

**Wydział Fizjoterapii i Pedagogiki Wyższej Szkoły Zarządzania i Administracji
w Zamościu
Oddział Nefrologii, Endokrynologii, Nadciśnienia Tętniczego i Chorób Wewnętrznych
Szpitala Wojewódzkiego w Zamościu**

Dorota Boniek-Poprawa

Zmienność elementów pogody a nagłe przyjęcia do szpitala

Promotor: prof.dr hab. n.med. Krzysztof Marczewski

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych przedłożona
Wysokiej Radzie Wydziału Nauk o Zdrowiu
Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Zamość 2011

*Składam serdeczne podziękowania
Panu promotorowi prof. dr hab. n. med.
Krzysztofowi Marczewskiemu
za życzliwą pomoc, cenne rady i cierpliwość,
Pani dr hab. Barbarze Marczewskiej za
cenną pomoc i poświęcony czas
oraz Panu dr Mieczysławowi Kowerskiemu
i Panu mgr Andrzejowi Burdy
za pomoc w opracowaniu statystycznym*

Spis treści

1. WSTĘP	4
2. BODŹCE ATMOSFERYCZNE.....	9
2.1. Bodźce termiczno-wilgotnościowe.....	11
2.2. Wskaźniki biometeorologiczne związane z bilansem cieplnym człowieka.....	12
2.3. Bodźce mechaniczne.....	17
2.4. Bodźce radiacyjne.....	18
2.5. Bodźce elektryczne	20
2.6. Bodźce chemiczne.....	21
2.7. Podsumowanie.....	28
3. ZAŁOŻENIE I CEL PRACY.....	29
4. MATERIAŁ, METODY I WYNIKI PMIARÓW.....	30
5. Dyskusja	58
5.1 Wpływ temperatury powietrza na nagłe przyjęcia do szpitala.....	59
5.2 Wpływ wilgotności powietrza na nagłe przyjęcia do szpitala.....	67
6. PODSUMOWANIE.....	70
7. WNIOSKI.....	71
8. SPIS SKRÓTÓW.....	72
9. SPIS TABEL I RYCIN.....	73
10. PIŚMIENNICTWO.....	76
11. STRESZCZENIE	87

1.WSTĘP

Związek pomiędzy zmianami samopoczucia i nastroju człowieka, w tym także występowaniem i/lub nasileniem się różnych dolegliwości a warunkami środowiska przyrodniczego jest powszechnie obecny w naszej świadomości. W sposób szczególny dotyczy to klimatu i pogody.

Jako pierwszą dostępną pracę, w której zwrócono na ten problem uwagę można jak się wydaje uważać traktat Hipokratesa (460–377 p.n.e.) „O powietrzu, wodach i miejscach” [1,2]. W dziele tym wysuwa on tezę o wpływie klimatu na psychikę i zdrowie człowieka.

W IV w. p. n. e. w starożytnym Rzymie zalecano stosowanie kąpeli morskich w celach terapeutycznych.

W Polsce już w XIV w. król Ludwik Węgierski został wysłany przez swojego lekarza Jana Redlica w Tatry do Smokowca w celu wyleczenia gruźlicy płuc.

W XVIII wieku powstawały sanatoria we Francji, Włoszech i Szwajcarii gdzie leczono gruźlicę metodą klimatoterapii. Na ziemiach polskich leczeniem klimatycznym zajmowały się zdrojowiska w Szczawnicy i Zakopanem [3].

Do połowy XVIII wieku związek między środowiskiem atmosferycznym a zdrowiem człowieka był uważany za integralną część fizjologii. Zajmowali się nim głównie lekarze.

Ważne studia naukowe traktujące o wrażliwości człowieka na pogodę przypisuje się holendrowi Gerardowi van Swietenowi (1700-1772), który jako lekarz nadworny cesarzowej Marii Teresy wywarł ogromny wpływ tak na współczesnych jak potomnych [4].

W 1874r. ukazała się w języku polskim praca Z. Oppenheimerera pt. „ Wpływ klimatu na człowieka”.

W okresie międzywojennym tematyką tą zajmował się L. Korczyński . Analizował on wpływ różnych typów klimatu na funkcjonowanie organizmu człowieka [5]. Jednak dopiero w drugiej połowie XX wieku zaczęła się rozwijać w Polsce współczesna biometeorologia. W 1950 r. utworzono Oddział Biometeorologii Lekarskiej w III Klinice Chorób Wewnętrznych w Krakowie. Jego inicjatorem był m.in. J. Aleksandrowicz, autor książki pt. „Biometeorologia w służbie zdrowia” [6]. W 1952 roku powołano Instytut Balneoklimatyczny z siedzibą w Poznaniu. Przy współpracy klimatologów oraz lekarzy zatrudnionych w klinikach chorób wewnętrznych i uzdrowiskach wykonano wówczas szereg klinicznych badań biometeorologicznych. Prace na ten temat publikowali między innymi J. Bogucki, J. Jankowiak, B. Kielczewski, I. Ponikowska, A. Sabatowski, S. Tyczka, W. Wójtowicz [7-12]. Również w Pracowni Bioklimatologii Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie zajmowano się problemami biometeorologii człowieka. Z tego ośrodka M. Baranowska i współpracownicy opublikowali szereg prac na temat wpływu pogody na samopoczucie człowieka, m.in. na nadciśnienie tętnicze a także na częstość kolizji drogowych [13-21].

Dzięki tym pracom wiemy, że stan pogody związany jest z napływem powietrza z różnych kierunków nad dany obszar, zależnie od rozkładu ciśnienia atmosferycznego. W Polsce powietrze przemieszcza się w około 24% przypadków z sektora zachodniego, w 23% z sektora północnego, 21% z sektora południowego i 18% z sektora wschodniego [22]. Nad obszar Polski napływają trzy główne masy powietrza: polarne, arktyczne i zwrotnikowe. Powietrze polarne napływa ze wschodu jako powietrze polarne kontynentalne i z zachodu jako powietrze polarne morskie. To ostatnie cechuje znaczna wilgotność. Jest ono najczęściej obserwowaną nad Polską masą powietrza. Częstość jego występowania

wynosi około 70%. W zimie przynosi ocieplenie, odwilże, opady deszczu lub śniegu, natomiast w lecie ochłodzenie, duże zachmurzenie i opady. Powietrze polarne kontynentalne charakteryzuje się niską wilgotnością i małym zachmurzeniem. W zimie powoduje mroźną pogodę bez opadów, natomiast w lecie pogodę słoneczną z burzami. Masa ta częściej zalega nad wschodnią Polską. Częstość występowania wynosi około 13%.

Arktyczne powietrze napływające z północy sprowadza zmienną pogodę z ochłodzeniem i zachmurzeniem. Średnia częstość występowania wynosi około 20%.

Najrzadziej obserwowane jest powietrze zwrotnikowe, które w lecie przynosi falę gorąca, w zimie gwałtowne ocieplenie. Średnia częstość jego występowania jest najwyższa na południowym wschodzie i wynosi około 4% [23].

Zmieniające się masy powietrza wywierają wpływ na zdrowie i samopoczucie człowieka, szczególnie masy powietrza polarnego morskiego i arktycznego. Wpływ ten wyraźny jest zwłaszcza w układach niżowych oraz przy przechodzeniu od niżu do wyżu lub odwrotnie. Szczególny wpływ mają te zmiany na choroby układu krążenia, układu oddechowego i narządu ruchu. Przy napływie powietrza zwrotnikowego obserwuje się zwiększoną ilość zgonów zwłaszcza w grupie osób starszych [24].

Przemieszczające się nad Polską masy powietrza oddzielone są od siebie strefami przejściowymi, które zwane są frontami. Kraj nasz leży w miejscu starć wilgotnych mas powietrza znad Atlantyku z bardziej suchymi masami kontynentalnymi, a rozdzielające je fronty atmosferyczne są przyczyną nagłych zmian pogody [25].

Klimat okolic Zamościa ma charakter kontynentalny. Lata są suche i gorące, zimy na ogół mroźne. Średnie temperatury lipca wahają się od + 17,5 do + 18,5°C, stycznia zaś od - 4 do - 4,5°C, natomiast średnia temperatura w poszczególnych miesiącach waha się od + 7 do + 7,5°C. Opady atmosferyczne na Zamojszczyźnie są stosunkowo duże. Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych wynoszą od 600 do 700 mm. Najniższe opady, poniżej 600 mm

w ciągu roku, występują w południowo-zachodniej części regionu, natomiast najwyższe na Roztoczu nawet powyżej 700 mm rocznie. Pokrywa śnieżna utrzymuje się średnio przez okres od 60 do 80 dni. Na Roztoczu śnieg zalega często nawet 100 dni (średnio 70-75 dni).

Cechą charakterystyczną klimatu obszaru Roztocza jest występowanie największego w Polsce średniego rocznego usłonecznienia (około 50% dni słonecznych w roku). Miesiącami o największym usłonecznieniu są czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień. W miesiącu sierpniu Roztocze jest najbardziej usłonecznionym obszarem w kraju. Zjawiskiem niekorzystnym są natomiast dość ostre przymrozki wiosenne i jesienne. Obserwuje się w ciągu roku średnio 110 dni z przymrozkami w przygruntowej warstwie powietrza.

W ciągu ostatnich lat wiele uwagi poświęca się problemowi zmian klimatu, ponieważ wpływają one na warunki środowiskowe, wilgotnościowe, agroklimatyczne, osadnicze a to pośrednio oddziałuje na organizm człowieka. Jednym z podstawowych przejawów zmian klimatu jest podwyższanie temperatury powietrza czyli ocieplenie klimatu, ale również częste wahania warunków pogodowych czyli wzrost liczby fal upałów i mrozów oraz powodzi i susz, zmiany rytmu opadów, zmniejszanie się warstwy ozonu atmosferycznego, zwiększające się zanieczyszczenia powietrza.

W krajach Unii Europejskiej znana jest Biała Księga opublikowana 01. 04. 2009r., która wyznacza europejskie ramy działania w dziedzinie adaptacji do zmian klimatu. Przede wszystkim należy ograniczyć emisję gazów cieplarnianych i podjąć środki adaptacyjne zmierzające do zwalczania nieuniknionych skutków. Kraje UE zobowiązane są do ograniczenia do 2020r. emisji gazów cieplarnianych o 20% poniżej poziomu z 1990r. Jednak jeżeli nawet wspólnota państw zdoła ograniczyć a następnie zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych, potrzeba będzie czasu, by nasza planeta przezwyciężyła problemy związane z gazami cieplarnianymi znajdującymi się już teraz w atmosferze. Skutki zmian klimatu

będziemy więc odczuwać co najmniej przez najbliższe 50 lat [26].

Powołany w 1988 roku Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) przewiduje, że w wyniku zmian klimatu dojdzie do wzrostu chorób cywilizacyjnych: chorób układu krążenia, układu oddechowego, pokarmowego, skóry, chorób zakaźnych, cukrzycy a także depresji.

Jest to jeden z powodów, które stawiają opracowanie modeli pozwalających na oszacowanie spodziewanej liczby pacjentów w zależności od czynników pogodowych, wśród ważnych problemów medycznych nadchodzących lat.

2 BODŹCE ATMOSFERYCZNE

Oddziaływanie środowiska atmosferycznego na zdrowie człowieka można podzielić na bezpośrednie oraz pośrednie. Do oddziaływań bezpośrednich należą te sytuacje zdrowotne, które są związane z poszczególnymi elementami klimatu. Do podstawowych elementów meteorologicznych należą promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne oraz opady. Kolejnymi elementami wpływającymi również na zdrowie i samopoczucie człowieka są jonizacja powietrza, zanieczyszczenia pyłowe i gazowe, natężenie pól elektromagnetycznych. Wszystkie te elementy są bodźcem jeżeli w krótkim czasie następuje zmiana ich parametrów. Oddziałują one zespołowo, nieprzerwanie, z natężeniem zmieniającym się w czasie i przestrzeni. Działanie poszczególnych bodźców może być zwiększone przez ich współdziałanie. Wtedy nawet mało znaczący i słaby bodziec wzmacnia efekt działania innych bodźców. Bodźce atmosferyczne wpływają na układ вегетatywny i wewnętrzwydzielniczy człowieka powodując zmiany czynnościowe i metaboliczne [27].

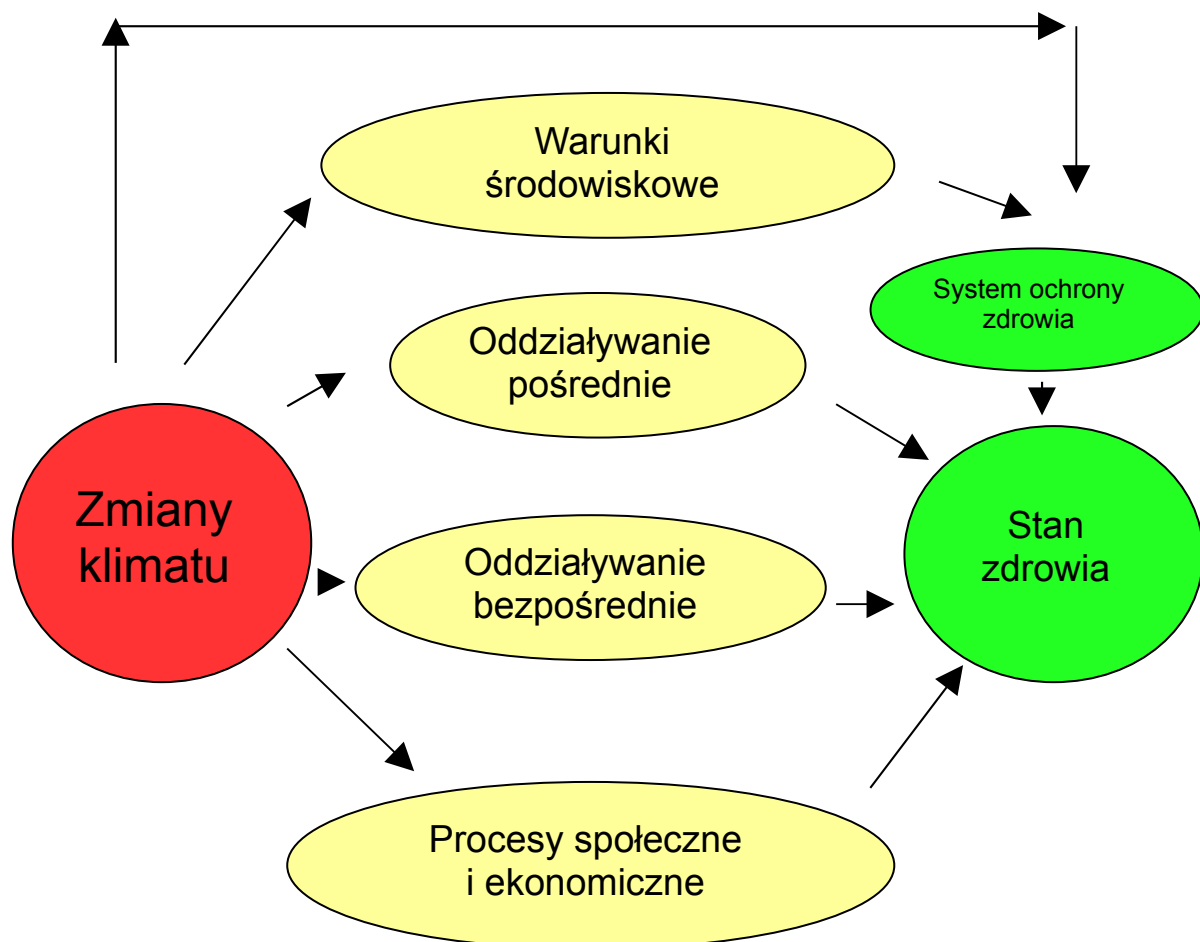
Reakcja organizmu na bodźce atmosferyczne zależy przede wszystkim od ich natężenia i czasu trwania. Bodźce umiarkowane działają pobudzająco, leczniczo. Bodźce silne mogą działać szkodliwie, aczkolwiek u ludzi zdrowych, o sprawnym układzie termoregulacyjnym są dobrze tolerowane. Ich działanie na człowieka zależy też od wieku, osobniczej wrażliwości fizycznej i psychicznej, a także od stopnia aktywności układu вегетatywnego.

