temperatury powierzchni. Natomiast tereny o mniejszym udziale terenów nieprzepuszczalnych odwrotnie jak np. Wawer, Wesoła czy Wilanów. Pewne odstępstwa od tej reguły dotyczą Białołęki, Ursynowa i Bielan. Przykładowy rozkład przestrzenny średniej temperatury powierzchni w dn. 20.06.2013 obrazuje rys. 18.

Zagrożenie zalaniem przez powódź na Wiśle. Zagrożenie to wyraźnie układa się wzdłuż doliny Wisły, zwłaszcza najwyższe znajduje się w jej południowej części. Obrazuje to rys. 19.



Rys. 19. Mapa zagrożenia powodziowego Warszawy
Źródło: W oparciu o Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych Warszawy wraz z komentarzami". Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r.

Skala zagrożeniami skutków powodzi dla budynków waha się w kwadratach 100x100 m od 0 do ponad 90.000 m^3 kubatury. Obrazuje to rys. 20[12].



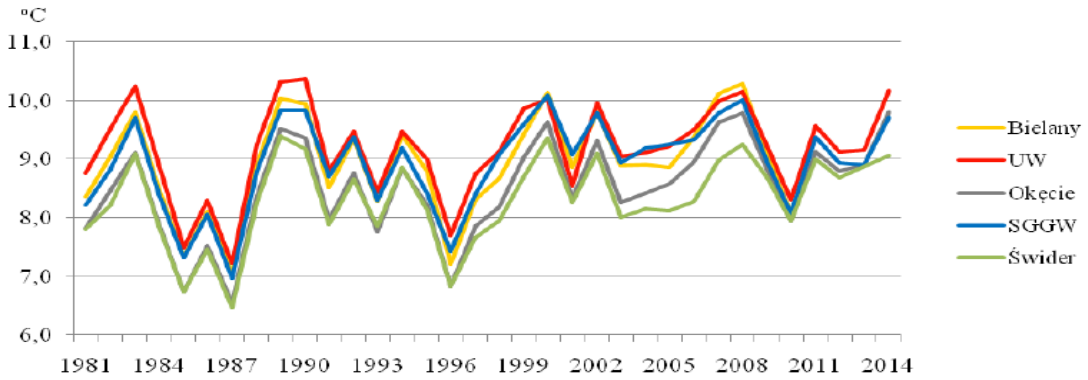
Rys. 20. Mapa zagrożenia powodziowego Warszawy wyrażona w kubaturze potencjalnie zagrożonych budynków
Źródło: Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych Warszawy wraz z komentarzami". Opracowanie na zlecenie Fundacji Instytut na rzecz Ekorozwoju w ramach projektu ADAPTCITY. Warszawa 2016.

3. Opis tendencji zmian ekosystemu miasta

Głównymi czynnikami klimatycznymi wpływającymi na zmiany warunków pogodowych są:

1. **Średnia temperatura powietrza.** Nastąpił wzrost średniej rocznej temperatury powietrza na obszarze miasta w latach 1981-2014 i wyniósł 0,02-0,04°C na rok, natomiast sama temperatura średnioroczna wzrosła do ok. 8,5-9,2°C w zależności od stacji pomiarowej[13] (rys. 21).

[12] Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych Warszawy wraz z komentarzami". Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL *Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation*, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r.
[13] Żmudzka E. ….. *op. cit.* „.

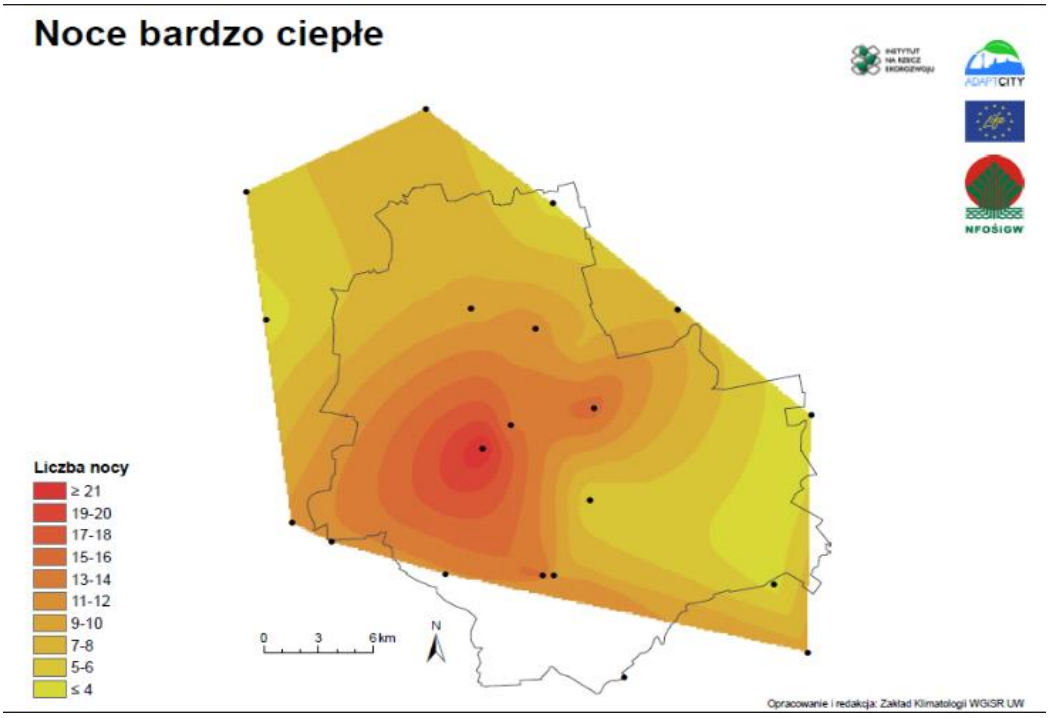


Rys. 21 Przebieg wieloletniej średnio rocznej temperatury powietrza w Warszawie
Źródło: Żmudzka E. „Zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne podstawowych elementów klimatu w wybranych punktach pomiarowych na terenie Warszawy (1981-2014) ". Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r.

Warto także zauważyć, że na obszarze Warszawy średnie roczne wartości temperatury powietrza wahają się od około 8,5°C na krańcach wschodnich oraz w sąsiadującej z Warszawą Puszczy Kampinoskiej i w gminie Łomianki do prawie 10°C w centralnych częściach Warszawy (Twarda) oraz Pragi (Kamionek). Stosunkowo chłodny jest także obszar Białołęki[14].

2. **Ekstremalna temperatura dodatnia powietrza.** Zaobserwowano latem znaczący wzrost temperatury powietrza w okresie 1981-2014, w tym także istotny był wzrost temperatury maksymalnej o 0,04-0,08° C. Temperatury maksymalne w Warszawie sięgają 37° C[15]. Szczególnie ważne z punktu widzenia adaptacji do zmian klimatu są bardzo ciepłe (temperatura minimalna nie spada poniżej 18°C) i tropikalne upalne (temperatura minimalna nie spada poniżej 20° C) noce. Co do tych pierwszych liczba w zależności od stacji oscyluje w pobliżu 40[16]. Niekorzystnie pod tym względem wyróżniają się dzielnice śródmiejskie (Śródmieście, Ochota, część Woli i Górnego Mokotowa) oraz centrum Pragi. Średnio w roku może tam wystąpić 15-20 takich nocy. Natomiast co do drugich pojawiają się one w dzielnicach śródmiejskich (Śródmieście, Ochota, część Woli i górnego Mokotowa), średnio 5-7 razy w roku[17] (rys. 22).

[14] Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. „Komentarz do map różnych charakterystyk temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie.
[15] Żmudzka E. ….. *op. cit.*
[16] Żmudzka E. ….. *op. cit.*
[17] Błażejczyk K. ….. *op. cit.*



Rys. 22 Noce bardzo ciepłe w roku
Źródło: Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. „Komentarz do map różnych charakterystyk temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie.

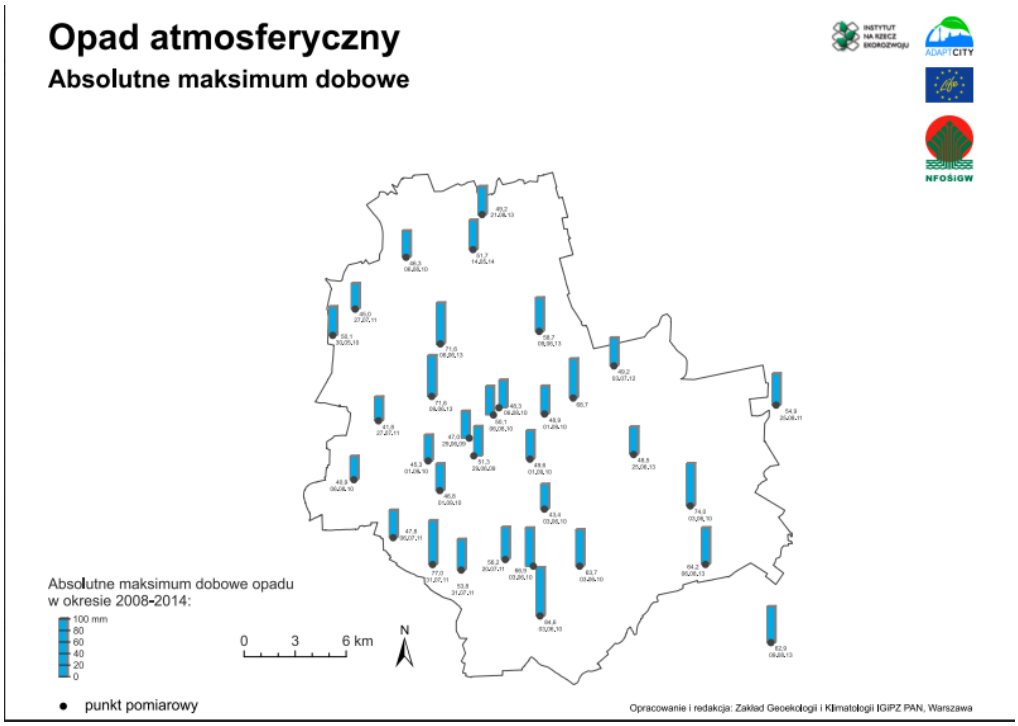
Obok dni z b. wysoką temperaturą ważne są także fale upałów (minimum 3 dni pod rząd z temperatur wyższą od 30ºC) czy okresy gorąca (minimum 5 dni pod rząd z temperatur wyższą od 25ºC). W centrum miasta w okresie 2008-2014 liczba fal upałów i okresów gorąca wyniosła 11-12 dni każdy[18].

3. **Ekstremalna temperatura ujemna powietrza.** Średnia ilość dni w roku o średniej temperaturze powietrza poniżej 0ºC w Warszawie w latach 1982-2014 wyniosła 33 i nie było w tym zakresie tendencji malejącej. Ekstremalnie zimne dni o średniej temperaturze poniżej 10ºC występują także nie mniej często niż kiedyś[19].

4. **Suma opadów deszczu.** Dla okresu 1981 – 2014 charakterystyczny był wzrost ilości opadów w ciągu roku od 0,13mm do 0,45mm na rok w zależności od stacji pomiarowej. Suma opadu rocznego w Warszawie wynosiła od 550mm do 600mm w zależności od stacji[20].