Bodźce atmosferyczne takie jak promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza odbierane są przez termoreceptory ciepła i zimna w skórze, receptory dróg oddechowych są wrażliwe na zmiany temperatury i wilgotności powietrza, ciśnienie

atmosferyczne, jonizację powietrza. Narząd wzroku silnie reaguje na promieniowanie słoneczne, zachmurzenie, mgłę [28].

Na organizm człowieka wpływają zarówno wyżej wymienione bezpośrednie czynniki środowiska atmosferycznego jak i pośrednie takie jak zmiany warunków hydrologicznych, agronomicznych. Zmiany klimatu, przede wszystkim jego globalne ocieplenie modyfikują środowisko, wpływają też na procesy społeczne i ekonomiczne.

Wzajemne zależności, również wpływ na system ochrony zdrowia przedstawia schemat na rycinie 1.



Rycina 1. Wielokierunkowy wpływ zmian klimatu na stan zdrowia człowieka.

2.1. Bodźce termiczno-wilgotnościowe

Temperatura i wilgotność, promieniowanie słoneczne i prędkość wiatru kształtują odczuwalne przez człowieka warunki termiczne. Temperatura powietrza 18-23°C jest termoneutralna, ponieważ nie wpływa na zmianę temperatury wewnętrznej człowieka. Poza tym zakresem nawet krótkotrwałe zmiany temperatury otoczenia mogą powodować zaburzenia gospodarki cieplnej organizmu. Wysoka temperatura powietrza powoduje zmniejszenie wydolności fizycznej i psychicznej człowieka, przyśpieszenie tętna i obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, przyśpieszenie oddechu i zwiększenie wydzielania potu. Temperatura powyżej 25°C oznacza dzień gorący, zaś powyżej 30°C dzień upalny, a kilka następujących po sobie dni upalnych tworzy fale upałów. Nie są to oczywiście dni szczególnie korzystne dla naszego zdrowia.

Niekorzystne dla człowieka są także dni mroźne z temperaturą poniżej -10°C zwłaszcza z towarzyszącym silnym wiatrem. Także zmiana średniej dobowej temperatury powietrza powyżej 6°C jest silnym bodźcem obciążającym organizm człowieka. Taka zmiana warunków termicznych w krótkim okresie powodowana jest przeważnie przemieszczaniem się przez Polskę frontów atmosferycznych powodujących napływ mas powietrza o kontrastowych cechach fizycznych (powietrze zwrotnikowe czy arktyczne) [28].

Zbyt wysoka i zbyt niska wilgotność powoduje zakłócenia w oddawaniu ciepła z ustroju człowieka. Najprostszym kryterium oceny warunków higrycznych jest wilgotność względna powietrza. Przyjmuje się, że jeśli wynosi ona poniżej 55% oznacza powietrze suche, 56-70% powietrze umiarkowanie suche, 71-85% powietrze wilgotne, powyżej 86% powietrze bardzo wilgotne. Odczucie wilgotności powietrza zależy zarówno od zawartości w nim pary wodnej jak i temperatury powietrza. Jeżeli wysokiej temperaturze towarzyszy wysoka wilgotność powietrza z ciśnieniem pary wodnej powyżej 18,8 hPa występuje

uciążliwe zjawisko parności, układ termoregulacji jest nadmiernie obciążony [29].

2.2. Wskaźniki biometeorologiczne związane z bilansem cieplnym człowieka

Bilans cieplny człowieka opiera się na ilości ciepła pochłanianego, wytwarzanego przez organizm i traconego. Mechanizmy termoregulacyjne człowieka nastawione są na utrzymanie stałej temperatury wewnętrznej wynoszącej 37⁰ C. Stworzono wiele modeli bilansu cieplnego. Model MENEX 2002 opracowany przez Pana Prof. K. Błażejczyka [30] jest modelem kompleksowym, sprawdzonym w badaniach terenowych nie tylko na obszarze Polski. Model ten opiera się na następującym równaniu bilansu cieplnego:

$$\mathbf{M+R+C+L+E+Res+K=S} \quad (1)$$

gdzie:

M - metaboliczna produkcja ciepła,

R - pochłonięte promieniowanie słoneczne

C - unoszenie ciepła z powierzchni ciała,

L- wymiana ciepła poprzez promieniowanie długofalowe

E - parowanie wody z powierzchni ciała,

Res - oddychanie

K - kondukcja.

Wszystkie składniki równania są wyrażone jako [W·m⁻²] i przybierają wartości zarówno dodatnie jak i ujemne.

Po uproszczeniu wzór (1) przyjmuje postać przedstawioną poniżej :

$$\mathbf{M+Q+E+C+Res=S} \quad (2)$$

gdzie:

Q - bilans radiacyjny (R+L)

Na podstawie tego modelu skonstruowano wskaźniki biometeorologiczne przydatne do oceny warunków biotermicznych [31].

Do wskaźników tych zalicza się m.in wskaźnik obciążenia cieplnego HL (Heat Load). Oznacza on kombinację ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego, ciepła wymienianego z otoczeniem i ciepła traconego wraz z parowaniem. Bardzo niski wskaźnik HL oznacza stres zimna i świadczy o pobudzeniu mechanizmów termoregulacyjnych związanych z zachowaniem ciepła, zaś HL wysoki oznacza stres gorąca i zachowanie organizmu zmierzające do utraty ciepła [32].

Innym wskaźnikiem jest temperatura skóry człowieka Tsk (Skin Temperature), uwzględniającym wyminę ciepła między człowiekiem a otoczeniem. Wskaźnik ten może służyć do oceny warunków biometeorologicznych w terenach otwartych. Temperaturę skóry mierzy się w 3-15 punktach ciała człowieka, przyjmując wartość średnią uwzględniającą powierzchnię poszczególnych części ciała. Temperatura poniżej 28⁰ C oznacza odczucie zimna, odczucie komfortu między 32,0-33,2⁰ C, odczucie gorąca powyżej 35,6⁰ C [33].

Przy ocenie warunków biotermicznych półrocza ciepłego, kiedy mogą występować uciążliwe dla człowieka fale upałów używa się wskaźnika stresu cieplnego HSI (Heat Stress Index) i wskaźnika stresu termofizjologicznego PhS (Physiological Strain).

Wskaźnik HSI wyraża w procentach stosunek parowania z powierzchni ciała człowieka niezbędnego do zachowania równowagi cieplnej do parowania maksymalnego

w danych warunkach meteorologicznych. Poszczególnym wartościom HSI odpowiadają stopnie obciążenia cieplnego w przypadku ośmiogodzinnego przebywania w terenie otwartym, gdzie $HSI < 10\%$ oznacza łagodny stres chłodu lub warunki termoneutralne, między 11-30% łagodny lub umiarkowany stres ciepła, 31-60% stres ciepła powodujący zagrożenie dla zdrowia przy braku aklimatyzacji, 61-90%-bardzo silny stres ciepła, 91-100% maksymalny stres ciepła tolerowany przez młode zaaklimatyzowane osoby. Przy HSI powyżej 100% może dojść do wzrostu temperatury wewnętrznej o $1,8^{\circ}\text{C}$ w ciągu ośmiu godzin [34].

Kolejnym wskaźnikiem jest wskaźnik stresu termofizjologicznego (PhS). Stanowi on stosunek strat ciepła przez konwekcję do strat ciepła w wyniku parowania potu - ewaporacji. Im wyższa jest wartość PhS tym większe jest nasilenie stresu zimna, natomiast im wartość jest mniejsza tym większe jest natężenie stresu gorąca i dominuje ewaporacja.

Innym wskaźnikiem odczuć cieplnych jest temperatura odczuwalna STI (Subjective Temperature Index). Wskaźnik ten wyrażony jest w stopniach Celsjusza. Do jego obliczenia używamy wartości wymiany ciepła S i średniej temperatury promieniowania Mrt . Wartości STI zawarte pomiędzy poniżej podanymi wartościami oznaczają:

- ◆ $-38,0^{\circ}\text{C}$ a $-0,5^{\circ}\text{C}$ - odczucie zimna
- ◆ $-0,4$ a $22,5^{\circ}\text{C}$ - odczucie chłodu
- ◆ $22,6$ a $32,0^{\circ}\text{C}$ - odczucie komfortowe
- ◆ $32,1$ a $46,0^{\circ}\text{C}$ - odczucie ciepła
- ◆ $46,1$ a $55,0^{\circ}\text{C}$ - odczucie gorąca

R.G. Steadman [35] opracował wskaźnik biometeorologiczny zwany temperaturą pozorną AT (Apparent Temperature), który bywa stosowany do określenia odczuć cieplnych człowieka

ubranego przebywającego zarówno w pomieszczeniach zamkniętych jak i w terenie otwartym.

Nowym wskaźnikiem biometeorologicznym jest wskaźnik UTCI (Universal Thermal Climate Index). Wskaźnik ten ma wymiar termiczny i opiera się na modelu bilansu cieplnego. Wartość wskaźnika jest miarą obciążeń cieplnych organizmu. Poszczególne wartości UTCI odnoszą się do istotnych zmian parametrów fizjologicznych. W warunkach ciepła jest to temperatura skóry, tempo wydzielania potu, w warunkach chłodu zwłaszcza temperatura dłoni i twarzy.

Do obliczenia wskaźnika UTCI i temperatury odczuwanej fizjologicznie (w/g modelu MENEX 2005) można użyć kalkulatora biotermicznego opracowanego przez K. Błażyjczyka, gdzie po wpisaniu długości i szerokości geograficznej, daty, temperatury powietrza, prędkości wiatru na wysokości 10m nad powierzchnią gruntu, wilgotności względnej, zachmurzenia i koloru noszonej odzieży otrzymujemy wartość UTCI przy zwykłej aktywności fizycznej w miejscu słonecznym i zacienionym. Tabela I przedstawia korelację pomiędzy UTCI a obciążeniem cieplnym [36].

Tabela I. Zależność między UTCI a obciążeniem cieplnym.

UTCI (°C)	Obciążenie cieplne	Sposób przeciwdziałania
>+46	Nieznosny stres ciepła	Konieczne uzupełnianie płynów > 0,5 l/h. Należy unikać dużego wysiłku fizycznego
+38 do +46	Bardzo silny stres ciepła	Okresowe korzystanie z pomieszczeń klimatyzowanych lub miejsc zacienionych. Niezbędne uzupełnianie płynów > 0,5l/h
+32 do +38	Silny stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l/h, okresowe zmniejszenie wysiłku fizycznego
+26 do +32	Umiarkowany stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25l/h
+9 do +26	Brak obciążeń cieplnych	Fizjologiczne procesy termoregulacji są wystarczające do zachowania komfortu cieplnego
0 do +9	Łagodny stres zimna	Pożądane używanie rękawiczek i nakrycia głowy
-13 do 0	Umiarkowany stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić twarz i kończyny przed wychłodzeniem
-27 do -13	Silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny, chronić twarz i kończyny. Pożądane zwiększenie termoizolacyjności odzieży
-40 do -27	Bardzo silny stres zimna	Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności odzieży i ograniczenie przebywania w terenie otwartym
<-40	Nieznosny stres zimna	Czas przebywania w terenie otwartym ograniczyć do niezbędnego minimum. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności i wiatroochronności odzieży

Wskaźnikiem do oceny warunków termiczno-wilgotnościowych jest Humidex , który wyznacza się z następującego wzoru:

$$\text{Humidex} = t + 0,5555(e - 10) \quad (3)$$

gdzie:

t - temperatura powietrza

e - ciśnienie pary wodnej [hPa]

Humidex w granicach 23-29⁰ C oznacza niewielki dyskomfort, od 29-39⁰ C znaczny dyskomfort, od 39-54⁰ C duży dyskomfort, a powyżej 54⁰ C oznacza możliwość udaru cieplnego w terenie otwartym [30].

2.3 Bodźce mechaniczne

Zaliczamy do nich ciśnienie atmosferyczne i ruch powietrza. Wiatr wywiera na skórę ciśnienie (mikromasaż), jest też czynnikiem kształtującym odczucia cieplne człowieka. Silny wiatr zwiększa uciążliwość pogody mroźnej potęgując odczucie chłodu, a łagodzi uczucie ciepła w gorące dni. Może także utrudniać oddychanie, zmniejszać zdolność do wysiłku, powodować niepokój, zaburzać sen. Wiatr o prędkości powyżej 8 ms⁻¹ jest bodźcem silnie działającym na organizm człowieka, ponieważ zwiększa wymianę ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem. Silny wiatr towarzyszy na ogół pogodzie typu zaburzonego, związanej z przemieszczaniem się frontów atmosferycznych i szybkimi zmianami ciśnienia. Inną rolę odgrywa wiatr bardzo słaby < 1ms⁻¹, który nie sprzyja oddawaniu ciepła z organizmu, przez co kształtuje odczucie dyskomfortu termicznego, zwłaszcza przy wysokiej

temperaturze i dużej wilgotności powietrza [37].