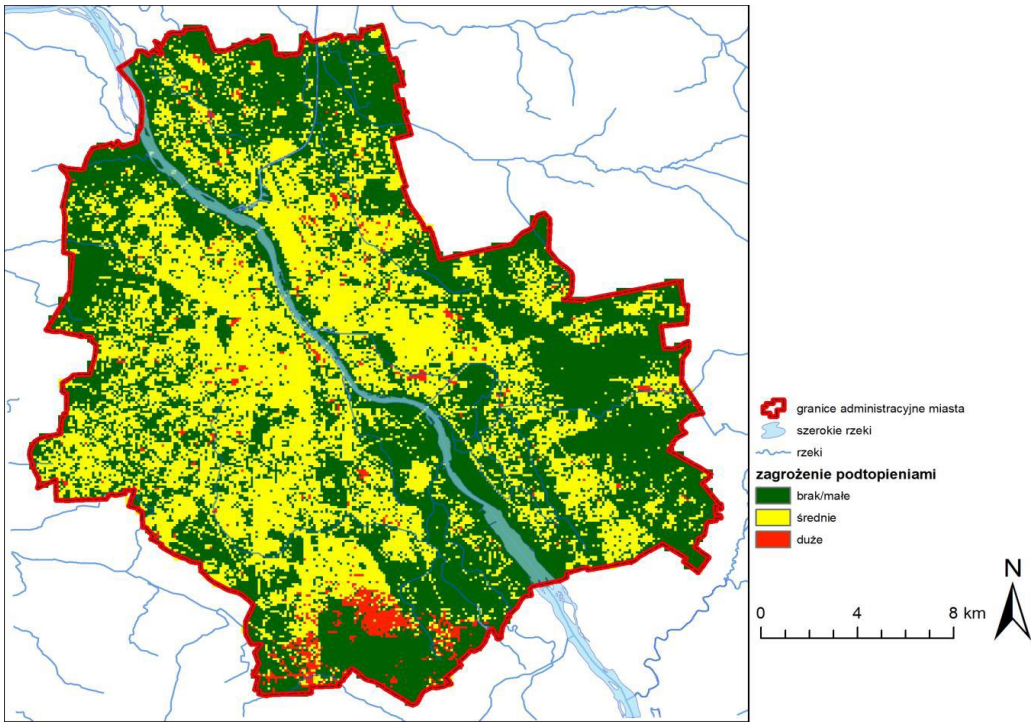
[18] Błażejczyk K. ….. *op. cit.*
[19] Żmudzka E. ….. *op. cit.*
[20] Żmudzka E. ….. *op. cit.*

5. **Wysokość ekstremalnych opadów deszczu (opady nawalne).** Szczególnie w południowej części miasta nastąpił wzrost liczby dni z silnymi opadami nawalnymi o sumie dobowej większej niż 10 lub 20mm. Niezależnie od tego w Warszawie występuje rocznie od 3 do 7 dni z tego typu opadem w roku21. Wyróżnia się dwie strefy o zwiększonych sumach dobowych. Pierwsza występuje na południu miasta (Ursynów, Wilanów, Wawer), gdzie maksymalne sumy dobowe mogą przekraczać miejscami 80 mm. Druga obejmuje teren Żoliborza i Grochowa, gdzie największe sumy dobowe opadu sięgają 60-70 mm[22] (Rys. 23 i 24).



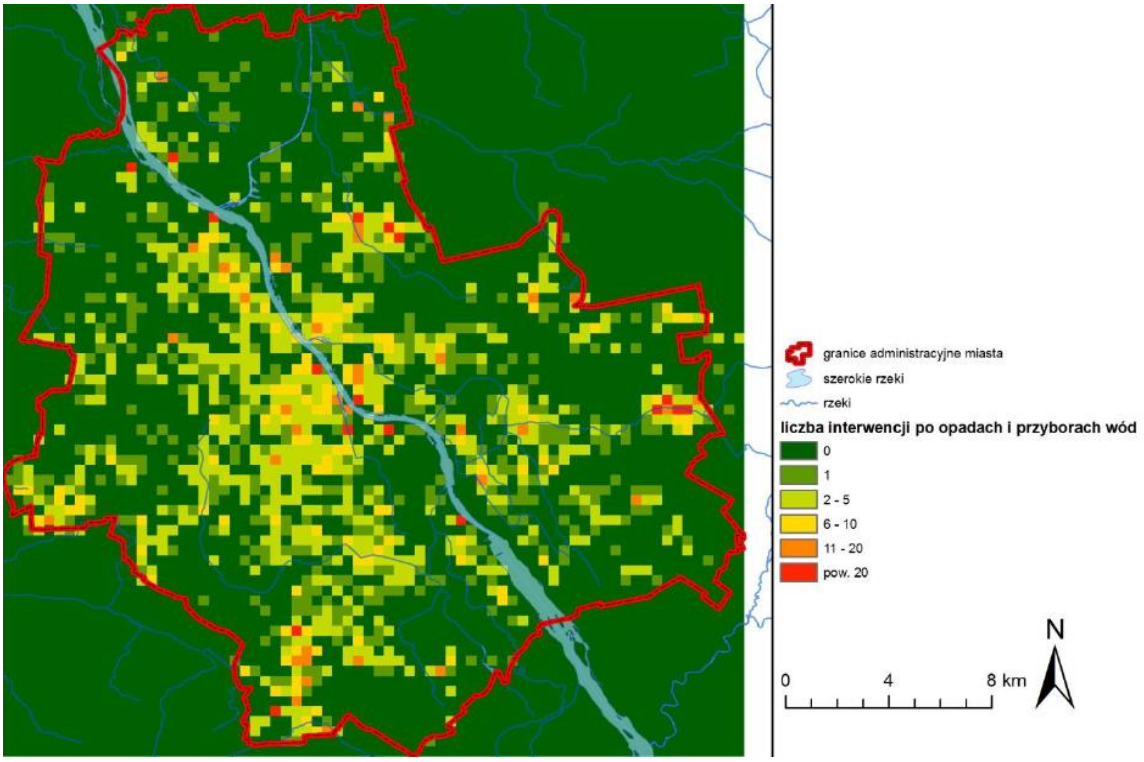
Rys. 23 Opady atmosferyczne – absolutne maksimum dobowe.
Źródło: Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. „Komentarz do map różnych charakterystyk temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie

[21] Żmudzka E. ….. *op. cit.*
[22] Błażejczyk K. ….. *op. cit.*



Rys. 24. Zagrożenie podtopieniami
Źródło: Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r.

Punktem wyjścia do oceny stopnia zagrożenia podtopieniami po intensywnych opadach były informacje o przepuszczalności terenu, mapa rozkładu przestrzennego maksymalnych sum dobowych opadów atmosferycznych w latach 2008-2014 oraz zestawienie interwencji Straży Pożarnej na terenie m. st. Warszawy w związku z opadami atmosferycznymi i przyborami wód w latach 2008-2013 (rys. 25).



Rys. 25 Liczba interwencji straży pożarnej w okresie 2008 – 2014 w związku z opadami i przyborami wód przeliczona do siatki kwadratów 400 m
Źródło: Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016

6. **Średnia prędkość wiatru.** W analizowanym wieloleciu 1981-2014 średnia prędkość wiatru na stacji Warszawa Okęcie wyniosła 3,8 m/s. W ciągu roku najmniejsza prędkość wiatru była latem w ujęciu miesięcznym w sierpniu 3,1 m/s, a największa zimą 4,3 m/s. Zaobserwowano malejący trend średniej prędkości wiatru[23].
7. **Maksymalna prędkość wiatru.** Obserwuje się, że liczba dni z wiatrem o prędkości większej niż 10 m/s na stacji Warszawa Okęcie zmalała w okresie 1981-2014 o 0,67. Jednakże nie jest pewne czy maksymalne wartości wiatru nie wzrosły lub nie wzrosną,

[23] Żmudzka E. ….. *op. cit.*

8. **Opady śniegu i okres zalegania śniegu.** Mimo postępującego ocieplenia klimatu w Warszawie wciąż istotnym zjawiskiem są opady śniegu oraz jego zaleganie w okresie zimowym, co jest związane z dniami mroźnymi. Średnio rocznie śnieg zalega w Warszawie od 50 do 60 dni w roku i zwykle jest przyczyną problemów komunikacyjnych[24].

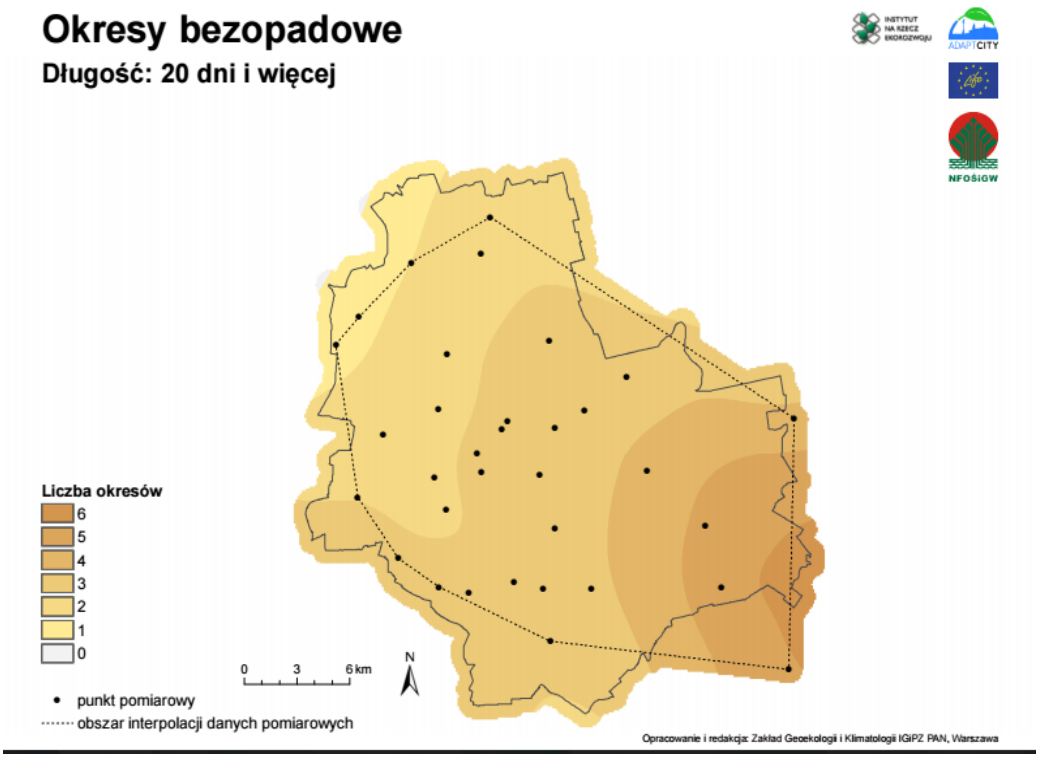
9. **Wilgotność.** W związku z wzrostem średniej temperatury powietrza należy spodziewać się także wzrostu wilgotności powietrza ze względu na większą chłonność atmosfery. Obecnie wilgotność powietrza w Warszawie wynosi średnio 68-70%. W Warszawie w warunkach letnich coraz częściej pojawia się bardzo wilgotne powietrze zwrotnikowe.

10. **Promieniowanie słoneczne.** Oddziaływanie promieniowania słonecznego jest najmniej zbadanym oraz najmniej przewidywalnym czynnikiem klimatycznym. W Warszawie występuje średnio 1600-1700 godzin z pełnym nasłonecznieniem rocznie, ale w roku 2014 było aż 1900 tego typu godzin.