Ważnym bodźcem mechanicznym jest też ciśnienie atmosferyczne. Reakcja organizmu na zmiany ciśnienia pojawia się z wyprzedzeniem, a podejmowane przez organizm próby wyrównywania wahań ciśnienia są przyczyną różnych dolegliwości. Negatywna reakcja człowieka może występować przy zmianach ciśnienia o 2-4 hPa w ciągu 3 godzin, bądź 5-10 hPa na dzień. Przyjmuje się, że międzydobowa różnica ciśnienia rzędu 8 hPa i powyżej stanowi silny i niekorzystny dla człowieka bodziec mechaniczny. Tak duże zmiany ciśnienia obserwuje się przy przechodzeniu frontów atmosferycznych. W takiej sytuacji pogodowej następują u ludzi zdrowych zmiany pobudliwości układu nerwowego zaczynające się 5-6 godzin przed nadejściem frontu i trwające 3-5 godzin po jego przejściu [38].

Najbardziej aktywne meteorotropowo są fronty chłodne, którym towarzyszy oprócz zmian ciśnienia, spadek temperatury. Również burze silnie działają na układ nerwowy człowieka – wyzwalają uczucie lęku, niepokoju, powodują trudności w skupieniu uwagi [39].

Bodźce mechaniczne określane są za pomocą wskaźników dynamicznych takich jak zmiany średniej dobowej wartości ciśnienia atmosferycznego, zmiany ciśnienia z wysokością n.p.m.

i prędkość wiatru.

2.4 Bodźce radiacyjne

Do bodźców fizycznych o największym znaczeniu biologicznym należy promieniowanie słoneczne w trzech zakresach długości fal elektromagnetycznych:

nadfioletowym, widzialnym i podczerwonym. Promieniowanie słoneczne odpowiednio dozowane jest bodźcem korzystnym dla organizmu człowieka.

Promieniowanie nadfioletowe (UV) stanowi niewielką część widma słonecznego około 8-9%,

przy czym rozproszenie i osłabienie UV w dolnych warstwach atmosfery sprawia, że jego natężenie w obszarach pozamiejskich jest o 75 % większe niż w miastach [32]. Promieniowanie UV jest najaktywniejszą biologicznie częścią widma słonecznego (szczególnie promieniowanie UVB czyli promieniowanie o długości fali 280-320nm) . Działa ono bakteriobójczo, bierze udział w wytwarzaniu witaminy D₃.

Promieniowanie ultrafioletowe C - UVC (promieniowanie o długości fali 200-280nm) jest całkowicie pochłaniane w górnych warstwach atmosfery przez tlen i ozon, do powierzchni ziemi dociera głównie promieniowanie UVA i niewielka ilość UVB. Promieniowanie to jest częściowo rozpraszane i odbijane przez różne powierzchnie naturalne np. świeży śnieg czy piasek. Na osłabienie dopływu promieniowania nadfioletowego wpływa zachmurzenie. Przy zachmurzeniu całkowitym do powierzchni ziemi dociera tylko 45 % jego ilości notowanej w warunkach nieba bezchmurnego [40].

Kąpiele słoneczne powinny być dozowane przy zastosowaniu dawek rumieniowych. Jest to dawka promieniowania UVB powodująca wystąpienie rumienia fotochemicznego czyli zaczerwienienia na skórze. Największa wrażliwość populacji europejskiej na działanie promieniowania UV występuje w okresie wiosennym, natomiast najmniejsza w miesiącach letnich [41,42].

Skutki przekroczenia progu bezpiecznej ekspozycji na słońce są często nieodwracalne. Do mniej groźnych należą : wysuszenie, zrogowacenie skóry, przedwczesne jej starzenie, oparzenia, osłabienie odporności organizmu (opryszczki, skłonność do przeziębień). Do najgroźniejszych należy uszkodzenie DNA jądra komórek prowadzące do nowotworów skóry. Intensywne opalanie może być przyczyną nowotworów oczu, zaćmy. Pierwszy medyczny opis zmian degeneracyjnych skóry zachodzących pod wpływem promieniowania pochodzi już z 1894 roku [43].

Promieniowanie widzialne działa pobudzająco na układ nerwowy poprzez wrażenia wizualne

odbierane przez komórki siatkówki. Decyduje także o psychicznym odczuwaniu pogody oraz wpływa na układ hormonalny i na rytmy biologiczne.

Promieniowanie podczerwone dostarcza człowiekowi energii cieplnej. Ciepło uzyskane tą drogą może działać przeciwskurczowo i przeciwbólowo. Bodźce radiacyjne oddziałujące na człowieka określa się na podstawie natężenia całkowitego promieniowania słonecznego i czasu usłonecznienia. W przypadku braku danych o usłonecznieniu kryterium oceny warunków solarnych może być wielkość pokrycia nieba przez chmury. Zachmurzenie ma wyraźny wpływ na zmiany aktywności biologicznej organizmu i samopoczucie człowieka. Najkorzystniejsze są dni z zachmurzeniem poniżej 50%, zaś dłuższe okresy z zachmurzeniem całkowitym wpływają na człowieka niekorzystnie : sprzyjają zaburzeniom snu, wzmagają uczucie zmęczenia, zmniejszają odporność organizmu, obniżają sprawność umysłową i fizyczną [28].

2.5. Bodźce elektryczne

Pod pojęciem elektryczności atmosferycznej rozumiemy pole elektryczne i magnetyczne atmosfery, jonizację, przewodnictwo elektryczne, ładunki elektryczne chmur i opadów oraz elektryczność burzową. Stwierdzono, że około 30% populacji reaguje na zmiany właściwości elektrycznych atmosfery [44,45].

Powierzchnia Ziemi jest naładowana ujemnie, zaś górne warstwy atmosfery dodatnio, między nimi wytwarza się pole elektryczne, którego potencjał maleje wraz z wysokością i około 10 km nad Ziemią stanowi 3% swej początkowej wartości. Duże zmiany właściwości elektrycznych atmosfery następują w czasie przemieszczania się frontów atmosferycznych. Wyładowania elektryczności atmosferycznej powodują wzrost liczby jonów ujemnych w

powietrzu. Natężenie pola elektrycznego przy powierzchni Ziemi wynosi 100-130 Vm⁻¹, natomiast w czasie burzy wzrasta nawet do 6000 Vm⁻¹[46]. Szybkie zmiany natężenia pola elektrycznego mogą być przyczyną ostrych reakcji meteorotropowych, szczególnie u osób cierpiących na choroby układu krążenia [47].

Człowiek podlega także działaniu stałych i zmiennych pól magnetycznych. Naturalne wahania pola magnetycznego Ziemi są związane z aktywnością Słońca. Zakłócenia stałego pola magnetycznego Ziemi w czasie burz magnetycznych jak też pól zmiennych wytwarzanych przez człowieka mogą mieć wpływ na funkcjonowanie organizmu-działają stresująco na układ nerwowy, mogą być przyczyną wypadków przy pracy [48,49]. W/g przepisów międzynarodowych za graniczną wartość bezpieczeństwa przyjmuje się natężenie pola magnetycznego nieprzekraczające 80A/m (w Polsce 60A/m na terenach przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową). Natężenie naturalnego pola magnetycznego Ziemi wynosi 20-50 A m⁻¹ [29].

2.6. Bodźce chemiczne

Na organizm człowieka oddziałują również składniki powietrza, w tym zanieczyszczenia i to zarówno naturalne (organiczne i nieorganiczne) jak i sztuczne (antropogeniczne). Za zanieczyszczenie powietrza uważa się substancję stałą, ciekłą czy gazową, której stężenie jest większe od zawartości naturalnej. Do zanieczyszczeń naturalnych zalicza się pyły glebowe i wulkaniczne, popioły pochodzące z wypalania traw, pożarów lasów oraz składniki biologiczne czyli bakterie, zarodniki, pyłki. Przyczyną zanieczyszczeń sztucznych są różne gałęzie przemysłu, transport, rolnictwo. Zanieczyszczenia powietrza dostają się do organizmu człowieka przez drogi oddechowe (dorosły człowiek wdycha ok. 12-16 m³ powietrza w ciągu doby), a także przez skórę i układ pokarmowy.

Jednym z zanieczyszczeń gazowych jest ditlenek siarki pochodzący m.in. ze spalania paliw. Na obszarach o dużej emisji związku siarki stanowią główny składnik tzw. kwaśnych deszczy. Ekspozycja na wysokie stężenie SO_2 może być przyczyną przewlekłego zapalenia oskrzeli, zaostrzenia chorób układu krążenia, większej zapadalności na infekcje dróg oddechowych, szczególnie u ludzi starszych i dzieci.

Innymi zanieczyszczeniami są tlenki azotu pochodzące np. z wybuchów wulkanów a także ze spalin samochodowych. Tlenki azotu i ozon tworzą tzw. smog fotochemiczny. Tlenki azotu mogą zaostrzać astmę, szczególnie u dzieci i ludzi starszych. Mają również wpływ na układ nerwowy człowieka powodując pobudzenie, niepokój, bezsenność i depresję [50,51].

Następnym zanieczyszczeniem gazowym jest tlenek węgla pochodzący ze spalania paliw, również niecałkowitego spalania węgla w paleniskach domowych. Zatrucie tlenkiem węgla powoduje niedotlenienie organizmu, które szczególnie u osób cierpiących na chorobę wieńcową serca może prowadzić do zawału mięśnia sercowego [50].

Omawiając zanieczyszczenia powietrza należy wspomnieć o ozonie. 90% ozonu koncentruje się w warstwie zwanej ozonosferą na wysokości 20-30 km. Ozon pochłania promieniowanie UVC i częściowo UVB i z tego powodu O_3 występujący w stratosferze nazywany jest ozonem “dobrym” [51]. Obserwowany ostatnio ubytek warstwy ozonowej jest wynikiem działania człowieka tzn. niszczących ozon głównie freonów i halonów, a także związków chloru i bromu [52].

Ozon występujący w troposferze traktowany jest jako zanieczyszczenie wtórne i jego zawartość jest niewielka i wynosi obecnie 25 ppb ($1 \text{ ppb } \text{O}_3 = 2 \mu\text{g m}^{-3}$). Ozon jest głównym składnikiem smogu fotochemicznego (smog biały, typu Los Angeles) występującego w temperaturze powietrza powyżej 25°C w miastach o dużym natężeniu ruchu samochodowego. Maksymalne stężenie ozonu występuje we wczesnych godzinach popołudniowych. Podwyższone stężenie ozonu troposferycznego może wywoływać kaszel,

nasilenie objawów astmy, bóle głowy [53].

Gaz ten traktowany jest jako gaz cieplarniany. W Polsce obowiązująca wartość dopuszczalnego stężenia ozonu wynosi 55 ppb ($110 \mu\text{g m}^{-3}$). Na wzrost zawartości ozonu wpływają wzrost temperatury powietrza, spadek wilgotności względnej, wzrost prędkości wiatru [54].

Zanieczyszczenia pyłowe są istotnym czynnikiem wpływającym na zdrowie ludzi. Pyłem określamy mieszaninę małych cząstek stałych zawieszonych w powietrzu. Pył może mieć średnicę ziaren $< 10\mu\text{m}$ (PM 10), bądź może być bardzo drobny o średnicy ziaren poniżej $2,5\mu\text{m}$ (PM 2,5). Taki pył wykazuje najbardziej szkodliwe działanie. Źródłem pyłów antropogenicznych są przede wszystkim energetyka, produkcja cementu, ścieranie asfaltu i opon samochodowych. Najbardziej toksyczne są pyły zawierające związki metali ciężkich-arsenu, ołowiu, kadmu, niklu i rtęci. Największy wpływ zanieczyszczenia pyłowe mają na zaostrzenia astmy i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POCHP). Pyły sprzyjają tworzeniu się mgły i smogu oraz ograniczają widzialność [29,51].

W niniejszej pracy nie badano wpływu zanieczyszczeń powietrza na nagłe przyjęcia do szpitala. Zamojszczyzna jest obszarem rolniczym, najwięcej zanieczyszczeń pochodzi ze spalin samochodowych i ze spalania węgla. Roczna norma zawartości pyłu wynosząca $40\mu\text{g m}^{-3}$ nie jest przekraczana.

W piśmiennictwie można znaleźć doniesienia na temat zależności między zanieczyszczeniami powietrza a nagłymi przyjęciami czy zachorowalnością na określone choroby. W latach 1999 - 2006 w Nowym Jorku stwierdzono wzrost ataków astmy u dzieci w wieku 6-18 lat z powodu wzrostu zawartości ozonu w powietrzu i zanieczyszczeń (cząstki poniżej $2,5\mu\text{m}$). Szczególnie wyraźnie wzrastała ilość przyjęć do SOR (o 26%) i ilość hospitalizacji (o 19%) w ciepłym sezonie [55].

Badając pacjentów w latach 2000 - 2003 w Stanach Zjednoczonych Zanobetti i wsp.[56]

stwierdzili, że zanieczyszczenia takie jak nikiel, arsen, chrom, brom, tlenek węgla (cząstki pochodzące ze spalin) wpłynęły na wzrost nagłych przyjęć z powodu choroby wieńcowej, zawału serca, chorób układu oddechowego i cukrzycy o 1-2% dziennie na $10\mu\text{g m}^{-3}$ zanieczyszczeń.

Peng i wsp.[57] stwierdzili, że najbardziej szkodliwe są węgiel i substancje organiczne węgla wytwarzane przy emisji spalin pochodzących z pojazdów diesel i spalania drewna. Wzrost zanieczyszczeń powoduje wzrost ryzyka zachorowania na chorobę niedokrwienną serca o 0,8% i wzrost ryzyka wystąpienia chorób układu oddechowego o 1%.

W badaniach Milutinovica i wsp. stwierdzono, że dla wszystkich grup wiekowych przyjęcia z powodu POCHP związane były z obecnością czarnego smogu i ze wzrostem stężenia ditlenku siarki. [58].