Natomiast w zakresie innych skutków/zagrożeń związanych z klimatem należy zwrócić uwagę na:

1. **Susze (dostępność wody).** Susze są istotnym skutkiem klimatycznym w Warszawie, gdyż sterują dostępnymi zasobami wody dla obsługi miasta, którą Warszawa czerpie z rzeki Wisły do picia oraz do chłodzenia części instalacji energetycznych. W latach 2014, 2015 wystąpiły w aglomeracji warszawskiej susze, które wpłynęły negatywnie m.in. na dostawy energii elektrycznej dla Warszawy. W mniejszym stopniu susze na obszarze miasta mają wpływ na występowanie pożarów. Warto zauważyć, że najdłuższe okresy bezopadowe (co najmniej 20 dni) są zróżnicowane i tak ich liczba zwiększa się stopniowo od 1 przypadku na 6 lat w północno-zachodniej części miasta do 5-6 sytuacji na 6 lat na wschodnich obrzeżach miasta[25] (rys. 26).

[24] „Wpływ zmian klimatu na gospodarkę, środowisko i społeczeństwo”., Publikacje projektu POIG 01.03.01-14-011/08-00 o akronimie KLIMAT dostępne na stronach internetowych http://klimat.imgw.pl , moduły: Związek klimatu Polski w II połowie XX w. z procesami skali globalnej i regionalnej oraz Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne (cywilne i ekonomiczne) kraju. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2012.
[25] Błażejczyk K. ….. *op. cit.*



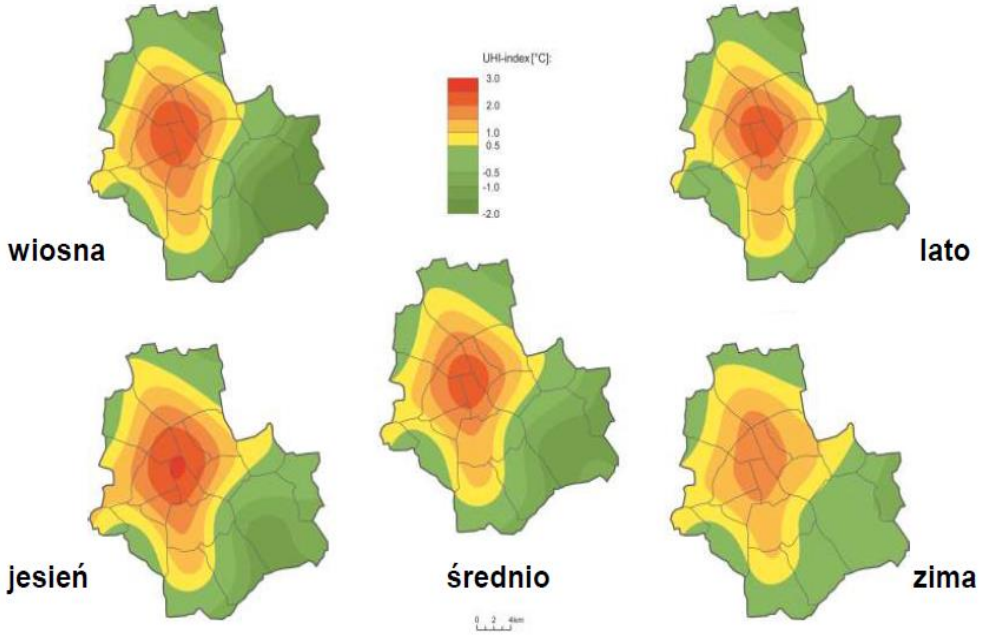
Rys. 26. Okresy bezopadowe – 20 dni i więcej.
Źródło: Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. „Komentarz do map różnych charakterystyk temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie

2. **Burze (w tym wyładowania atmosferyczne).** Burze, często towarzyszące m.in. opadom nawalnym potrafią także znacząco zakłócić funkcjonowania miasta i jego instalacji infrastrukturalnych. W okresie 2008-2014 wyładowania atmosferyczne związane z burzami kilkukrotnie powodowały np. odłączenia zasilania dla potrzeb obsługi kolei. Czasami wyładowania atmosferyczne wywołują pożar. Straż pożarna interweniowała z powodu wyładowań atmosferycznych 7 razy w tym okresie.
3. **Powodzie.** Warszawa położona jest w dolinie rzeki Wisły, która już niejednokrotnie zagrażała poziomem swoich wód powodziowych miastu, w ostatnich latach (m.in. w roku 2010 i 2012). W roku 2010, aż kilkukrotnie przechodziła przez miasto fala powodziowa. Powódź jest zatem istotnym zagrożeniem dla infrastruktury miejskiej w Warszawie.
4. **Tornada i trąby powietrzne.** Występowanie tornad i trąb powietrznych nie było do tej pory notowane w Warszawie z odnotowaniem tragicznych skutków. Niemniej jednak w ostatnich latach tego typu zjawiska występowały coraz częściej w obszarach nizinnych Polski centralnej w tym na Mazowszu, a więc nie wykluczone, że mogą w zagrozić także Warszawie. Takie zjawiska pośrednio mogą mieć znaczenie dla zasilania energetycznego.

5. **Pożary.** Pożary są w Warszawie najbardziej licznie występującym zagrożeniem bezpieczeństwa, choć większość pożarów jest wywołana działalnością człowieka, a nie zjawiskami meteorologicznymi. Wzrost temperatury średniej i maksymalnej powietrza w Warszawie może mieć pośrednio wpływ na wzrost liczby pożarów w przyszłości.
6. **Jakość powietrza.** Warszawę obejmuje strefa ochrony powietrza o nazwie aglomeracja warszawska. W strefie tej występują przekroczenia dopuszczalnych stężeń pyłów benzo(a)pirenu, PM10 oraz PM2,5. Z tego względu, oraz także ze względu na fakt, że rosnące temperatury powietrza mogą powodować lokalne pogorszenie jakości powietrza czynnik ten nie powinien być pominięty w analizie klimatycznej.
7. **Miejska wyspa ciepła.** „Miejska wyspa ciepła (MWC) to zjawisko polegające na występowaniu w obszarach zurbanizowanych podwyższonej temperatury powietrza, w stosunku do otaczających miasto terenów rolniczych i leśnych. MWC obserwuje się przede wszystkim w godzinach wieczornych, nocnych i porannych, gdy temperatura w mieście jest nawet o kilka stopni Celsjusza wyższa niż poza miastem. W ciągu dnia MWC z reguły zanika."[26] W Warszawie obserwowane jest zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Różnice pomiędzy stacjami pomiarowymi temperatury ulokowanymi w centrum miasta i na jego obrzeżach wynoszą od 1 do 10°C w zależności od pory roku, dnia i pory dnia, dlatego to zjawisko należy brać pod uwagę w ocenie klimatycznej. Wg badań przeprowadzonych przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania *PAN* natężenie MWC (UHI-index) można przedstawić jako różnicę dobowej temperatury minimalnej w danym punkcie pomiarowym i dobowej temperatury minimalnej na stacji lotniskowej Warszawa – Okęcie[27]. Wyraźnie rysuje się, że miejska wyspa ciepła najbardziej jest odczuwalna przede wszystkim w dzielnicach centralnych miasta tj. Śródmieście, Praga Pn., a także częściowo: Praga Pd., Żoliborz, Wola, Ochota i Mokotów. (Rys. 20).
8. **Sezon wegetacyjny.** W wyniku ocieplenia globalnego klimatu oraz występowania miejskiej wyspy ciepła sezon wegetacyjny w Warszawie ulega wydłużeniu.
9. **Wyższa śmiertelność w okresie upałów osób w wieku 65 i powyżej.** Przeprowadzona analiza na potrzeby projektu Adaptcity wyraźnie pokazała zależność pomiędzy temperaturą a poziomem umieralności. Występowanie fali upałów przyczynia się do jej

[26] Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. Szmyd J. Ogólnie informacje o projekcie UHI i jego wynikach IGiPZ PAN
[27] Kuchcik M. Milewski P. Błażejczyk K. Szmyd J. Sieć monitoringu miejskiej wyspy ciepła w Warszawie zróżnicowanie mikroklimatyczne wybranych osiedli. IGiPZ PAN.

wzrostu. Jednocześnie długość utrzymywania się wysokich temperatur ma także znaczenie dla tego wzrostu. Zależność ta ma charakter krzywoliniowy. Natomiast w miesiącach chłodnych wraz ze spadkiem temperatury następuje wzrost zgonów, ale zależność ta nie ma charakteru krzywoliniowego, tak więc nie stwierdzono dodatkowego efektu fali zimna i okresu chłodnego. Autorzy opracowania wykonanego na potrzeby projektu Adaptcity wyraźnie stwierdzają „Na podstawie wyników uzyskanych w opracowaniu można stwierdzić, że krótkookresowy wpływ temperatury na umieralność



silniejszy jest w okresie ciepłym niż w chłodnym."[28]

Rys. 27. Miejska wyspa ciepła w Warszawie.
Źródło: Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. Szmyd J. Ogólnie informacje o projekcie UHI i jego wynikach IGiPZ PA

Zgodnie z przeprowadzoną analizą statystyczną stwierdzić można, że w wyniku fali upałów bez przyczyn zewnętrznych[29]:

- następuje wzrost umieralności o blisko 14%;
- dotyka bardziej mężczyzny niż kobiety gdyż obserwuje się wśród tych pierwszych wzrost śmiertelności o ponad 17%;
- szczególnie mogą być one dotkliwe dla osób w wieku 70+ wtedy wskaźnik ten osiąga ponad 15%;
- dla mężczyzn 70+ wzrost umieralności osiąga prawie ¼;

[28] Rabczenko D., Seroka W., Wojtyniak B. „Analiza związku umieralności mieszkańców Warszawy z poziomem maksymalnej temperatury dziennej w latach 2008 – 2013.
[29] Rabczenko D. …. o*p. cit.*

- dla kobiet w wieku 0-69 z powodu chorób układu oddechowego wzrost wynosi 1/3.

Biorąc pod uwagę obecne tendencje jak i zapisy w dokumentach planistycznych można pokusić się o określenie, które rejony miasta ze względu na presje rozwoju zabudowy jak i procesów urbanistycznych mogą podlegać zwiększeniu stresu klimatycznego oraz ryzyka jego niekorzystnych skutków. Warto zaznaczyć, za wyżej wspomnianym Studium, że dzielnice „o największych zasobach użytków rolnych (Białołęka, Wawer, Wilanów, Ursynów, Włochy) charakteryzują się jednocześnie intensywnymi procesami urbanizacyjnymi i silną presją inwestycyjną (część użytków rolnych została już odrolniona, a dla znacznej części złożono wnioski o odrolnienie). Dzielnice te są potencjalnymi obszarami występowania konfliktów związanych z uwarunkowaniami przyrodniczymi (głównie z powodu dobrych warunków glebowych i powiązań przyrodniczych) oraz stosunkowo dużym zainwestowaniem specjalistycznych gospodarstw rolnych”[30].