W Chile badano wpływ zanieczyszczeń powietrza (obecność cząstek poniżej $10\mu\text{m}$) na liczbę nagłych przyjęć z powodu ostrego zapalenia oskrzeli. Brano również pod uwagę temperaturę powietrza i wilgotność. Stwierdzono liniowy wpływ temperatury, natomiast wilgotność nie wpływała na nagłe przyjęcia. Określono też 3% wzrost ilości nagłych przyjęć z powodu ostrego zapalenia oskrzeli przy wzroście zanieczyszczeń powyżej $150\mu\text{g m}^{-3}$ [59]. Stwierdzono również, że zanieczyszczenia powietrza wiążą się ze zwiększoną zachorowalnością i śmiertelnością z powodu chorób sercowo-naczyniowych. Badano nagłe przyjęcia z powodu zaburzeń rytmu serca w zależności od stężenia SO_2 , CO, NO i wielkości cząsteczek zanieczyszczeń. Wykazano, że wzrost stężenia CO, NO (składniki spalin samochodowych) i wielkości cząsteczek powoduje wzrost przyjęć z powodu zaburzeń rytmu serca odpowiednio o 12,3%, 10,4% i 6,7% [60].

Również w Brazylii badano wpływ CO, NO, SO_2 i ozonu na ilość nagłych przyjęć osób z POCHP po 64 roku życia . Stwierdzono, że ozon i SO_2 statystycznie istotnie zwiększają ilość przyjęć [61].

W latach 1994-2000 w Idaho badano nagłe przyjęcia z powodu chorób układu krążenia i oddechowego w zależności od stężenia zanieczyszczeń. Stwierdzono wzrost ilości przyjęć z powodu chorób układu oddechowego z 7,1% do 15,4% przy wzroście o $50\mu\text{g mm}^{-3}$ pyłu. Największa zależność występowała w grupie dzieci i ludzi starszych. Nie znaleziono związku między stężeniem pyłów a chorobami układu krążenia [62].

Badania przeprowadzone w Australii również wykazały, że zanieczyszczenia powietrza szczególnie powiązane z wyższą temperaturą powietrza powodują wzrost zachorowalności i śmiertelności z powodu chorób układu sercowo-naczyniowego i oddechowego [63].

Badano też wpływ zanieczyszczeń powietrza na zachorowalność na zawały serca u osób starszych w 21 miastach USA. Stwierdzono, że wzrost ilości zanieczyszczeń o $10\mu\text{g mm}^{-3}$ powoduje zwiększone ryzyko hospitalizacji z powodu zawałów mięśnia sercowego o 0,65% [64].

Podobnie w Brazylii wykazano związek między zanieczyszczeniami powietrza a zachorowalnością na ostre zespoły wieńcowe. Szczególnie dzienny wzrost CO skutkował wzrostem przyjęć z powodu ostrych zespołów wieńcowych [65].

W projekcie APHEA (Air Pollution and Health: an European Approach) badano krótkoterminowy efekt zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludności. Stwierdzono, że temperatura powietrza jest czynnikiem zwiększającym wpływ zanieczyszczeń na śmiertelność [66]. W kolejnych latach realizowano projekt APHEA 2, dotyczący wpływu zanieczyszczeń cząstkami poniżej 10 mikronów oraz pyłu węglowego naienne przyjęcia do szpitala z powodu astmy, POCHP i wszystkich chorób układu oddechowego. Stwierdzono większy wpływ zanieczyszczeń mikrocząstkami niż pyłem węglowym oraz korelację tych zanieczyszczeń z większym stężeniem ozonu w powietrzu [67].

W Barcelonie badano zależności między zanieczyszczeniami powietrza a zgonami z powodu astmy. Brano pod uwagę pył węglowy, SO_2 , NO i ozon oraz średnią dzienną temperaturę

i wilgotność względną. Stwierdzono wpływ NO, ozonu oraz wysokiej temperatury na śmiertelność z powodu astmy oskrzelowej [68].

Wpływ poziomu ozonu na przyjęcia do szpitala z powodu chorób układu oddechowego był badany w Wielkiej Brytanii. Próg zawartości ozonu w powietrzu w Anglii wynosi 50 ppb. Wzrost ilości ozonu w powietrzu powyżej tej granicy skutkował większą ilością przyjęć [69]. Również w New Jersey stwierdzono, że wzrost zawartości ozonu w powietrzu (powyżej 0,06 ppm) powodował wzrost przyjęć z powodu astmy oskrzelowej o 28% [70]. Natomiast badania w Helsinkach wykazały związek przyjęć z powodu choroby niedokrwiennej serca z nawet niewiele podwyższonym stężeniem NO i ozonu. Podwyższony poziom NO miał również związek z przyjęciami z powodu chorób naczyń mózgowych [71]. Zwiększenie ilości nagłych przyjęć z powodu POCHP z 6% do 9% zaobserwowano przy wzroście stężenia SO₂ w powietrzu powyżej 25ug m⁻³ zarówno w miesiącach letnich jak i zimowych [72].

Stwierdzono też wpływ zanieczyszczeń CO i temperatury powietrza na wzrost ilości zawałów serca i udarów mózgu. Ilość zawałów serca wzrosła o 2,1% z powodu wzrostu zanieczyszczeń CO, a o 4,9% z powodu wysokiej temperatury. W przypadku udarów mózgowych stwierdzono wzrost przyjęć o 2,8% z powodu wysokiej temperatury, nie stwierdzono wpływu CO [73].

W Finlandii stwierdzono większą ilość przyjęć z powodu astmy w związku z niską temperaturą powietrza i większą koncentracją zanieczyszczeń takich jak NO, NO₂, SO₂, CO i ozonu. Największy wpływ miało stężenie tlenu azotu i ozonu. W przypadku zanieczyszczenia ozonem obserwowano jego wpływ jeszcze w następnym dniu na większą ilość przyjęć z powodu astmy. Wpływ niskiej temperatury i zanieczyszczeń był przede wszystkim widoczny u osób w starszym wieku. U dzieci zauważono wpływ tylko zanieczyszczeń NO i O₃ bez związku z temperaturą. Stwierdzono też, że poziom zanieczyszczeń wpływający na

wzrost ilości przyjęć z powodu astmy jest niższy niż uznawane za bezpieczne normy zanieczyszczeń [74].

Zanieczyszczenia pyłowe PM₁₀ powstające podczas pożarów również są przyczyną większej ilości przyjęć z powodu chorób układu oddechowego [75].

Badania prowadzone w Hong Kongu wykazały, że wzrost hospitalizacji z powodu astmy wiązał się ze wzrostem zanieczyszczeń NO, O₃, PM₁₀ i PM_{2,5} z opóźnieniem 4-dniowym.

Szczególnie wyraźny był wpływ wzrostu stężenia ozonu [76].

W przypadku przyjęć z powodu POCHP obserwowano wzrost przyjęć z powodu zanieczyszczeń SO₂, NO i O₃ w miesiącach zimnych [77].

Badania prowadzone w Rzymie wykazały, że wzrost przyjęć z powodu chorób układu oddechowego był związany ze wzrostem stężenia NO₂ i CO. Nie znaleziono związku między stężeniem SO₂, wzrost stężenia ozonu miał wpływ na choroby układu oddechowego dzieci.

Podkreślana jest rola CO, szczególnie przy ostrych infekcjach układu oddechowego [78].

Prowadzono też badania, które wykazały, że na wzrost zachorowań na choroby układu krążenia mają wpływ przede wszystkim zanieczyszczenia CO i pyłem węglowym [79].

Zanieczyszczenia powietrza wpływają też na zwiększone ryzyko udarów mózgowych zarówno krwotocznych jak i niedokrwiennych. Badano wpływ stężenia ozonu, temperatury i zanieczyszczeń pyłowych PM₁₀, a także stężeń NO i NO₂. Stwierdzono 13% wzrost ryzyka udaru niedokrwiennego przy wzroście zanieczyszczeń pyłowych powyżej 30 µg m⁻³, spadek temperatury poniżej 16°C zmniejszał to ryzyko. Nie znaleziono związków między udarami a stężeniem tlenków azotu i ozonu [80].

2.7. Podsumowanie

Ten krótki przegląd nie wyczerpał oczywiście całej problematyki wpływu warunków atmosferycznych na zdrowie człowieka. Jednak nawet podane przykłady ukazują realność i powszechność takiego związku. To z kolei zobowiązuje organizatorów ochrony zdrowia, w tym nawet poszczególnych lekarzy do uwzględnienia tego w swoich planach postępowania z pacjentami lub potencjalnymi pacjentami, którzy często nie wiedzą, że zmiana warunków pogodowych będzie się wiązać z ich pobytem w szpitalu. Przed szpitalem, jako instytucją i zespołem ludzi staje zadanie przygotowania się do przyjęcia np. zwiększonej ilości takich chorych i/lub właściwego wykorzystania miejsc dla tzw. pacjentów planowych, stan zdrowia których pozwala czekać, ale przecież nie dowolnie długo.

Przewidywanie wymaga poznania zasad powtarzalności zjawisk. Dlatego choć zdajemy sobie sprawę z wyjątkowości każdego z naszych chorych, to dla celów tych rozważań zakładamy istnienie wielu cech wspólnych ich biologicznej natury.

Zależności między pogodą a ryzykiem zachorowania i zgonu, zostały już od czasów Hipokratesa wielokrotnie opisywane dla różnych chorób. Nadal jednak utrzymuje się wiele niepewności, przede wszystkim w zakresie liczbowego wyrażania tych zależności oraz możliwości przenoszenia obserwacji z jednej strefy klimatycznej na inną. Pokrewnym problemem jest możliwość przewidywania wszystkich konsekwencji zdrowotnych prognozowanej zmiany pogody jako istotnej informacji dla organizatorów ochrony zdrowia. Mam nadzieję, że prezentowana praca jest krokiem zmierzającym w tym kierunku.

3. ZAŁOŻENIA I CEL PRACY

Dla prawidłowego funkcjonowania szpitala podobnie jak wielu innych instytucji bardzo ważna jest możliwość precyzyjnego planowania zadań, w tym wypadku przyjęć do szpitala. Staje się to jeszcze bardziej potrzebne w sytuacji niedoboru miejsc czy możliwości finansowania procedur medycznych i tworzenia list osób oczekujących. Takie listy tworzone są ze świadomością pierwszeństwa przyjęcia dla ewentualnych stanów nagłych, definiowanych jako bezpośrednie zagrożenie życia wymagające natychmiastowej hospitalizacji. A chociaż określenie nagłe przyjęcia lub nagłe zgłoszenia ma zawsze dużą dozę subiektywizmu, a liczba osób zgłaszających się w trybie nagłym zależy także od wielu czynników pozamedycznych to można oczekiwać, że ewentualna zależność zdarzeń medycznych od zjawisk pogodowych wyrazi się w zmienności nagłych hospitalizacji.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wybranych składników pogody na liczbę nagłych przyjęć do szpitala .

4. MATERIAŁ, METODY i WYNIKI POMIARÓW

Badania wykonano w oparciu o dane z Samodzielnego Publicznego Szpitala Wojewódzkiego im. Papieża Jana Pawła II w Zamościu, który jest placówką niosącą pomoc pacjentom z obszaru zamieszkałego przez prawie 500 000 mieszkańców. Przyjęcia nagłe dotyczą przede wszystkim mieszkańców powiatu zamojskiego i miasta Zamość (łącznie ok 170 000), gdzie Szpitalny Oddział Ratunkowy szpitala jest jedynym działającym na tym terenie.

Po wstępnej analizie organizacji pracy lekarzy, szczególnie w Pomocy Doraźnej, Pomocy Nocnej i Świątecznej oraz Szpitalnym Oddziale Ratunkowym wyodrębniono pięć okresów doby: poranek 6:00-9:00, południe 9:00-16:00, popołudnie 16:00-21:00, wieczór 21:00-24:00 i noc 24:00-6:00, w których analizowano przyjęcia nagłe.

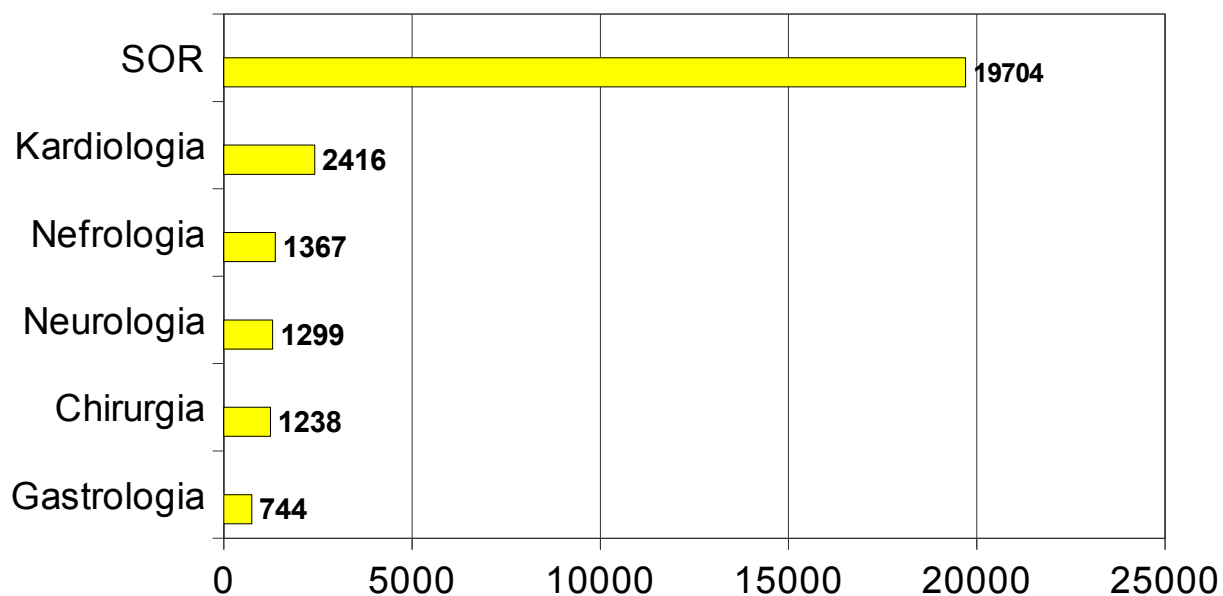
Wartości składników pogodowych uzyskano z pobliskiej Stacji Meteorologicznej w Tomaszowie Lubelskim, gdzie wartości parametrów pogody były rejestrowane co pół godziny.

Analizę przeprowadzono w oparciu o dane z lat 2006-2008. W tym czasie w szpitalu odbyło się łącznie 152 424 hospitalizacje, w tym 95 521 (62,6%) w trybie nagłym (tabela II).

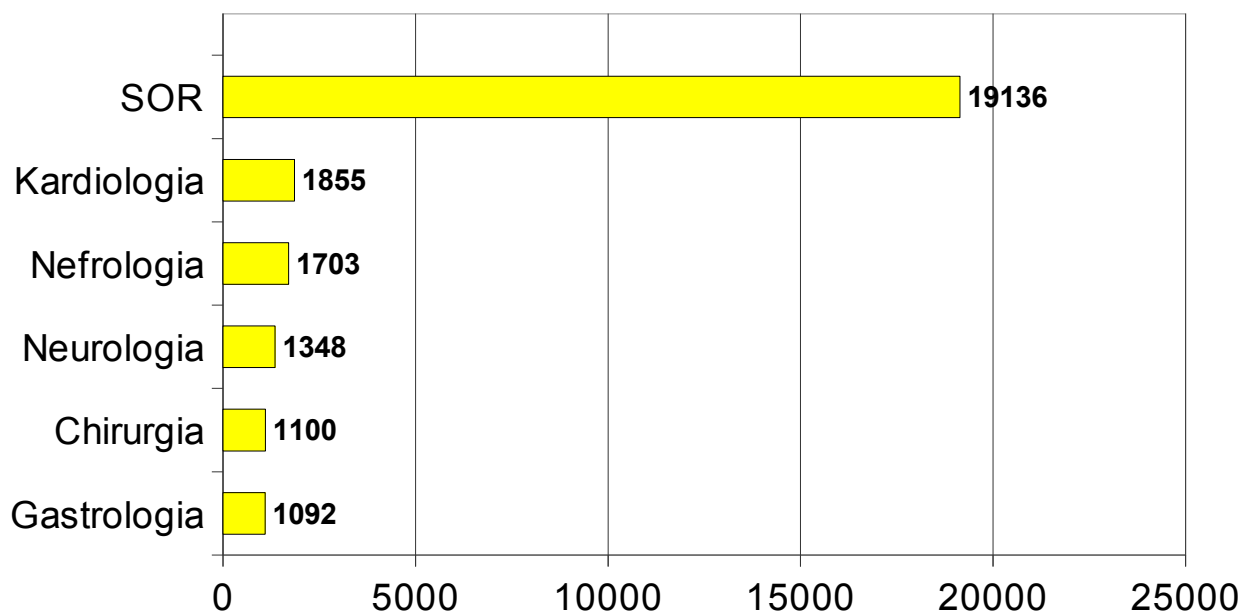
Tabela II. Hospitalizacje ogółem i w trybie nagłym w latach 2006-2008r.

Rok	Ilość hospitalizacji	Ilość hospitalizacji w trybie nagłym
2006	47012	30344
2007	50220	31242
2008	55192	33935

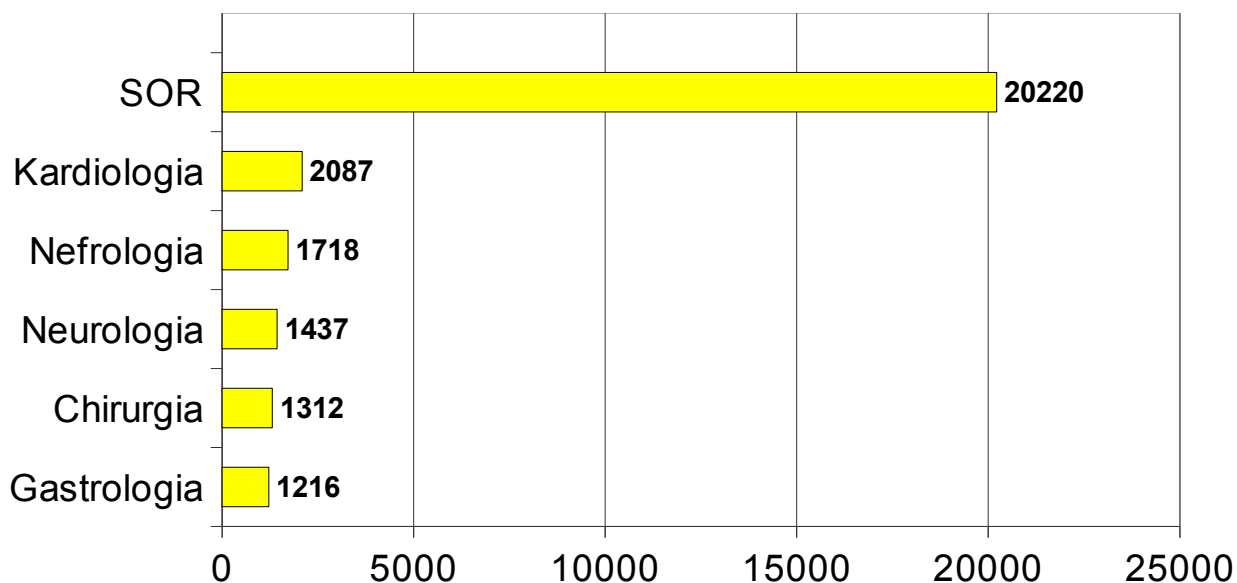
Ponad 80% nagłych hospitalizacji dotyczy oddziałów szpitalnych przedstawionych na poniższych rycinach (Ryc. 2-4).



Rycina 2. Przyjęcia na oddziały szpitalne w 2006r.



Rycina 3. Przyjęcia na oddziały szpitalne w 2007r.



Rycina 4. Przyjęcia na oddziały szpitalne w 2008r.

Ze względu na to, że w przeanalizowanym piśmiennictwie często szukano zależności pomiędzy elementami pogody a nagłymi przyjęciami do szpitala z powodów kardiologicznych, neurologicznych i pulmonologicznych poniżej w tabeli III zestawiono nagłe przyjęcia do tutejszego szpitala w latach 2006-2008 z wyżej wymienionych powodów (według kodów ICD).

Z uwagi na to, że przyjęcia z powodu urazów stanowią około 10% wszystkich przyjęć nagłych również zamieszczono je w tabeli III.

Tabela III. Nagłe przyjęcia z powodu wybranych jednostek chorobowych w latach 2006 – 2008.

Jednostka chorobowa	Ilość nagłych przyjęć		
	Rok 2006	Rok 2007	Rok 2008
Choroba niedokrwienna serca I20-I25	1919	1878	1984
Migotanie przedsionków I48	1359	1180	1355
Krwotok mózgowy i podpajęczny I60-I62	116	116	134
Udar mózgowy I63-I64	429	460	501
Zapalenie oskrzeli J40-J45	274	304	321
Urazy S00-T11	3512	3431	3331

Najwięcej spośród przeanalizowanych nagłych przyjęć stanowiły przyjęcia z powodu urazów, następnie choroby niedokrwiennej serca (grupy ICD I20-I25) i migotania przedsionków (I48). W około 60 % pacjenci ci byli hospitalizowani w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym, pozostałe 40 % trafiło na poszczególne oddziały szpitalne.

Powyższe dane wraz z elementami pogodowymi poddano analizie metodą najmniejszych kwadratów, z efektywnym wykorzystaniem 4434 obserwacji, w których zmienną zależną była liczba przyjęć, tworząc 11 modeli uwzględniających poszczególne elementy pogody, opisane w tabelach IV-XIV. W modelach tych przyjęto błąd standardowy HAC (autokorelacji heteroskedastycznej), szerokość okna 12 (jądro Bartletta).

Tabela IV. Model 1. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność i temperaturę powietrza

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
Stała	4,6	0,406526	11,3325	<0,00001
Pora dnia 2	1,53051	0,153449	9,9740	<0,00001
Pora dnia 3	37,5459	0,338897	110,7886	<0,00001
Pora dnia 4	15,6779	0,219996	71,2646	<0,00001
Pora dnia 5	2,51692	0,148494	16,9496	<0,00001
Dzień tyg 2	3,42221	0,290651	11,7743	<0,00001
Dzień tyg 3	1,7216	0,279234	6,1654	<0,00001
Dzień tyg 4	1,74346	0,287962	6,0545	<0,00001
Dzień tyg 5	1,23537	0,281902	4,3823	0,00001
Dzień tyg 6	1,66791	0,268115	6,2209	<0,00001
Dzień tyg 7	0,736092	0,264549	2,7824	0,00542
Wilgotność	-0,0157594	0,00424101	-3,7160	0,00020
Temp pow	0,0953145	0,01186	8,0366	<0,00001

Średnia arytm.zm.zależnej	17,89919	Odch.stand.zm.zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	108154,8	Błąd standardowy reszt	4,946098
Wsp. determ. R-kwadrat	0,900728	Skorygowany R-kwadrat	0,900459
F(12, 4421)	2018,040	Wartość p dla testu F	0,000000
Logarytm wiarygodności	-13373,25	Kryt. inform. Akaike'a	26772,50
Kryt. bayes. Schwarz	26855,67	Kryt. Hannana-Quinna	26801,83
Autokorel.reszt - rho1	0,058396	Stat. Durbina-Watsona	1,882416

1. Test White'a na heteroskedastyczność reszt (zmiennosc wariacji resztowej) -

Hipoteza zerowa: heteroskedastyczność reszt nie występuje

Statystyka testu: LM = 789,077

z wartością $p = P(\text{Chi-Square}(59) > 789,077) = 2,89518e-128$

2. Test CUSUM na stabilność parametrów modelu -

Hipoteza zerowa: brak zmian w parametrach

Statystyka testu: Harvey-Collier $t(4420) = 3,59257$

z wartością $p = P(t(4420) > 3,59257) = 0,000330998$

3. Test LM na autokorelację rzędu 1 -

Hipoteza zerowa: brak autokorelacji składnika losowego

Statystyka testu: LMF = 15,1427

z wartością $p = P(F(1,4420) > 15,1427) = 0,000101148$

4. Test Chowa na zmiany strukturalne przy podziale próby w obserwacji 2217 -

Hipoteza zerowa: brak zmian strukturalnych

Asymptotyczna statystyka testu: Chi-kwadrat(13) = 78,9132

z wartością $p = 1,76564e-011$

Tabela V. Model 2: Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność, temperaturę powietrza i współczynnik POG odpowiadający przyrostowi liczby przyjęć w kolejnych latach

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	-8,02034	1,84947	-4,3366	0,00001
Pora dnia 2	1,57409	0,152611	10,3144	<0,00001
Pora dnia 3	37,6474	0,33691	111,7432	<0,00001
Pora dnia 4	15,7551	0,220146	71,5665	<0,00001
Pora dnia 5	2,54482	0,148426	17,1453	<0,00001
Dzień tyg 2	3,39963	0,284229	11,9609	<0,00001
Dzień tyg 3	1,69403	0,271708	6,2347	<0,00001
Dzień tyg 4	1,74396	0,284352	6,1331	<0,00001
Dzień tyg 5	1,29948	0,278814	4,6607	<0,00001
Dzień tyg 6	1,71687	0,262244	6,5468	<0,00001
Dzień tyg 7	0,749698	0,259081	2,8937	0,00383
wilgotność	-0,0125907	0,00387893	-3,2459	0,00118
Temp pow	0,0936257	0,010997	8,5137	<0,00001
POG	0,391295	0,0572852	6,8306	<0,00001

Średn. arytm. zm. zależnej	17,89919	Odch. stand. zm. zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	106661,2	Błąd standardowy reszt	4,912380
Wsp. determ. R-kwadrat	0,902099	Skorygowany R-kwadrat	0,901811
F(13, 4420)	1854,085	Wartość p dla testu F	0,000000
Logarytm wiarygodności	-13342,42	Kryt. inform. Akaike'a	26712,84
Kryt. bayes. Schwarz	26802,40	Kryt. Hannana-Quinna	26744,42
Autokorel. reszt - rho1	0,045134	Stat. Durbina-Watsona	1,908769

1. Test White'a na heteroskedastyczność reszt (zmienność wariancji resztowej) -

Hipoteza zerowa: heteroskedastyczność reszt nie występuje

Statystyka testu: LM = 795,914

z wartością $p = P(\text{Chi-Square}(73) > 795,914) = 5,16635e-122$

2. Test LM na autokorelację rzędu 1 -

Hipoteza zerowa: brak autokorelacji składnika losowego

Statystyka testu: LMF = 9,03164

z wartością $p = P(F(1,4419) > 9,03164) = 0,00266836$

Tabela VI. Model 3. Model kwadratowy względem temperatury powietrza

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	13,5409	0,280594	48,2581	<0,00001
Temp pow	0,148984	0,0552378	2,6971	0,00702
Kw temp pow	0,0191981	0,00260103	7,3809	<0,00001

Średn.aryt.zm.zależnej	17,89919	Odch.stand.zm.zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	984277,1	Błąd standardowy reszt	14,90417
Wsp. determ. R-kwadrat	0,096562	Skorygowany R-kwadrat	0,096155
F(2, 4431)	228,4130	Wartość p dla testu F	3,88e-95
Logarytm wiarygodności	-18269,15	Kryt. inform. Akaike'a	36544,30
Kryt. bayes. Schwarza	36563,49	Kryt. Hannana-Quinna	36551,07
Autokorel.reszt - rho1	0,068639	Stat. Durbina-Watsona	1,862644

Minimum funkcji:

$$t_{\min} = -\frac{0,148984}{2 * 0,0191981} = -3,88$$

Tabela VII. Model 4. Model kwadratowy względem zmian temperatury powietrza

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	13,3926	0,283216	47,2874	<0,00001
Temp pow	0,138849	0,0545419	2,5457	0,01094
Kw temp pow	0,0183791	0,00271309	6,7742	<0,00001
Zm temp pow	0,182397	0,0746752	2,4425	0,01462

Średn. arytm. zm. zależnej	17,89919	Odch. stand. zm. zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	982810,2	Błąd standardowy reszt	14,89474
Wsp. determ. R-kwadrat	0,097909	Skorygowany R-kwadrat	0,097298
F(3, 4430)	157,6163	Wartość p dla testu F	4,56e-97
Logarytm wiarygodności	-18265,84	Kryt. inform. Akaike'a	36539,69
Kryt. bayes. Schwarza	36565,27	Kryt. Hannana-Quinna	36548,71
Autokorel. reszt-rho1	0,06	Stat. Durbina-Watsona	1,88

$$t_{\min} = -\frac{0,138849}{2 * 0,0183791} = -3,78$$

Tabela VIII. Model 5. Model kwadratowy względem wilgotności względnej i temperatury powietrza

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	30,5126	1,24696	24,4697	<0,00001
wilgotność	-0,246771	0,0152536	-16,1779	<0,00001
Temp pow	0,251015	0,0393032	6,3866	<0,00001

Średn. aryt. zm. zależnej	17,89919	Odch. stand. zm. zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	871229,1	Błąd standardowy reszt	14,02217
Wsp. determ. R-kwadrat	0,200326	Skorygowany R-kwadrat	0,199965
F(2, 4431)	450,5788	Wartość p dla testu F	7,4e-179
Logarytm wiarygodności	-17998,67	Kryt. inform. Akaike'a	36003,34
Kryt. bayes. Schwarza	36022,53	Kryt. Hannana-Quinna	36010,11
Autokorel. reszt - rho1	0,094315	Stat. Durbina-Watsona	1,811165

Test White'a na heteroskedastyczność reszt (zmiennosc wariacji resztowej) -

Hipoteza zerowa: heteroskedastyczność reszt nie występuje

Statystyka testu: LM = 145,233

z wartością $p = P(\text{Chi-Square}(5) > 145,233) = 1,37987e-029$

Tabela IX. Model 6. Model kwadratowy względem wilgotności względnej i temperatury odczuwanej.