Kontynuując to zagadnienie wg Analizy REAS w okresie 2018 – 2030 prognozuje się przyrost blisko 170 tys. jednostek mieszkalnych (mieszkań i domów jednorodzinnych). „Prognoza zakłada, że głównymi obszarami rozwojowymi budownictwa wielorodzinnego po 2020 roku będą:

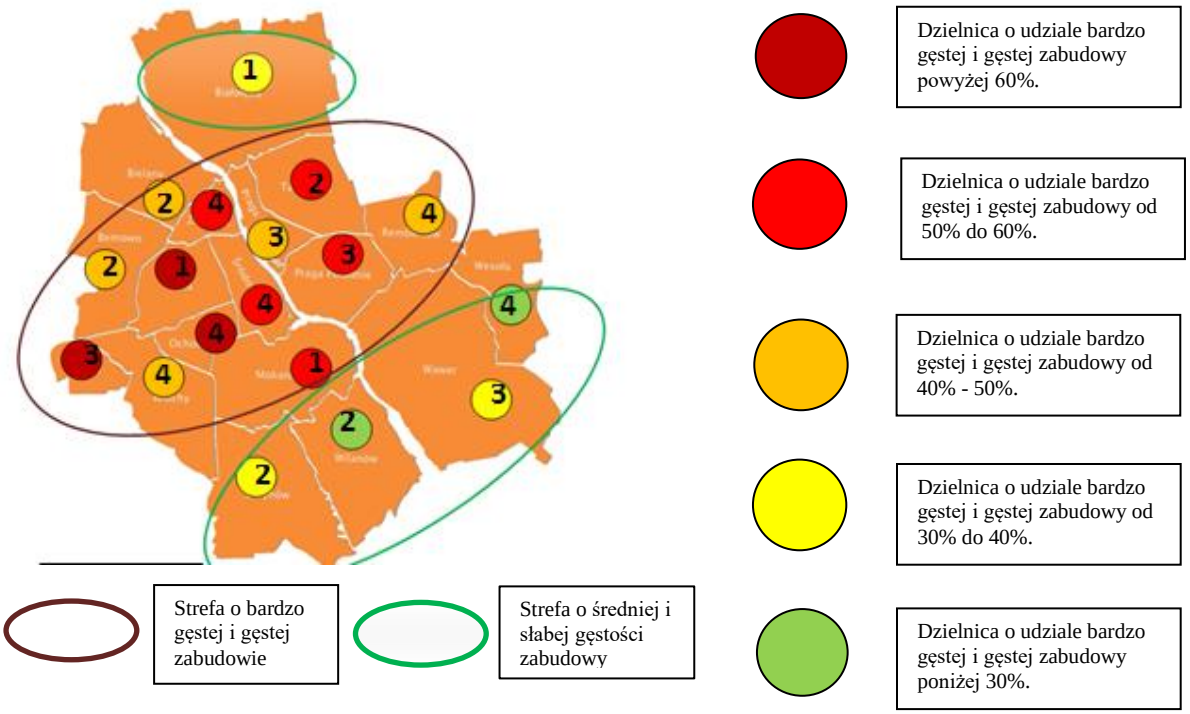
- dzielnica Białołęka, przy czym stopniowo maleć będzie aktywność inwestorów w rejonie wschodniej Białołęki na rzecz wypełniania obszarów położonych w południowo-zachodniej części dzielnicy na terenach poprzemysłowych,
- Park Pod Skocznią i rejony otaczające Służewiec (Służewiec, Wyczółki, Wyględów, Ksawerów) w dzielnicach Mokotów i Ursynów oraz Siekierki,
- szereg obszarów w dzielnicy Wola (Ulrychów, Odolany, Czyste, Mirów),
- rejon Chrzanowa i Górców na Bemowie,
- dzielnica Ursus, zwłaszcza tzw. Miasteczko Ursus, oraz Skorosze,
- w dzielnicy Praga Północ ważną rolę w zwiększeniu skali podaży będzie miał rejon Portu Praskiego, a także dawnej FSO wzdłuż Wisły, zaś w dzielnicy Praga Południe rejon Grochowa i Gocławia,
- w rejonie dzielnicy Włochy obszary poprzemysłowe w rejonie Rakowa.

Równocześnie w pozostałych dzielnicach będzie miał miejsce proces dogęszczania istniejącej zabudowy i wymiany zabudowy poprzemysłowej lub usługowej o niskiej jakości i intensywności. Natomiast nowe domy jednorodzinne, zarówno w formule indywidualnego inwestowania, jak i w postaci niewielkich zespołów realizowanych przez deweloperów

[30] Studium… *op.cit.*

powstawać będą w następujących rejonach: południowa część dzielnicy Wilanów, południowo-zachodnia część dzielnicy Ursynów, dzielnica Wawer, północno-wschodnia część dzielnicy Białołęka, dzielnica Wesoła. W rejonie Wawra, oraz południowych części Wilanowa i Ursynowa prawdopodobne jest także realizowanie małych domów mieszkalnych, czyli niewielkich domów wielomieszkaniowych o skali zbliżonej do zabudowy jednorodzinnej."[31]

Analizując przewidywane zmiany w zabudowie widać wyraźnie, że w strefie bardzo gęstej i gęstej zabudowy w perspektywie 2030 należy spodziewać największych zmian przede wszystkim w dzielnicach: Mokotów i Wola a także Bemowo, Bielany i Targówek. Może oznaczać to nasilenie w tych obszarach takich zjawisk jak miejska wyspa ciepła, a w konsekwencji większy stres klimatyczny dla roślinności oraz ludności w szczególności osób starszych i dzieci. Natomiast najmniejszych zmian spodziewać się należy w dzielnicach Ochota, Rembertów, Śródmieście, Włochy i Żoliborz. Natomiast w dzisiejszej strefie średniej i słabej gęstości szczególnie znacznych zmian, w konsekwencji wzrostu stresu klimatycznego, spodziewać się należy w dzielnicach Białołęka jak i także w Ursynów i Wilanów. Obrazuje to rysunek 26, na którym na dzisiejszą sytuację w zakresie gęstości zabudowy nałożono prognozowany przyrost liczby jednostek mieszkniowych w okresie 2018 – 2030.



Rys. 28. Strefy gęstości zabudowy w m.st. Warszawie wraz z perspektywą rozwoju jednostek mieszkaniowych do 2030 r.

[31] „Analiza. Obszary prognozowanego zainwestowania w budownictwo mieszkaniowe i priorytety w zakresie infrastruktury miejskiej w perspektywie do roku 2030". Przygotowana dla miasta stołecznego Warszawy. REAS. Grudzień 2014.

Źródło: W oparciu o „Life Adaptcity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015; „Analiza. Obszary prognozowanego zainwestowania w budownictwo mieszkaniowe i priorytety w zakresie infrastruktury miejskiej w perspektywie do roku 2030". Przygotowana dla miasta stołecznego Warszawy. REAS. Grudzień 2014

4. Podsumowanie najważniejszych zagrożeń klimatycznych i ocena

W powyższym tekście przedstawiono wiele informacji bezpośrednich jak i wskaźników dotyczących zagrożenia klimatycznego miasta Warszawy. Obejmują one zagadnienia związane z zabudową i urbanizacją miasta jak nieprzepuszczalność terenu, gęstość zabudowy czy też strukturę użytkowania terenu. Inne obejmują cała gamę zdarzeń związanych z temperaturą jak średnie temperatury, ekstremalne w dzień i w nocy czy miejska wyspa ciepła. Wskaźnik obrazujący albedo łączy zagadnienia związane z zabudową i strukturą użytkowania miasta z temperaturą, a właściwie z energią docierającą do terenu Warszawy. Powiązane jest to także z terenami biologicznie czynnymi, czyli zieleni i lasów. Gdzie do istotnych informacji należy ich udział w strukturze użytkowania terenu jak i także wskaźnik obrazujący kondycję roślin. Obok temperatury ważną informacją meteorologiczną jest skala i czas występowania opadów. Poza standardową informacją dotyczącą ich wielkości ważnym są skutki, jakie mogą przynieść opady jak powódź, w tym zagrożone budynki, czy podtopienia. Informacje dotyczące okresów suchych wiążą dane dotyczące temperatury i opadów. Odmienny charakter, choć silnie powiązany z informacji dotyczącymi ekstremalnych temperatur ma wskaźnik umieralności w okresie upałów zwłaszcza osób starszych.

Istotne jest, aby źródła tych informacji były nie tylko wiarygodne co jest oczywiste ale także reprezentowały porównywalny długi czasookres ich zbierania oraz nasycenie stanowiskami ich zbierania było na tyle znaczne aby można było dokonywać szczegółowych analiz przestrzennych. Pozwala to na ocenę sytuacje w poszczególnych dzielnicach czy też jednostkach geograficznych jak np. Dolina Wisły. Jak do tej pory nasycenie stanowiskami zwłaszcza w zakres podstawowych danych meteorologicznych jest w Warszawie niewystarczające. Ponadto występuje brak integracji między poszczególnymi placówkami czy służbami zbierającymi informacje czy też je przetwarzającymi. W szczególności brak syntetycznego spojrzenia na zagrożenie ryzykiem klimatycznym, co pozwoliłoby przygotować odpowiednią strategię adaptacji Warszawy do zmian klimatu. W następnym rozdziale przedstawiona zostanie próba takiego syntetycznego spojrzenia.

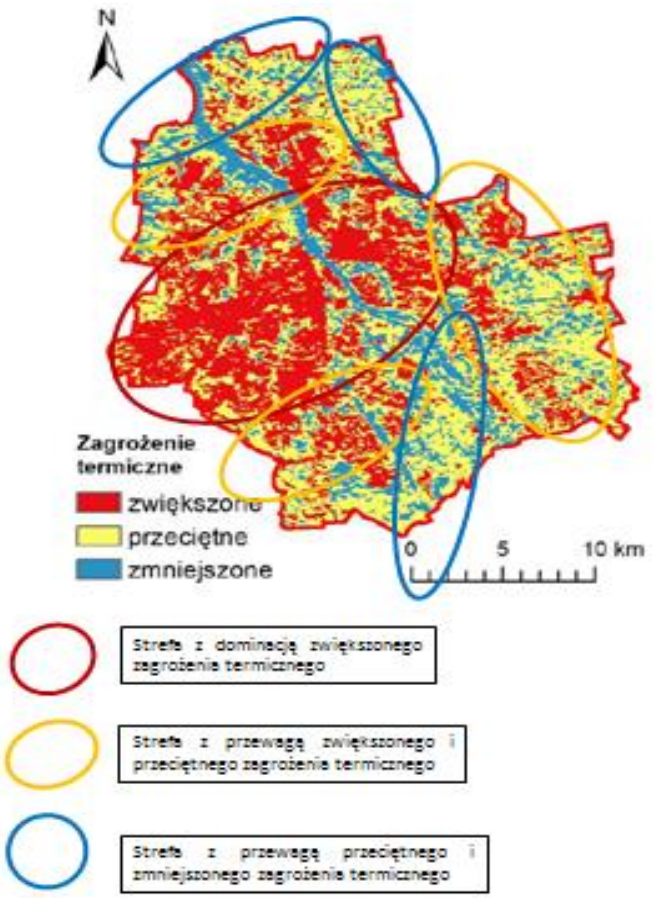
Oprócz zbierania i przetwarzania informacji bieżących istotnym jest zarówno odniesienie do obrazu pożądanego, jak choćby w zakresie powierzchni biologicznie czynnej, czy też spojrzenie na przyszłe procesy urbanistyczne w mieście a w szczególności rozwój zabudowy i infrastruktury.