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	31,5649	1,24548	25,3436	<0,00001
wilgotność	-0,254223	0,0156761	-16,2172	<0,00001
Temp odcz	0,201567	0,0379803	5,3072	<0,00001

Średn.aryt.zm.zależnej	17,89919	Odch.stand.zm.zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	876518,7	Błąd standardowy reszt	14,06468
Wsp. determ. R-kwadrat	0,195471	Skorygowany R-kwadrat	0,195107
F(2, 4431)	435,7615	Wartość p dla testu F	1,7e-173
Logarytm wiarygodności	-18012,09	Kryt. inform. Akaike'a	36030,18
Kryt. bayes. Schwarz	36049,37	Kryt. Hannana-Quinna	36036,95
Autokorel.reszt - rho1	0,092133	Stat. Durbina-Watsona	1,815500

Tabela X. Model 7. Model kwadratowy względem temperatury powietrza, wilgotności względnej i prędkości wiatru

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	27,7994	1,26181	22,0315	<0,00001
wilgotność	-0,231882	0,0148599	-15,6045	<0,00001
Temp pow	0,275954	0,0379765	7,2664	<0,00001
Pręđ wiatru	1,36936	0,169287	8,0890	<0,00001

Średn. aryt. zm. zależnej	17,89919	Odch. stand. zm. zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	856247,9	Błąd standardowy reszt	13,90266
Wsp. determ. R-kwadrat	0,214076	Skorygowany R-kwadrat	0,213544
F(3, 4430)	313,4564	Wartość p dla testu F	1,5e-184
Logarytm wiarygodności	-17960,22	Kryt. inform. Akaike'a	35928,43
Kryt. bayes. Schwarza	35954,02	Kryt. Hannana-Quinna	35937,46
Autokorel. reszt-rho-1	0,1	Stat. Durbina-Watsona	1,79

Tabela XI . Model 8. Model kwadratowy względem wilgotności względnej, temperatury powietrza i średniej prędkości wiatru

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	29,3926	1,28392	22,8928	<0,00001
wilgotność	-0,240346	0,0152644	-15,7455	<0,00001
Temp pow	0,250916	0,0383797	6,5377	<0,00001
Zm pręđ średnia	1,66458	0,367219	4,5329	<0,00001

Średn.aryt.zm.zależnej	17,89919	Odch.stand.zm.zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	866608,4	Błąd standardowy reszt	13,98652
Wsp. determ. R-kwadrat	0,204567	Skorygowany R-kwadrat	0,204028
F(3, 4430)	330,4553	Wartość p dla testu F	1,2e-193
Logarytm wiarygodności	-17986,88	Kryt. inform. Akaike'a	35981,76
Kryt. bayes. Schwarz	36007,35	Kryt. Hannana-Quinna	35990,78
Autokorel.reszt - rho1	0,090640	Stat. Durbina-Watsona	1,82

Tabela XII. Model 9. Model kwadratowy względem wilgotności, zmian temperatury powietrza, prędkości wiatru i ciśnienia atmosferycznego

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	27,9577	1,30384	21,4427	<0,00001
wilgotność	-0,234304	0,0152891	-15,3249	<0,00001
Temp pow	0,278015	0,0390508	7,1193	<0,00001
Zm pręđ średnia	1,38638	0,377166	3,6758	0,00024
Zm ciśnienie	2,5536	0,492511	5,1849	<0,00001

Średn.aryt.zm.zależnej	17,89919	Odch.stand.zm.zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	846993,2	Błąd standardowy reszt	13,82888
Wsp. determ. R-kwadrat	0,222571	Skorygowany R-kwadrat	0,221869
F(4, 4429)	254,0983	Wartość p dla testu F	8,4e-197
Logarytm wiarygodności	-17936,12	Kryt. inform. Akaike'a	35882,25
Kryt. bayes. Schwarz	35914,23	Kryt. Hannana-Quinna	35893,53
Autokorel.reszt - rho1	0,102773	Stat. Durbina-Watsona	1,794287

WPROWADZENIE INNYCH ZMIENNYCH POGODOWYCH

Tabela XIII. Model 10. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność, zmiennosc temperatury powietrza i współczynnik POG odpowiadający przyrostowi liczby przyjęć w kolejnych latach

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	-8,01196	2,1968	-3,6471	0,00027
Pora dnia 2	1,44447	0,162252	8,9026	<0,00001
Pora dnia 3	37,8861	0,333303	113,6688	<0,00001
Pora dnia 4	15,7515	0,226856	69,4336	<0,00001
Pora dnia 5	2,63556	0,148454	17,7534	<0,00001
Dzień tyg 2	3,40766	0,295736	11,5226	<0,00001
Dzień tyg 3	1,73505	0,288222	6,0198	<0,00001
Dzień tyg 4	1,82279	0,298846	6,0994	<0,00001
Dzień tyg 5	1,34478	0,290783	4,6247	<0,00001
Dzień tyg 6	1,77238	0,273673	6,4763	<0,00001
Dzień tyg 7	0,764813	0,268725	2,8461	0,00445
POG	0,418477	0,0648083	6,4571	<0,00001
wilgotność	-0,0181529	0,00516017	-3,5179	0,00044
Zm temp pow	0,0991155	0,0284863	3,4794	0,00051

Średn. aryt. zm. zależnej	17,89919	Odch. stand. zm. zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	109118,0	Błąd standardowy reszt	4,968634
Wsp. determ. R-kwadrat	0,899844	Skorygowany R-kwadrat	0,899549
F(13, 4420)	1715,191	Wartość p dla testu F	0,000000
Logarytm wiarygodności	-13392,91	Kryt. inform. Akaike'a	26813,81
Kryt. bayes. Schwarz	26903,37	Kryt. Hannana-Quinna	26845,39
Autokorel. reszt - rho1	0,067043	Stat. Durbina-Watsona	1,864966

Tabela XIV. Model 11. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność, temperaturę odczuwalną powietrza i współczynnik POG odpowiadający przyrostowi liczby przyjęć w kolejnych latach

	<i>Współczynnik</i>	<i>Błąd stand.</i>	<i>t-Studenta</i>	<i>wartość p</i>
const	-7,62256	1,87112	-4,0738	0,00005
Pora dnia 2	1,59838	0,152677	10,4690	<0,00001
Pora dnia 3	37,709	0,33494	112,5846	<0,00001
Pora dnia 4	15,7718	0,21952	71,8465	<0,00001
Pora dnia 5	2,54306	0,148288	17,1495	<0,00001
Dzień tyg 2	3,38779	0,284276	11,9173	<0,00001
Dzień tyg 3	1,68697	0,271452	6,2146	<0,00001
Dzień tyg 4	1,73619	0,284299	6,1069	<0,00001
Dzień tyg 5	1,30509	0,278344	4,6887	<0,00001
Dzień tyg 6	1,72765	0,261075	6,6174	<0,00001
Dzień tyg 7	0,771986	0,259414	2,9759	0,00294
POG	0,384057	0,0578435	6,6396	<0,00001
wilgotnosc	-0,0135498	0,00389943	-3,4748	0,00052
temp odcz	0,0869529	0,0101116	8,5994	<0,00001

Średn.aryt.zm.zależnej	17,89919	Odch.stand.zm.zależnej	15,67692
Suma kwadratów reszt	106662,3	Błąd standardowy reszt	4,912407
Wsp. determ. R-kwadrat	0,902098	Skorygowany R-kwadrat	0,901810
F(13, 4420)	1860,868	Wartość p dla testu F	0,000000
Logarytm wiarygodności	-13342,44	Kryt. inform. Akaike'a	26712,89
Kryt. bayes. Schwarz	26802,45	Kryt. Hannana-Quinna	26744,47
Autokorel.reszt rho-1	0,05	Stat.Durbina-Watsona	1,91

Wprowadzenie w miejsce temperatury powietrza zmiany temperatury powietrza lub temperatury odczuwalnej nieznacznie, a w przypadku drugiej ze zmiennych niemal niezauważalnie ale jednak obniża stopień wyjaśniania zmienności przez model.

Jeżeli wprowadzimy do modelu inne zmienne pogodowe to oszacowane przy nich parametry nie spełniają założeń dotyczących koincydencji bądź istotności.

W oparciu o te dane ostatecznie zaproponowano liniowy model, w którym oprócz zmiennych opisujących pogodę wprowadzono zerojedynkowe zmienne sezonowe, właściwe dla dni tygodnia i pory dnia (równanie 3):

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Z_{1t} + \alpha_2 Z_{2t} + \dots + \alpha_k Z_{kt} + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_m X_{mt} + \varepsilon_t \quad (3)$$

gdzie:

Y_t – liczba pacjentów przyjęta w momencie t

$Z_{1t-1}, Z_{2t-1}, \dots, Z_{kt-1}$ – zmienne opisujące poszczególne czynniki pogodowe

$X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{mt}$ – zmienne zerojedynkowe opisujące poszczególne sezony (pory dnia, dni tygodnia)

ε_t – składnik losowy

Do oszacowania parametrów tak wyspecyfikowanego modelu zastosowano metodę najmniejszych kwadratów, przy czym oszacowany wektor parametrów oblicza się na podstawie formuły (4):

$$a = (V^T V)^{-1} V^T y \quad (4)$$

gdzie:

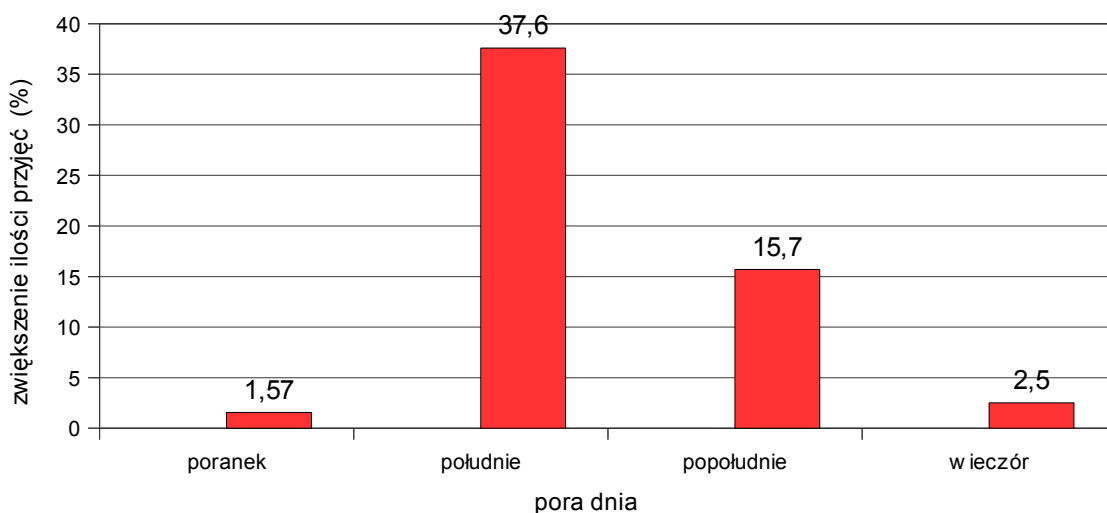
$V = [X|X]$ – macierz zmiennych objaśniających

Do wyboru najlepszego zestawu zmiennych objaśniających zastosowano metodę regresji krokowej, przy czym za optymalny uznano model o największej skorygowanej wartości współczynnika determinacji ze wszystkimi parametrami istotnymi statystycznie na poziomie istotności $< 0,05$.

Najlepszy ze względu na ustalone kryteria okazał się model z dwiema zmiennymi pogodowymi (wilgotność względna, średnia temperatura powietrza), zmienną opisującą zmiany przyjęć w czasie (POG) oraz zerojedynkowymi zmiennymi sezonowymi opisującymi pory dnia oraz dni tygodnia (**model 2 - tabela V**).

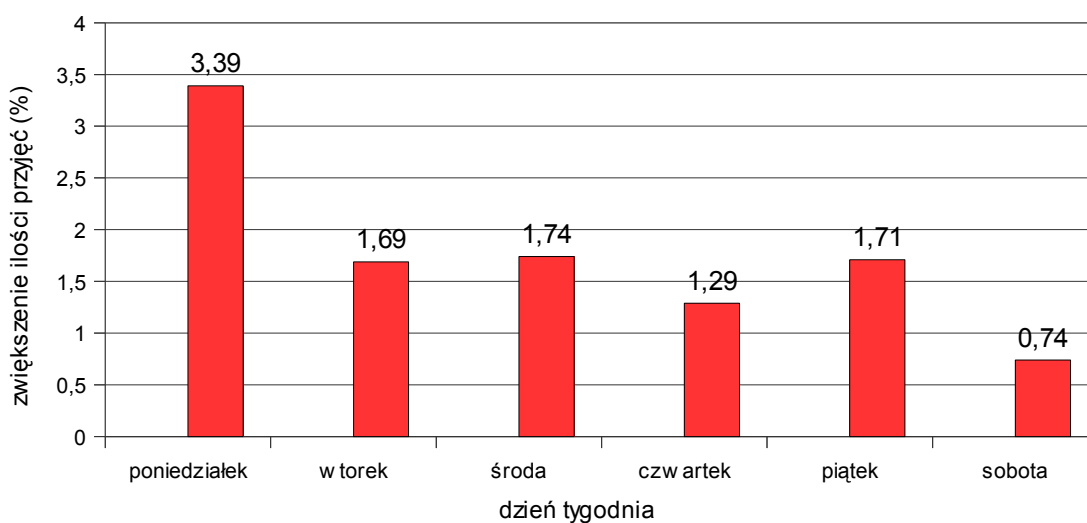
W tym modelu za bazową przyjęto noc w niedzielę. Oszacowane parametry zarówno przy zmiennych pogodowych jak i zmiennych sezonowych okazały się istotne statystycznie. Oznacza to,

że w stosunku do nocy w pozostałych porach dnia liczba przyjęć o poranku jest większa o 1,57 %, w południe o 37,6 %, po południu o 15,7 %, wieczorem o 2,5 % (Rycina 5).



Rycina 5. Procentowe zwiększenie ilości przyjęć pacjentów w różnych porach dnia w stosunku do przyjęć w nocy.

Podobna sytuacja występuje z dniami tygodnia, kiedy to w pozostałych dniach tygodnia przyjmowanych jest istotnie więcej pacjentów niż w niedzielę - w poniedziałek o 3,39%, we wtorek o 1,69 %, w środę o 1,74 %, w czwartek o 1,29 %, w piątek o 1,71 % i w sobotę o 0,74% (Rycina 6).



Rycina 6. Procentowe zwiększenie ilości przyjęć pacjentów w różnych dniach tygodnia w stosunku do ilości przyjęć w niedzielę

W badanym okresie z roku na rok wzrastała liczba przyjmowanych pacjentów, na co wskazuje oszacowana dodatnia wartość parametru przy zmiennej POG .

Istotnie statystycznie, co najmniej na poziomie 0,002 są parametry przy zmiennych pogodowych: wilgotność i temperatura powietrza (tabela V). Wzrost wilgotności o 10 % powoduje spadek liczby przyjętych pacjentów o 1,26, natomiast wzrost temperatury o 10 °C powoduje wzrost pacjentów o 1 osobę (0,93).

Oszacowany model charakteryzuje się dobrymi właściwościami statystycznymi. Opisuje zmienność przyjęć nagłych do szpitala w latach 2006-2008 w 90,2% (R= 0,902) (tabela V).

Pozostałe zmienne pogodowe nie weszły do modelu optymalnego, gdyż są one relatywnie silnie skorelowane albo z wilgotnością albo z temperaturą powietrza. Innymi słowy w modelu podstawowym obie zmienne pogodowe nie tylko opisują wpływ temperatury i wilgotności ale reprezentują również pozostałe zmienne pogodowe.

W poniższej tabeli przedstawiono korelację między liczbą przyjęć a pozostałymi zmiennymi pogodowymi (tabela XV).

Tabela XV. Korelacja zmiennych pogodowych z liczbą przyjęć

Zmienna pogodowa	Wartość odchylenia standardowego
Opad całodobowy	-0.0019
Ciśnienie atmosferyczne	-0,01
wilgotność	-0,43
Zmiana prędkości wiatru	0,13
Zmiana ciśnienia	0,14
Zmiana temperatury powietrza	0,15
Prędkość wiatru	0,16
Temperatura odczuwana	0,25
Temperatura powietrza	0,28

Na podstawie przeprowadzonych analiz wykonano badanie prospektywne i użyto modelu do określenia przyjęć nagłych w miesiącu marcu 2010r. Wpisano średnie wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej w poszczególnych porach dnia i dniach tygodnia, następnie wyliczono w/g wzoru szacowaną ilość nagłych przyjęć.

W tabelach XVI- XXV przedstawiono zmienność istotnych dla modelu czynników pogodowych w marcu 2010, a na rycinach 7-12 obliczoną na podstawie modelu i faktyczną liczbę przyjęć pacjentów ze wskazań nagłych.

Tabela XVI. Warunki wilgotnościowe w dniach 01.03-07.03.

Dzień tygodnia	Wilgotność względna powietrza (%) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	88	88	93	92	87
wtorek	81	87	94	93	94
środa	82	81	93	94	93
czwartek	74	70	84	82	80
piątek	56	66	73	79	88
sobota	81	86	95	97	91
niedziela	84	74	90	90	87

Tabela XVII. Warunki termiczne w dniach 01.03-07.03.

Dzień tygodnia	Średnia temperatura powietrza (°C) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	3	4	2	2	0
wtorek	1	2	-1	-1	-1
środa	1	1	-2	-2	-2
czwartek	0	1	-2	-3	-2
piątek	0	0	-2	-3	-3
sobota	-1	-1	-3	-4	-4
niedziela	-4	-3	-6	-6	-6

Tabela XVIII. Warunki wilgotnościowe w dniach 08.03-14.03.

Dzień tygodnia	Wilgotność względna powietrza (%) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	70	67	86	92	89
wtorek	62	58	80	80	77
środa	62	68	82	79	73
czwartek	61	86	91	90	81
piątek	90	89	95	97	95
sobota	95	93	93	98	97
niedziela	97	97	97	98	92

Tabela XIX. Warunki termiczne w dniach 08.03-14.03.

Dzień tygodnia	Średnia temperatura powietrza (°C) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	-3	-3	-5	-7	-7
wtorek	-3	-1	-6	-7	-6
środa	0	0	-4	-5	-5
czwartek	-2	-2	-3	-5	-7
piątek	-6	-1	-3	-4	-2
sobota	0	1	1	-2	0
niedziela	1	1	0	0	-2

Tabela XX. Warunki wilgotnościowe w dniach 15.03-21.03.

Dzień tygodnia	Wilgotność względna powietrza (%) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	83	84	97	95	92
wtorek	88	91	98	98	96
środa	92	96	98	98	99
czwartek	97	99	99	99	96
piątek	90	95	97	97	93
sobota	83	86	89	92	92
niedziela	80	84	93	94	85

Tabela XXI. Warunki termiczne w dniach 15.03-21.03.

Dzień tygodnia	Średnia temperatura powietrza (°C) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	-1	0	-3	-3	-2
wtorek	-1	-1	-5	-5	-6
środa	-1	1	1	1	1
czwartek	2	5	3	2	1
piątek	6	8	5	4	4
sobota	9	10	8	7	7
niedziela	11	14	10	10	6

Tabela XXII. Warunki wilgotnościowe w dniach 22.03-28.03.

Dzień tygodnia	Wilgotność względna powietrza (%) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	82	83	97	97	90
wtorek	66	64	90	95	91
środa	63	58	91	96	90
czwartek	68	64	89	95	83
piątek	65	77	93	91	85
sobota	74	69	80	86	91
niedziela	90	69	87	94	98

Tabela XXIII. Warunki termiczne w dniach 22.03.-28.03.

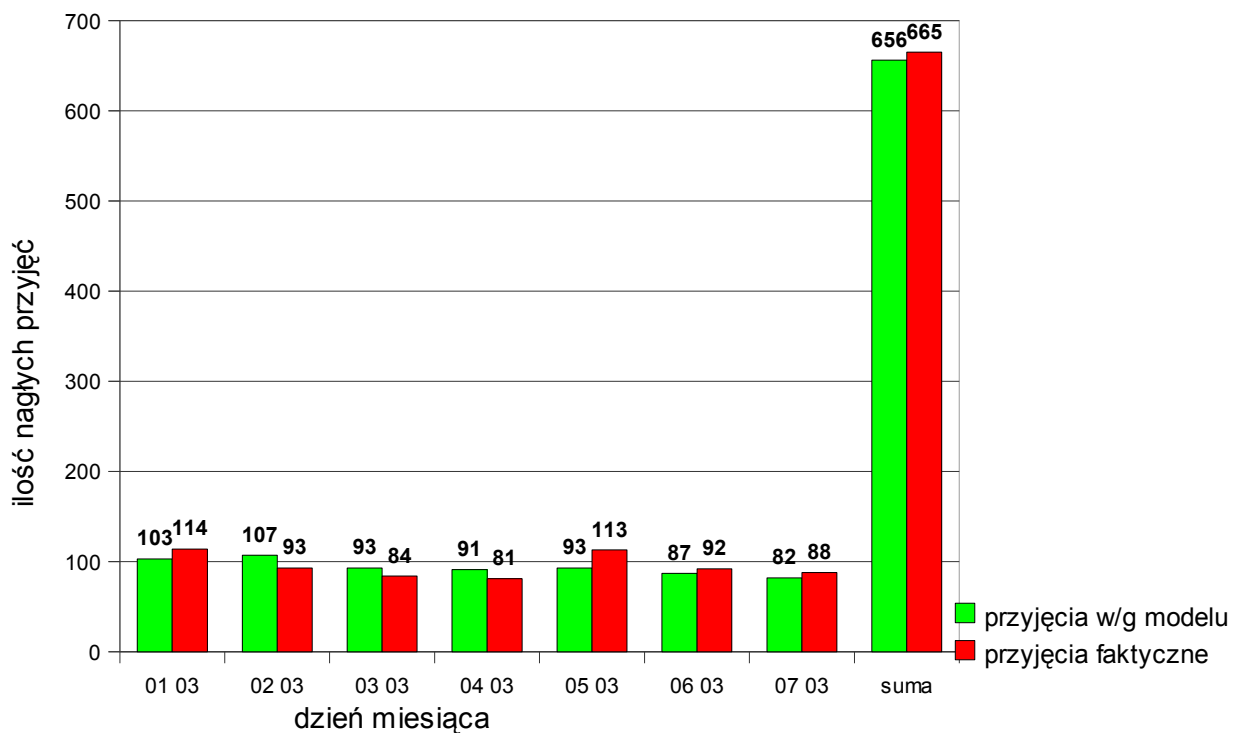
Dzień tygodnia	Średnia temperatura powietrza (°C) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	6	6	2	0	2
wtorek	8	12	7	6	5
środa	9	11	3	2	3
czwartek	9	12	6	5	5
piątek	12	15	11	11	10
sobota	13	12	7	5	4
niedziela	5	11	7	5	3

Tabela XXIV. Warunki wilgotnościowe w dniach 29.03-31.03.

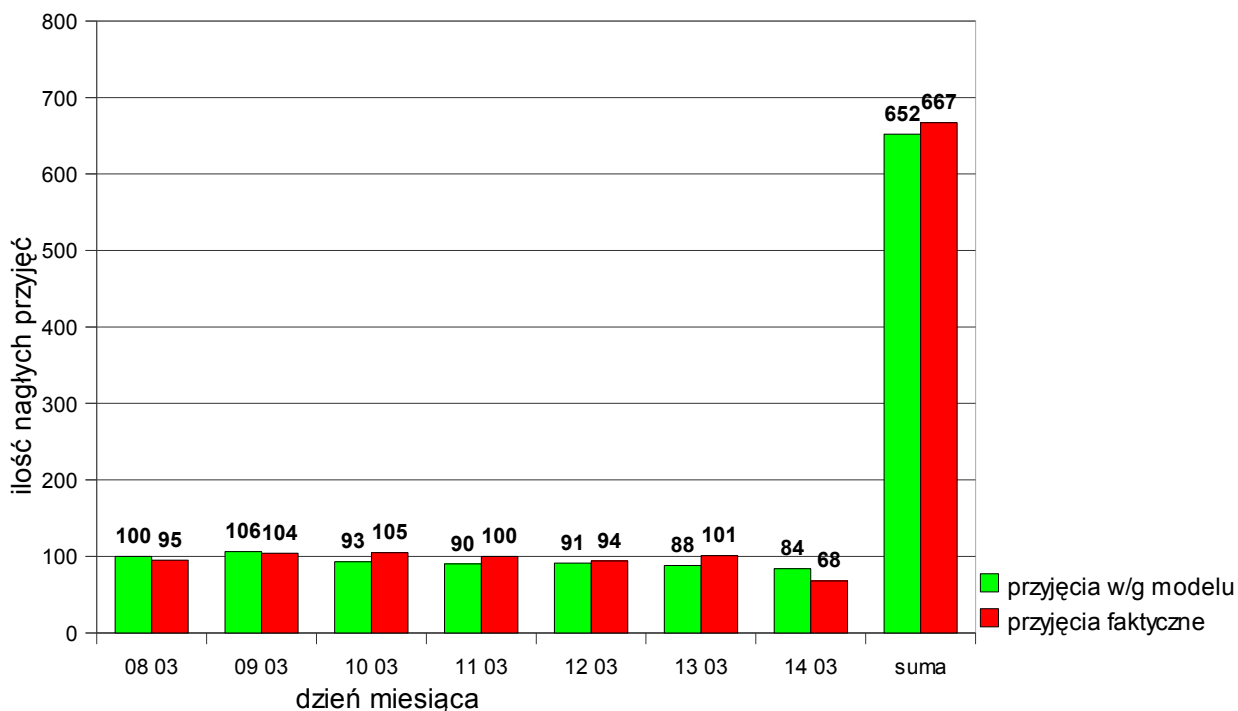
Dzień tygodnia	Wilgotność względna powietrza (%) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	87	56	75	83	80
wtorek	49	66	70	85	87
środa	82	88	95	95	96

Tabela XXV. Warunki termiczne w dniach 29.03.-31.03.