5. Zaproponowanie nowych wskaźników do monitoringu środowiskowego projektu

Tak jak wspomniano wcześniej bardzo istotny dla zobrazowania ryzyka klimatycznego dla Warszawy jest jego ujęcie syntetyczne. W tym celu w ramach prac nad problemem środowiskowym zdefiniowano i określono zasięg przestrzenny zagrożenia termicznego i hydrologicznego.

Zagrożenie termiczne. Biorąc pod uwagę średnie promieniowanie całkowite, albedo powierzchni czynnej, pokrycie terenu oraz średnią temperaturę powierzchni czynnej określono zagrożenie termicznego w skali trzy stopniowej, a mianowicie (rys. 29):

- obszary wzmacniające zagrożenia termiczne,
- obszary nie wpływające na zagrożenia termiczne,
- obszary osłabiające zagrożenia termiczne.



Rys. 29 Zagrożenie termiczne

Źródło: W oparciu o Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r

Jak napisano w opracowaniu wykonanym na potrzeby projektu Adaptcity „Współczesne zagrożenie termiczne na obszarze m. st. Warszawy w ujęciu kompleksowym wynika z zagrożeń cząstkowych, przedstawionych w części poświęconej danym wejściowym. Obszary zwiększonego zagrożenia termicznego odpowiadają gęsto zabudowanym terenom dzielnic centralnych po obydwu stronach Wisły (Śródmieście, Praga Północ, Praga Południe). Występują również w silnie zurbanizowanych dzielnicach zachodnich: Wola, Ochota, Ursus, północne Włochy. Obszary te odznaczają się największą ekspozycją na zagrożenie wysokimi wartościami temperatury powietrza, jednak mniejsze obszary o zwiększonym zagrożeniu występują niemal w każdej dzielnicy, włączając w to Białołękę, Bielany czy Rembertów Tereny o zmniejszonym zagrożeniu termicznym odpowiadają obszarom słabiej zurbanizowanym, o mniejszej gęstości zabudowy i zwiększonym udziale roślinności, która łagodzi warunki termiczne w ciągu dnia. W podobny sposób działają wody powierzchniowe, stąd koryto Wisły odznacza się jako największa homogeniczna strefa zmniejszonego zagrożenia termicznego (oddziaływanie wód powierzchniowych zostaje wzmocnione przez oddziaływanie nadbrzeżnej roślinności, w szczególności prawobrzeżnych lasów łęgowych). Stosunkowo duża ilość niewielkich, izolowanych obszarów zmniejszonego zagrożenia termicznego występuje na

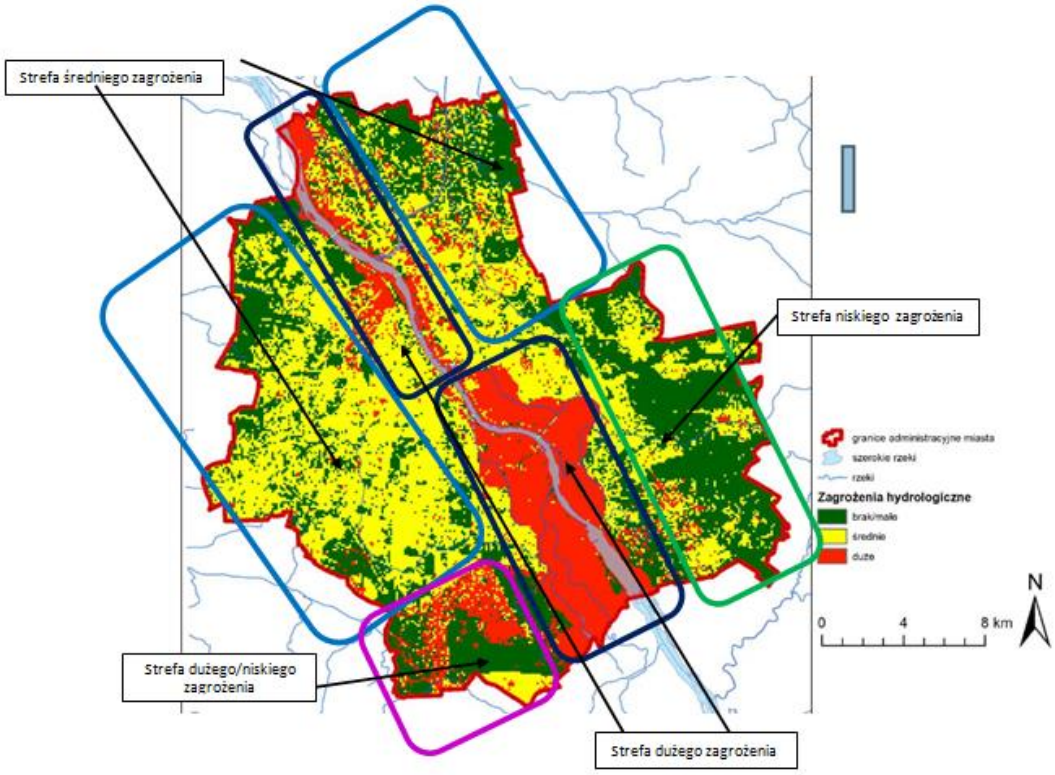
obrzeżach Warszawy, na południowym Ursynowie, w Wilanowie, wschodnim Wawrze czy Wesołej. Również zachodnie Bielany, Bemowo i przeważająca część Białołęki cechuje się zmniejszonym lub przeciętnym zagrożeniem termicznym. Należy zwrócić uwagę na fakt, że zagrożenia termiczne wykazane na mapie zagrożeń zostały określone na podstawie stanu rozwoju Warszawy z ostatnich 10 lat, zatem w miarę rozwoju aglomeracji warszawskiej, zwiększania gęstości zabudowy oraz zmiany przeznaczenia terenów zieleni lub nieużytków może następować przesunięcie granic stref zagrożeń termicznych oraz intensyfikacja zagrożeń na obszarach, które już teraz cechują się dużą ekspozycją. Stąd konieczne wydaje się monitorowanie rozwoju Warszawy i aktualizowanie w przyszłości uzyskanych wyników analiz w oparciu o unowocześnione mapy wejściowe."[32]

Zagrożenie hydrologiczne Jak stwierdzono w opracowaniu wykonamy na potrzeby projektu Adaptcity „Rozkład przestrzenny obszarów eksponowanych na zagrożenie w wyniku zdarzeń hydrologicznych (podtopienia po opadach i zatopienia w wyniku powodzi) nawiązuje przede wszystkim do przebiegu osi hydrograficznej miasta jaką jest Wisła wraz z jej doliną oraz do zasięgu zwartej zabudowy miejskiej. Z jednej strony potencjalny zasięg powodzi wyznacza granice terenów wysoce zagrożonych zalaniem w razie wystąpienia powodzi, które to zagrożenie z reguły maleje wraz z oddalaniem się od rzeki. Z drugiej natomiast strony połączenie zwartej zabudowy miejskiej z wysokim udziałem powierzchni nieprzepuszczalnych oraz niekorzystnego ukształtowania terenu w postaci zagłębień bezodpływowych wyznacza granice terenów średnio i wysoce zagrożonych podtopieniami. Stąd zwarty kompleks terenów wysoce zagrożonych zdarzeniami hydrologicznymi, który w dużej części pokrywa się z potencjalnym zasięgiem powodzi (przy założeniu awarii wałów przeciwpowodziowych). Duże zagrożenie jest obecne też w południowej (Ursynów, Wilanów) i północnej części miasta (Żoliborz, Bielany), gdzie istotną rolę odgrywają zagłębienia bezodpływowe na powierzchni Równiny Warszawskiej, podlegające silnej presji inwestycyjnej (rozbudowa kolejnych części osiedli mieszkaniowych wraz z ich infrastrukturą) oraz zwiększone lokalnie w skali miasta możliwe maksymalne sumy dobowe opadów atmosferycznych. Są to największe zwarte obszary silnie eksponowane na skutki zjawisk hydrologicznych, które położone są poza doliną Wisły. Podwyższone zagrożenie widoczne jest

[32] Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL *Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation*, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r.

także na wschodnim brzegu Wisły (Białołęka, Targówek), w odgałęzieniu doliny rzeki, którym np. poprowadzono Kanał Żerański i dokonał się gwałtowny rozwój zabudowy mieszkaniowej. Analizowany rozkład przestrzenny zagrożenia zjawiskami hydrologicznymi wykazuje ścisły związek przynajmniej średniego jego stopnia z występowaniem zwartej zabudowy miejskiej. Zagrożeń pozbawione są obszary o względnie niezmienionej charakterystyce powierzchni (kompleksy leśne na peryferiach, zieleń miejska, nieużytki). Najsilniej zagrożone wydają się kompleksy zabudowy mieszkaniowej zlokalizowane w dolinie Wisły np. Gocław, Saska Kępa czy Powiśle, gdzie miejscami potencjalnie łączy się zagrożenie zatopieniem w wyniku powodzi i podtopieniem w związku z intensywnymi opadami atmosferycznymi.

Najbardziej rozległym zwartym obszarem o silnej ekspozycji na skutki zjawisk hydrologicznych jest szeroko rozumiana dolina Wisły (nie tylko ograniczona do międzywale) na odcinku powyżej najwęższego miejsca tzw. „gorsetu warszawskiego", czyli okolic mostu śląsko-dąbrowskiego. Poniżej tego odcinka rzeki zagrożenie w dolinie jest również widoczne, ale szerokość strefy wysokiego ryzyka nie jest już tak duża."[33] (rys. 30.)



Rys. 30 Zagrożenie hydrologiczne
Źródło: W oparciu o Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE

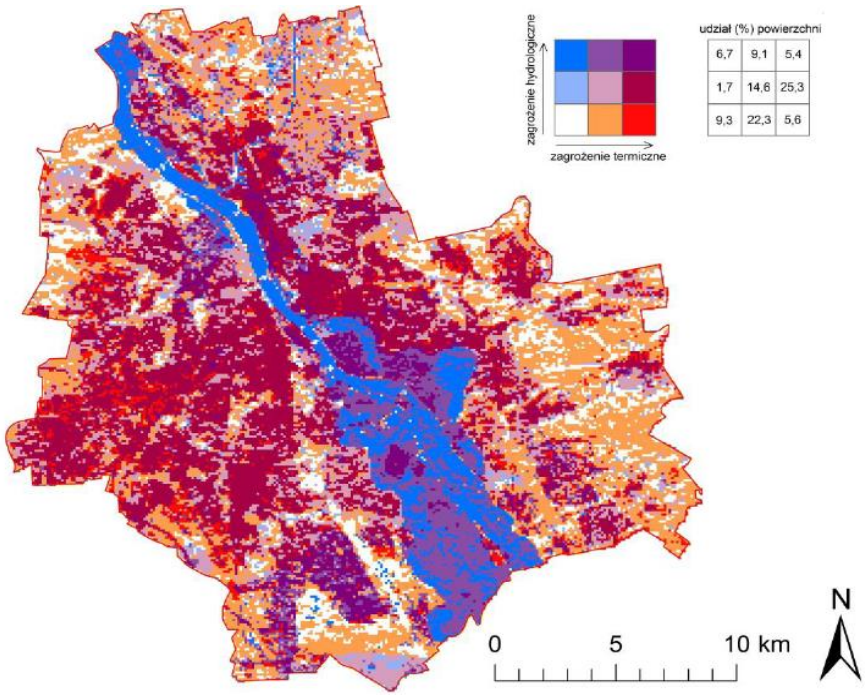
[33] Żmudzka E., Nelken K. ..... *op. cit*

6. Podsumowanie

W posumowaniu stwierdzić należy, że szczególnie istotne dla Warszawy w związku z analizą występowania ryzyka klimatycznego są informacje czy też wskaźniki dotyczące:

a) nieprzepuszczalności i gęstości zabudowy;
b) występowania wyspy ciepła;
c) kondycji powierzchni biologicznie czynnych oraz ich występowania w stosunku do pożądanego Systemu Przyrodniczego Warszawy;
d) zagrożenia zalaniem w wyniku powodzi czy podtopień;

Natomiast punktem wyjścia do przygotowania strategii adaptacji dla m. st. Warszawy jest dobre i syntetyczne rozpoznanie współczesnego zagrożenia klimatycznego. W tym przypadku zostało on określone na podstawie oceny zagrożenia termicznego i hydrologicznego (rys. 31).



Rys. 31. Współczesne zagrożenia klimatyczne m.st. Warszawy
Źródło: Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016

Jak napisano w opracowaniu dla projektu Adaptcity „Współczesne zagrożenia klimatyczne m. st. Warszawie wykazują zróżnicowanie przestrzenne związane z czynnikami, wpływającymi na składowe zagrożenia: termiczne i hydrologiczne (gęstość zabudowy, ukształtowanie terenu, odległość od cieków wodnych, itp.). Największe zagrożenia występują w gęsto zabudowanych strefach położonych stosunkowo blisko koryta Wisły -w południowej części Pragi Północ oraz w zachodniej części Pragi Południe, na Żoliborzu, jak również we wschodniej części Mokotowa. Są to obszary, w których następuje synergizm zagrożeń termicznych i hydrologicznych (głównie powodziowych). Drugim obszarem występowania największych zagrożeń klimatycznych jest wschodni Ursynów, na którym zagrożenie hydrologiczne związane jest nie z powodziami, ale z ryzykiem podtopień podczas opadów nawalnych deszczu. Dolina Wisły wyróżnia się jako obszar o wysokim zagrożeniu hydrologicznym, lecz niewielkim zagrożeniu termicznym, co jest związane z wpływem wód powierzchniowych na klimat lokalny, przejawiającym się w łagodzeniu kontrastów termicznych (w tym obniżeniu maksymalnych wartości temperatury powietrza) na obszarze pozostającym pod ich wpływem. W dzielnicach zachodnich (Bemowo, Wola, Bielany, Włochy) występują niewielkie, izolowane tereny o wysokim zagrożeniu termicznym (wynikającym z dużego dopływu energii promienistej i wysokiej temperatury powierzchni czynnej) i niewielkim zagrożeniu hydrologicznym. W dzielnicach o mniejszej gęstości zabudowy i dużym udziale terenów zieleni (Wawer, Wesoła, Białołęka) występują umiarkowane zagrożenia klimatyczne, związane z względnie małym albedo powierzchni czynnej, nie występuje tam jednak zagrożenie hydrologiczne. Ponad jedna czwarta powierzchni Warszawy znajduje się w obrębie strefy wysokiego zagrożenia termicznego i umiarkowanego zagrożenia hydrologicznego (m.in. Targówek, północna część Pragi północ, Śródmieście, Ochota, Wola, Ochota, Mokotów, Ursus). Zagrożenie termiczne jest związane głównie z formą pokrycia terenu i wysoką temperaturą powierzchni czynnej, hydrologiczne zaś – z ryzykiem wystąpienia podtopień w wypadku intensywnych opadów deszczu. Obszary o niewielkim zagrożeniu klimatycznym występują w obrębie niewielkich powierzchni, przede wszystkim na obrzeżach dzielnic peryferyjnych, w otoczeniu terenów zieleni, przy niskiej i luźnej zabudowie”.

Biorąc pod uwagę elementarne informacje odnoszące się do zagrożenia ryzykiem klimatycznym (tab. 6) oraz syntezę zagrożeń termicznych i hydrologicznych można przedstawić zagrożenie ryzykiem klimatycznym wg dzielnic w podziale na pięć grup.

Grupa o najniższym zagrożeniu klimatycznym (194,6 km^2 tj. 37,6% pow. miasta)

Do niej zalicza się przede wszystkim Wesołą, która także charakteryzuję bardzo znacząca rolą terenów zieleni i lasów oraz nie przewiduje się na jej terenie do roku 2030 znacznego wzrostu jednostek mieszkaniowych. Dość odmienna sytuacja występuje na Białołęce gdzie obecne zagrożenia jest nieznaczne, ale rola terenów zielonych i lasów jest niska, a w przyszłości tj. do roku 2030 przewiduje się znaczny rozwój jednostek mieszkaniowych. Może to prowadzić do znacznego wzrostu zagrożenia klimatycznego. Korzystna sytuacja występuje w Rembertowie wzmocniona rolą terenów zielonych i zalesionych oraz przewidywanym niskim rozwojem jednostek mieszkaniowych w pespektywie 2030 roku. Jako ostatni do tej grupy zaliczony został Wawer z istotną rolą terenów zielonych i lasów oraz z nie za dużym rozwojem jednostek mieszkaniowych.

Grupa o niskim zagrożeniu klimatycznym (111,2 km^2 tj. 21,8% pow. miasta)

W pierwszej kolejności zaliczyć do niej należy Ursynów z nie za dużą rolą terenów zielonych i lasów, ale z przewidywanym znacznym wzrostem jednostek mieszkaniowych. Może to prowadzić to wzrostu zagrożenia klimatycznego. Podobna sytuacja występuję w Wilanowie. Natomiast na Bielanach przy dzisiejszym niskim zagrożeniu klimatycznym i b. wysokiej roli terenów zieleni i lasów należy się liczyć w przyszłości ze wzrostem tego zagrożenia wynikającym z rozwoju jednostek mieszkaniowych.

Grupa o średnim zagrożeniu klimatycznym (87,2 km^2 tj. 11,9% pow. miasta)

W tej grupie najniższym zagrożeniem klimatycznym charakteryzuje się Targówek ze znaczną rolą terenów zieleni i lasów ale może ono ulec zmianie wynik istotnego rozwoju jednostek mieszkaniowych w perspektywie roku 2030. Podobna sytuacja występuje na terenie Bemowa choć rola terenów zieleni i lasów jest mniejsza. Natomiast dzielnice Włochy i Ursus ze znacznym zagrożeniem klimatycznym oraz słabą rolą terenów zieleni i lasów nie są w istotnym stopniu zagrożone jego wzrostem w wyników rozwoju jednostek mieszkaniowych.

Grupa o znacznym zagrożeniu klimatycznym (53,6 km^2 tj. 10,4% pow. miasta)

W najtrudniejszej sytuacji w przyszłości może znaleźć się Mokotów. Obecnie wykazuje on najniższe zagrożenie w tej grupie przy niskiej roli terenów zieleni i lasów, ale w perspektywie roku 2030 przewiduje się znaczny wzrost liczby jednostek mieszkaniowych. Prowadzi to może do wzrostu zagrożenia klimatycznego. W pewnym sensie odmienna sytuacja występuje na

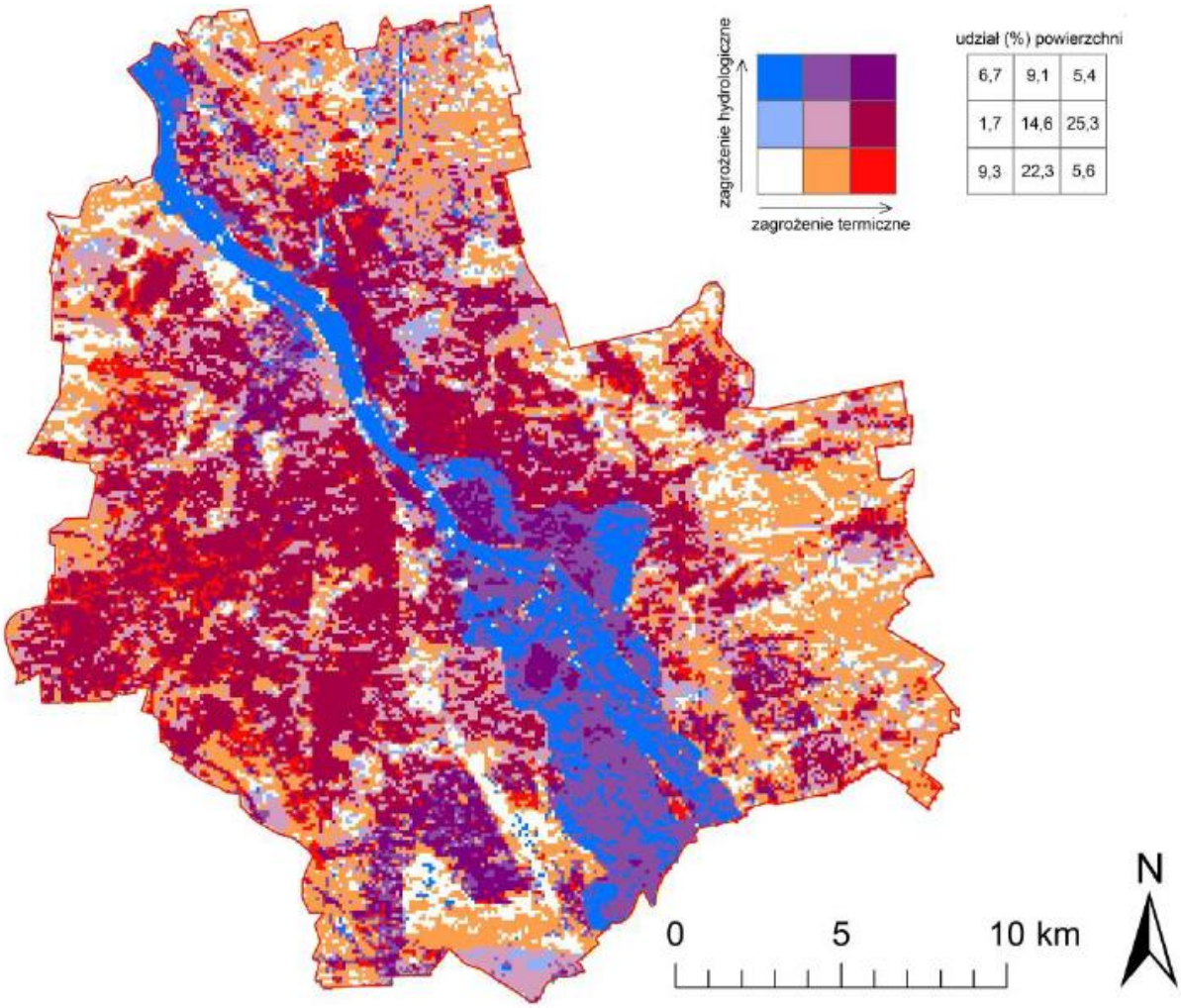
Żoliborzu. Przede wszystkim rola terenów zieleni i lasów jest większa, ale także nie przewiduje się znaczącego wzrostu liczby jednostek mieszkaniowych w perspektywie 2030. Identyczna sytuacja występuje na Ochocie.

Grupa o największym zagrożeniu klimatycznym (68,7 km^2 tj. 13,36% pow. miasta)

Obecnie wysokie zagrożenie klimatyczne prezentują obie Pragi tj. Południowa i Północna. Wykazują one średnie znacznie terenów zielonych i lasów, a jednocześnie w perspektywie roku 2030 nie przewiduje się tam znaczącego wzrostu jednostek mieszkaniowych. Bardzo wysokie obecnie zagrożenie klimatyczne występuje na terenie dzielnicy Wola. Gdzie rola terenów zielonych i lasów jest zaliczana do średnich, ale w perspektywie roku 2030 może tam nastąpić b. znaczny rozwój jednostek mieszkaniowych, co może w istotnym stopniu spowodować wzrost zagrożenia klimatycznego. Najwyższym zagrożeniem klimatyczny w Warszawie charakteryzuje się Śródmieście przy niskiej roli terenów zieleni i lasów.

Jednak w perspektywie 2030 nie przewiduje się znaczącego wzrostu liczby jednostek mieszkaniowych.

Na rysunku 32 przedstawiono graficznie położenie poszczególnych grup w Warszawie.



Rys. 32 Ocena zagrożenia ryzykiem klimatycznym m. st. Warszawy wg dzielnic

Źródło: Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r

7. Zaproponowanie nowych wskaźników do monitoringu środowiskowego projektu

W podsumowaniu odnosząc się do problemu środowiskowego zidentyfikowanego we wniosku projektowym, na etapie rewizji projektu, zaproponowano dwa wskaźniki odnoszące się do zmniejszania się systemu przyrodniczego miasta, tj.:

- wielkość terenów miasta należących do tzw. systemu hydrologicznego.
- wielkość terenów miasta należących do tzw. podsystemu klimatycznego.

W związku z wykonanymi analizami w opracowaniu wstępnym monitoringu problemu środowiskowego proponujemy zamienić te dwa wskaźniki na następujące:

- udział w powierzchnie miasta powierzchni terenów nieprzepuszczalnych w zakresie większym od 80% (wartość bazowa wskaźnika to na podstawie opracowania IGiK - 35,13%, celem mogłoby być nie zwiększenie się tego wskaźnika ponad wartość 36%);
- powierzchnia terenów w systemie przyrodniczym miasta o wartości większej niż 80% udziału terenów biologicznie czynnych (wartość bazowa na podstawie opracowania SGGW 21,1%, celem mogłoby być zwiększenie wskaźnika do 25%).

8. Załącznik 1.

Spis opracowań analitycznych wykonanych na potrzeby opracowania i wykorzystanych przy realizacji opracowania.

Adamczyk J. Pirowski A., Wasilewski M. „Rozpoznanie terenów biologicznie czynnych miasta stołecznego Warszawy, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Przyrodniczego Warszawy (SPW)" Warszawa, 2015.

Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P. „Komentarz do map różnych charakterystyk temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie.

„Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

Rabczenko D., Seroka W., Wojtyniak B. „Analiza związku umieralności mieszkańców Warszawy z poziomem maksymalnej temperatury dziennej w latach 2008 – 2013.

Żmudzka E. „Zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne podstawowych elementów klimatu w wybranych punktach pomiarowych na terenie Warszawy (1981-2014) ". Opracowanie na zlecenie Fundacji Instytut na rzecz Ekorozwoju w ramach projektu ADAPTCITY. Warszawa 2015.

Żmudzka E., Nelken K., Leziak K., Magnuszewski A., Lenartowicz M. „Mapa współczesnych zagrożeń klimatycznych m.st. Warszawy wraz z komentarzem" Projekt LIFE13 INF/PL/000039 LIFE ADAPTCITY PL *Preparation of a strategy of adaptation to climate change with use of city climate mapping and public participation*, finansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE+ Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2016 r.

9. Załącznik 2.

Tab. 1 Ekstremalne zdarzenia pogodowe i klimatyczne: globalna ocena ostatnio obserwowanych zmian, wpływ ludzkości na te zmiany i prognozowane przyszłe zmiany dla wczesnego (2016-2035) i późnego (2081-2100) XXI wieku (zawężone do V raportu IPCC)

Zjawiska i kierunek trendu	Oszacowanie, że zmiany nastąpiły (domyślnie od 1950, jeśli nie wskazano inaczej)	Oszacowanie wkładu antropogenicznego w zaobserwowane zmiany	Prawdopodobieństwo dalszych zmian	
			Wczesny XXI wiek	Późny XXI wiek
Cieplejsze i/lub mniej zimnych dni i nocy nad większością lądów	Bardzo prawdopodobne	Bardzo prawdopodobne	Prawdopodobne	Praktycznie pewne
Cieplejsze i/lub częstsze gorące dni i noce nad większością lądów	Bardzo prawdopodobne	Bardzo prawdopodobne	Prawdopodobne	Praktycznie pewne
Okresy ciepła/fale upałów. Częstotliwość i/lub czas trwania wydłużony nad większością lądów	Średni stopień pewności w skali globalnej. Prawdopodobne w znacznej części Europy, Azji i Australii.	Prawdopodobny[34]	Nie oszacowany formalnie[35]	Bardzo prawdopodobne
Silne opady. Wzrost częstotliwości, intensywności i/lub ilości silnych opadów.	Prawdopodobnie więcej obszarów lądowych ze wzrostem niż ze spadkiem[36]	Średni stopień pewności	Prawdopodobne nad wieloma regionami lądowymi	Bardzo prawdopodobne nad większością lądów średnich szerokości geogr. i mokrymi regionami tropikalnymi
Wzrost intensywności i/lub długości trwania susz.	Niski poziom pewności w skali globalnej Prawdopodobne zmiany w niektórych regionach[37]	Niski stopień pewności	Niski stopień pewności[38]	Prawdopodobne (średni stopień pewności) w skali regionalnej do globalnej[39]
Wzrost intensywności aktywności cyklonów tropikalnych.	Niski stopień pewności	Niski stopień pewności[40]	Niski stopień pewności	Prawdopodobne na Północno-Zachodnim Pacyfiku i Północnym Atlantyku[41]
Wzrost występowania i/lub skali ekstremalnie wysokiego poziomu morza	Niski stopień pewności zmian w długich skalach czasowych (stuletniej) Praktycznie pewne na Północnym Atlantyku po 1970	Prawdopodobne[42]	Prawdopodobne[43]	Bardzo prawdopodobne[44]

[34] Oszacowanie bazuje na dostępnych analizach przypadków. Jest prawdopodobne, że wpływ ludzki ponad dwukrotnie zwiększył prawdopodobieństwo wystąpienia niektórych zaobserwowanych fal upałów w niektórych miejscach.
[35] Modele prognozują w najbliższym czasie wzrost długości trwania, intensywności i rozmiaru przestrzennego fal upałów i okresów ciepła.
[36] Na większości kontynentów pewność trendu jest nie większa od średniej, poza Ameryką Północną i Europą, gdzie prawdopodobnie nastąpił wzrost częstotliwości lub intensywności silnych opadów z pewną zmiennością regionalną i/lub w porach roku. Jest bardzo prawdopodobne, że w centralnej Ameryce Północnej nastąpił wzrost.
[37] Częstotliwość i intensywność susz prawdopodobnie wzrosła w rejonie Śródziemnomorskim i Afryce Zachodniej, spadła zaś w centralnej Ameryce Północnej i północno-wschodniej Australii.
[38] Prognozowane zmiany wilgotności gleby są znane z niskim stopniem pewności.
[39] Prognozy spadku wilgotności gleby i nasilania się stanu suszy rolniczej w skalach regionalnej do globalnej w obecnie suchych regionach do końca obecnego stulecia w scenariuszu RCP8.5 można uznać za prawdopodobne (średni poziom pewności). Prognoza utraty wilgoci w glebie w rejonach Morza Śródziemnego, południowo-zachodnich Stanach Zjednoczonych i południowej Afryce jest zgodna z prognozowanymi zmianami w cyrkulacji Hadley'a i wzrostem temperatury powierzchni, istnieje więc wysoki stopień pewności, że w regionach tych do końca obecnego stulecia w scenariuszu RCP8.5 prawdopodobnie nastąpi wysychanie powierzchni.
[40] Istnieje średni stopień pewności, że redukcja wymuszania aerozoli nad Północnym Atlantykiem co najmniej częściowo przyczyniła się do zaobserwowanego wzrostu aktywności cyklonów tropikalnych od lat 70. XX wieku w tym regionie.
[41] W oparciu o opinię ekspertów i oszacowania prognoz wykorzystujących scenariusz SRES A1B (lub podobny).
[42] Oszacowanie bazuje na bliskiej zależności pomiędzy obserwowanymi zmianami ekstremalnego i średniego poziomu morza.
[43] Istnieje wysoki poziom pewności, że wzrost ekstremalnie wysokiego poziomu morza będzie głównie skutkiem wzrostu średniego poziomu morza. Istnieje niski stopień pewności regionalnych prognoz sztormów i przypływów sztormowych.
[44] Jak wyżej.

Źródło: *Zmiany klimatu 2013. Fizyczne naukowe podstawy. Podsumowanie dla decydentów. Przyczynek I grupy roboczej do piątego raportu oceny zmian klimatu Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu.* Październik 2013 IPCC, Szwajcaria. http://ziemianarozdrozu.pl/artykul/3249/v-raport-ipcc-podsumowanie-dla-decydentow-po-polsku

10. Załącznik 3.

Tab. 3. Średnie wartości albedo dla Warszawy w okresie czterech ciepłych miesięcy w latach 2002 - 2014

DZIELNICA	Maj i czerwiec						Sierpień i wrzesień					Średnio
	21.05.2002	3.05.2007	19.05.2007	19.05.2013	20.06.2013	22.05.2014	13.09.2003	18.09.2005	21.09.2006	28.08.2009	8.09.2013	
WILANÓW	15,72	15,42	14,42	15,90	15,87	15,66	11,36	13,08	13,73	14,19	13,64	14,45
WŁOCHY	13,50	14,85	14,25	15,56	15,77	15,89	10,69	12,88	13,74	14,32	13,76	14,11
URSYNÓW	14,67	14,24	13,56	15,07	14,59	14,37	10,18	12,28	12,36	13,20	12,47	13,36
BEMOWO	14,18	14,27	13,65	14,57	14,79	13,49	10,27	12,22	12,60	13,37	12,72	13,28
BIAŁOŁĘKA	13,15	13,68	13,00	14,87	14,96	14,53	10,16	11,91	12,93	13,44	12,60	13,20
URSUS	13,11	13,95	13,34	15,16	14,93	14,58	9,66	11,46	12,45	13,00	12,67	13,12
TARGÓWEK	12,69	13,24	13,06	14,72	14,55	14,73	9,78	11,81	11,53	12,99	12,17	12,84
MOKOTÓW	14,16	13,33	12,77	13,66	14,07	13,69	9,72	11,21	12,14	12,47	11,67	12,63
WOLA	11,07	12,90	12,41	13,92	13,92	13,16	9,11	10,81	11,04	11,99	11,67	12,00
OCHOTA	11,47	12,97	12,48	13,46	13,63	13,01	9,31	10,80	11,55	11,92	11,28	11,99
PRAGA POŁUDNIE	11,26	12,42	12,13	13,74	13,36	13,70	9,09	10,61	11,11	11,69	11,30	11,86
BIELANY	11,55	12,46	12,22	13,20	13,47	12,54	9,28	10,71	11,19	11,99	11,25	11,81
ŻOLIBORZ	12,80	12,57	12,03	12,93	13,38	13,12	8,92	10,49	10,82	11,73	11,05	11,80
REMBERTÓW	11,36	11,47	11,47	14,51	13,10	13,00	8,99	10,70	10,27	11,62	11,00	11,59
WAWER	11,74	11,49	11,22	14,80	12,70	12,57	9,20	10,41	10,80	11,43	10,89	11,57
PRAGA POŁUDNIE	11,77	11,62	11,31	12,64	12,89	12,39	8,71	10,25	10,61	11,32	11,09	11,33
ŚRÓDMIEŚCIE	11,08	12,03	11,58	12,60	12,80	12,45	8,48	10,07	10,03	11,08	10,63	11,17
WESOŁA	9,98	10,02	9,84	12,35	11,09	10,59	7,91	9,46	9,31	10,02	9,60	10,02

Źródło: „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015r

Załącznik 4.

Tab. 4 Średnie wartości wskaźnika zieleni dla Warszawy w okresie czterech ciepłych miesięcy w latach 2002 - 2014

DZIELNICA	Maj i czerwiec						Sierpień i wrzesień					Średnio
	21.05.2002	3.05.2007	19.05.2007	19.05.2013	20.06.2013	22.05.2014	13.09.2003	18.09.2005	21.09.2006	28.08.2009	8.09.2013	
REMBERTÓW	0,727	0,627	0,729	0,728	0,812	0,814	0,721	0,755	0,775	0,795	0,823	0,755
BIELANY	0,752	0,662	0,735	0,786	0,780	0,787	0,687	0,742	0,769	0,787	0,790	0,752
WESOŁA	0,733	0,637	0,680	0,729	0,774	0,778	0,726	0,762	0,771	0,794	0,804	0,744
WAWER	0,706	0,618	0,702	0,693	0,787	0,762	0,706	0,709	0,754	0,778	0,791	0,728
PRAGA POŁUDNIE	0,686	0,667	0,745	0,725	0,727	0,731	0,689	0,718	0,729	0,742	0,734	0,718
TARGÓWEK	0,692	0,637	0,728	0,705	0,748	0,732	0,653	0,691	0,717	0,735	0,743	0,708
MOKOTÓW	0,669	0,629	0,709	0,746	0,753	0,757	0,664	0,647	0,705	0,726	0,747	0,705
URSYNÓW	0,671	0,613	0,696	0,703	0,738	0,748	0,673	0,652	0,670	0,739	0,736	0,694
BIAŁOŁĘKA	0,682	0,601	0,692	0,741	0,749	0,755	0,614	0,626	0,714	0,716	0,722	0,692
WOLA	0,695	0,625	0,688	0,704	0,696	0,720	0,662	0,668	0,694	0,698	0,706	0,687
BEMOWO	0,659	0,575	0,645	0,692	0,718	0,758	0,637	0,657	0,690	0,709	0,710	0,677
PRAGA POŁUDNIE	0,645	0,635	0,702	0,710	0,688	0,583	0,615	0,656	0,705	0,695	0,672	0,664
ŻOLIBORZ	0,653	0,621	0,677	0,705	0,687	0,637	0,626	0,623	0,673	0,684	0,688	0,661
OCHOTA	0,680	0,624	0,664	0,678	0,666	0,711	0,615	0,620	0,633	0,675	0,669	0,658
WILANÓW	0,619	0,539	0,652	0,643	0,704	0,687	0,613	0,578	0,618	0,670	0,674	0,636
ŚRÓDMIEŚCIE	0,651	0,608	0,650	0,639	0,629	0,646	0,600	0,616	0,637	0,640	0,637	0,632
WŁOCHY	0,625	0,578	0,664	0,616	0,634	0,651	0,595	0,597	0,629	0,667	0,606	0,624
URSUS	0,542	0,462	0,540	0,483	0,516	0,567	0,580	0,554	0,630	0,607	0,532	0,547

Źródło: „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

Załącznik 5.

Tab. 5 Średnie wartości wskaźnika zieleni dla Warszawy w okresie czterech ciepłych miesięcy w latach 2002 - 2014

DZIELNICA	Maj i czerwiec						Sierpień i wrzesień					Średnio
	21.05.2002	3.05.2007	19.05.2007	19.05.2013	20.06.2013	22.05.2014	13.09.2003	18.09.2005	21.09.2006	28.08.2009	8.09.2013	
URSUS	27,6	26,1	28,5	28,3	30,5	28,1	22,5	21,2	20,3	26,2	26,7	26,0
WŁOCHY	25,4	25,3	27,5	27,7	29,8	27,4	22,0	20,8	19,2	25,9	26,3	25,2
WOLA	24,8	24,4	27,8	27,7	30,0	27,5	22,3	20,1	20,8	26,0	25,9	25,2
PRAGA POŁUDNIE	21,2	24,5	27,7	28,4	29,8	26,8	22,7	20,6	21,1	26,4	26,4	25,0
OCHOTA	25,3	24,2	27,4	27,6	29,9	26,4	21,8	20,2	19,7	25,9	25,7	24,9
PRAGA POŁUDNIE	20,1	23,9	27,4	27,7	29,9	28,1	22,0	20,1	20,6	25,9	25,8	24,7
TARGÓWEK	22,7	24,5	27,0	27,3	29,3	26,8	21,9	19,6	20,0	25,6	25,5	24,6
BEMOWO	24,5	24,2	26,7	26,9	28,5	25,7	21,4	19,6	20,0	25,2	25,3	24,4
ŚRÓDMIEŚCIE	21,3	22,8	26,9	27,4	29,4	26,7	21,9	19,9	20,4	25,7	25,4	24,3
BIAŁOŁĘKA	23,8	24,2	25,6	26,1	27,8	26,6	21,5	19,5	20,3	24,8	24,6	24,1
MOKOTÓW	19,9	23,6	26,2	26,9	28,7	26,0	21,5	19,7	17,8	25,0	24,9	23,7
ŻOLIBORZ	18,6	22,6	25,8	26,5	28,4	26,3	21,5	19,3	20,1	25,2	24,7	23,6
BIELANY	22,4	22,5	25,3	25,7	27,5	25,9	21,0	18,7	19,8	24,6	24,1	23,4
REMBERTÓW	21,3	23,8	25,6	24,9	27,5	27,4	20,8	18,5	19,1	24,4	23,9	23,4
URSYNÓW	21,4	23,3	25,0	25,8	27,8	26,2	20,7	19,3	17,1	24,1	24,2	23,2
WILANÓW	21,5	24,4	24,5	26,4	27,3	24,7	20,2	19,5	17,2	23,9	24,3	23,1
WAWER	20,3	22,7	24,8	24,3	27,1	25,9	20,0	18,4	18,0	23,8	23,5	22,6
WESOŁA	22,3	21,6	24,3	23,9	26,7	27,3	19,6	17,3	18,5	23,3	23,0	22,5

Źródło: „Life Adaptacity PL – przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej". Sprawozdanie z realizacji projektu. Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa 2015.

Załącznik 6.

Tab. 6 Ocena poszczególnymi informacjami i wskaźnikami służąca określeniu zagrożenia ryzykiem klimatycznym Warszawy wg dzielnic

DZIELNICA	Nieprzepuszczalność	Gęstość zabudowy	Udział terenów w zab. I zurb.	Albedo	Wskaźnik zieleni	Średnia temp.	Sytuacja Z PBC	Zagrożenia powodziowe	Liczba nocy ciepłych	Zagrożenie podtopieniami	Okresy bezopadowe	Przyrost jed. mieszk.	Miejska wyspa ciepła (średnio)	Udział t. zielonych i lasów
BEMOWO	Średnia	B. duża duża	Wysoki	Wysokie	Średni	Wysoka	B. zła	Brak	Średnia	Niskie	Mała	Duży	Mała	Wysoki
BIAŁOŁĘKA	Niska	Średnia i słaba	Niski	Wysokie	Średni	Wysoka	B. zła	Średnie	Mała	Niskie	Mała	B. duży	Mała	Średni
BIELANY	Średnia	B. duża i duża	Średni	Średnie	B. wysoki	Średnia	Zła	Brak/ średnie	Średnie	Nisko/ średnie	Mała	Duzy	Mała	B. wysoki
MOKOTÓW	Wysoka	B. duża i duża	Wysoki	Wysokie	Wysoki	Średnia	B. zła	Brak/ duże	Duża	Średnie/ niskie	Średnia/ duża	B. duży	Mała	Średni
OCHOTA	Wysoka	B. duża i duża	B. wysoki	Średnie	Średni	Wysoka	Dobra	Brak	B.duża	Średnie	Średnia/ mała	Mały	Średnia	Wysoki
PRAGA POŁUDNIE	Wysoka	B. duża i duża	B. wysoki			Wysoka	Dobra	Duże/ brak	Duża	Średnie	Średnia/ duża	Średni	Mała	Średni
PRAGA POŁUDNIE (Pn)	Wysoka	B. duża i duża	B. wysoki			Wysoka	Średnia PN	Średnie	Średnia	Średnie	Średnia	Średni	Duża	Średni
REMBERTÓW	Niska	B. duża i duża	Średni	Średnie	B. wysoki	Średnia	Średnia	Brak	Mała	Niskie	Średnia	Mały	Brak	B. wysoki

ŚRÓDMIEŚCIE	Wysoka	B. duża i duża	B. wysoki	Niskie	Niski	Wysoka	Zła	Brak/ średnie	B. duża	Średnie	Średnia	Mały	Duża	Wysoki
TARGÓWEK	Średnia	B. duża i duża	Średni	Wysokie	Wysoki	Wysoka	B. zła	Brak	Średnia	Średnie/ niskie	Średnia	Duzy	Brak	Wysoki
URSUS	Wysoka	B. duża i duża	Wysoki	Wysokie	Niski	B. wysoka	Dobra	Brak	Średnia	Średnie	Średnia	Średni	Brak	Niski
URSYNÓW	Średnia	Średnia i słaba	Średni	Wysokie	Średni	Średnia	B. zła	Brak	Średnia	Wysokie/ niskie	Średnia	Duzy	Mała	B. wysoki
WAWER	Niska	Średnia i słaba	Niski	Średnie	Wysoki	Niska	B. zła	Brak/ duże	Mała	Średnie/ niskie	B. duża/ duża	Średni	Brak	B. wysoki
WESOŁA	Niska	Średnia i słaba	Niski	Niskie	B. wysoki	Niska	Dobra	Brak	Mała	Niskie	Duża	Mały	Brak	B. wysoki
WILANÓW	Niska	Średnia i słaba	Niski	B. wysokie	Niski	Średnia	Zła	Duże/brak	Średnia	Niskie/ średnie	Duża	Duzy	Brak	Niski
WŁOCHY	Średnia	B. duża i duża	Wysoki	B. wysokie	Niski	Wysoka	Zła	Brak	Duża	Niskie	Średnia	Mały	Mała	Niski
WOLA	Wysoka	B. duża i duża	B. wysoki	Średnie	Średni	Wysoka	Dobra	Brak	B. duża	Średnie	Średnia	B. duży	Duża	B. wysoki
ŻOLIBORZ	Wysoka	B. duża i duża	B. wysoki	Średnie	Średni	Średnia	Średnia	Brak/ średnie	Duża	Średnie	Średnia/ niska	Mały	Duża	Wysoki

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów przygotowanych na potrzeby projektu „Adaptcity”.