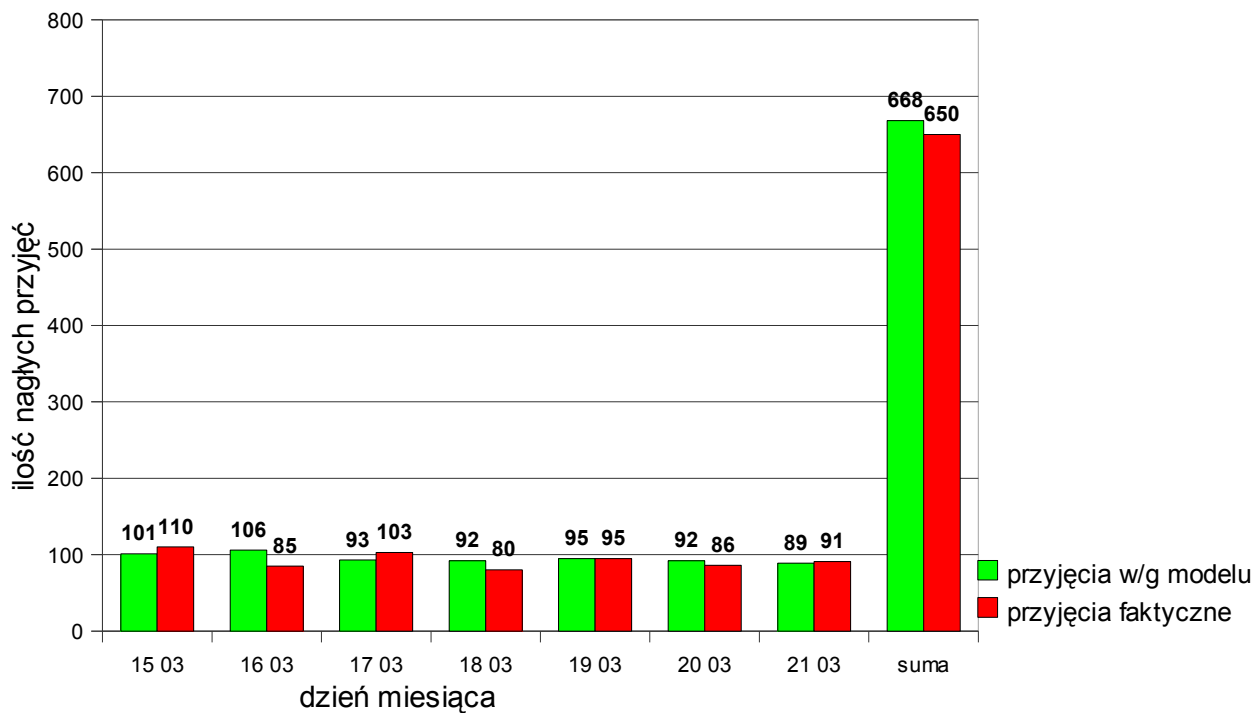
Dzień tygodnia	Średnia temperatura powietrza (°C) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	5	13	7	7	8
wtorek	16	13	12	9	9
środa	9	11	9	8	7



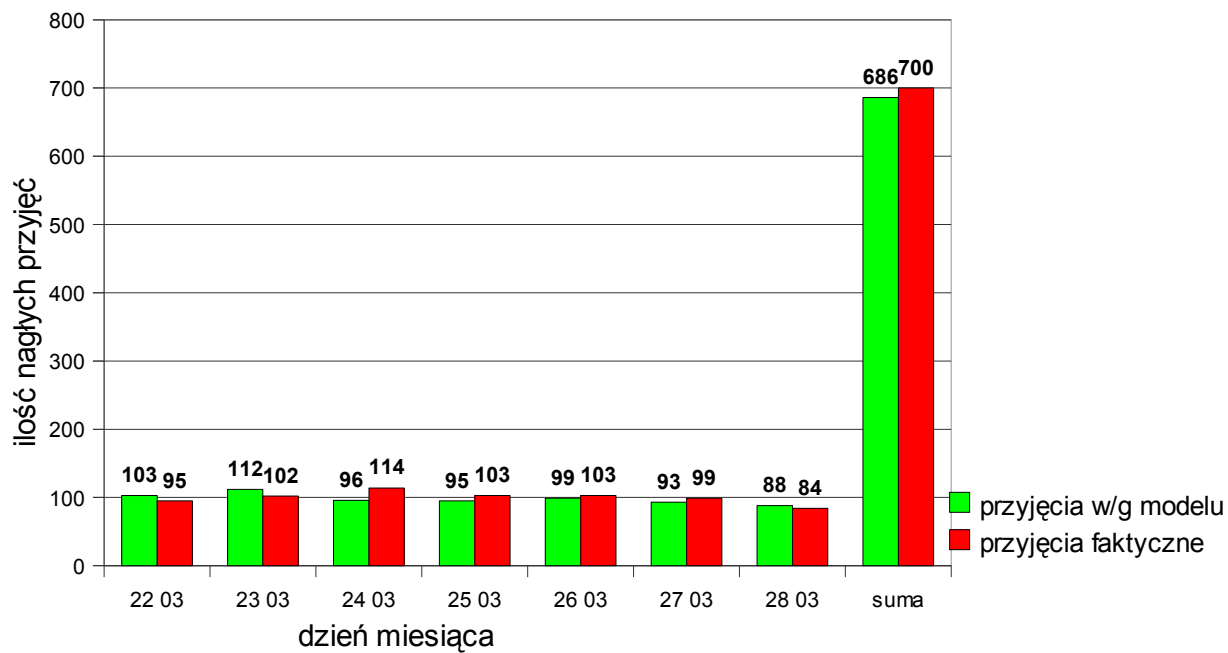
Rycina 7. Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 01.03-07.03



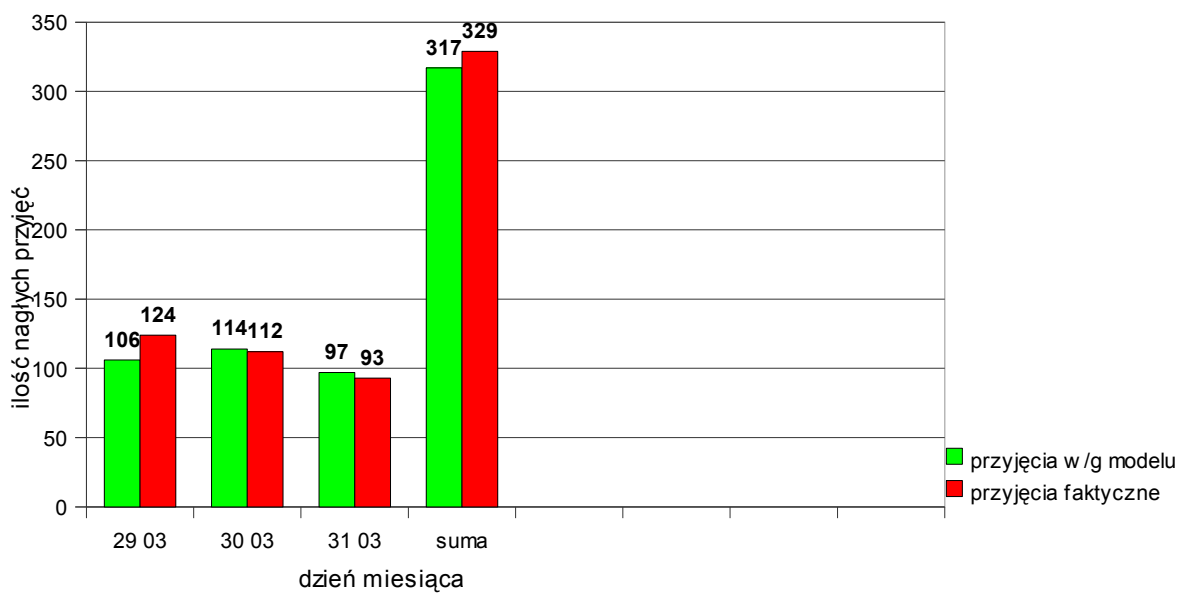
Rycina 8. Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 08.03-14.03.



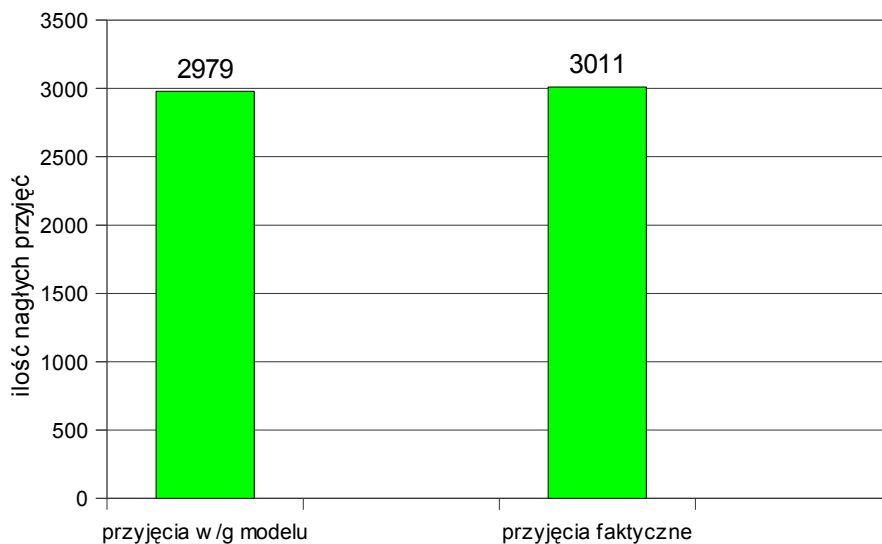
Rycina 9. Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 15.03-21.03.



Rycina 10. Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 22.03-28.03.



Rycina 11. Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 29.03-31.03.



Rycina 12. Przyjęcia nagłe w/g modelu i faktyczne w marcu 2010r.

Różnica między ilością przyjęć faktycznych a wyliczonych ze wzoru, w czasie poszczególnych dni wahała się od -21 do +18 osób, średnio 9,3 osoby, a w skali miesiąca wynosiła 32 osoby, co

stanowi 1 % różnicy (Rycina 12).

Przeprowadzono też symulacje dotyczące ekstremalnych warunków pogodowych. Wzięto pod uwagę wysokie wartości wilgotności powietrza i wysokie oraz niskie temperatury (Tabele XXVI-XXIX). Dzięki oszacowanemu wzorowi można wyliczyć spodziewaną ilość pacjentów przyjętych do szpitala w stanie nagłym przy zaistnieniu takich warunków pogodowych (Tabela XXVIII).

Przy niskiej temperaturze powietrza (-20°C) i przy zmieniającej się wilgotności powietrza od 55 do 87% ilość przyjętych pacjentów zmniejsza się (faktycznie w miesiącu marcu było przyjętych w danym dniu 98, wg wzoru oszacowano 93), natomiast przy wysokiej temperaturze powietrza (30°C) i wilgotności powietrza od 82 do 96% ilość przyjętych pacjentów zwiększa się (107 w porównaniu do faktycznego 97). Natomiast przy stałej wilgotności powietrza 90% i temperaturze 20°C również ilość pacjentów zwiększa się aczkolwiek w niewielkim stopniu (114 faktycznie, wg wzoru 117). Wartości liczbowe porównywano do ilości przyjętych pacjentów w miesiącu marcu (Tabela XXIX).

Tabela XXVI. Ekstremalne warunki wilgotnościowe

Dzień tygodnia	Wilgotność względna powietrza (%) w wybranych porach dnia				
	Poranek	Południe	Popołudnie	Wieczór	Noc
poniedziałek	87	55	75	83	80
wtorek	90	90	90	90	90
środa	82	88	95	95	96

Tabela XXVII. Ekstremalne warunki termiczne

Dzień tygodnia	Temperatura powietrza (°C) w wybranych porach dnia				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	-20	-20	-20	-20	-20
wtorek	20	20	20	20	20
środa	30	30	30	30	30

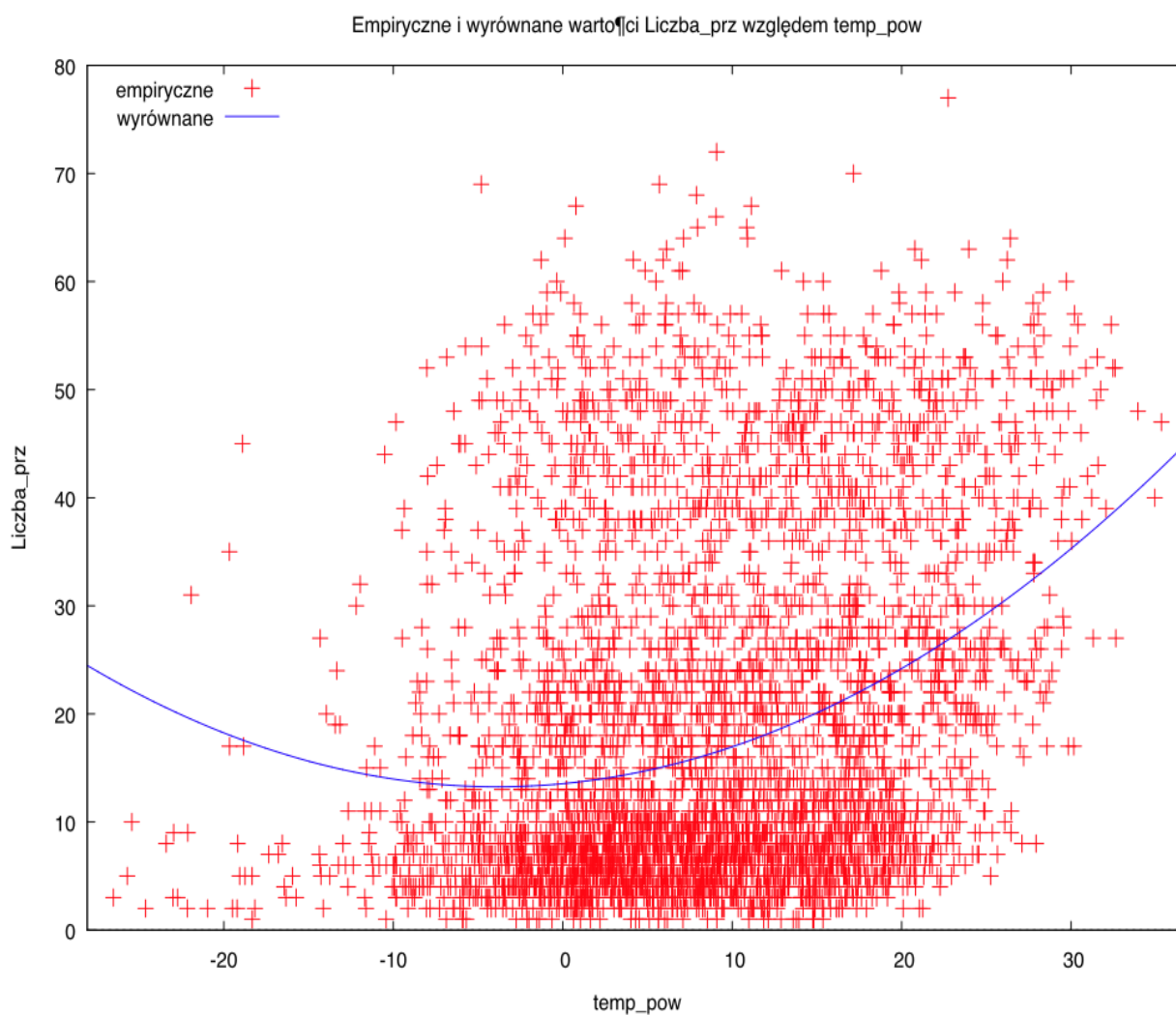
Tabela XXVIII. Liczba pacjentów przyjętych w trybie nagłym wyliczona wg modelu

Dzień tygodnia	Liczba przyjętych pacjentów				
	poranek	południe	popołudnie	wieczór	noc
poniedziałek	8,5	45	22,9	9,5	7
wtorek	10,5	46,6	39,2	11,5	9
środa	11,6	47,6	25,6	12,4	9,9

Tabela XXIX. Zestawienie ilości przyjętych pacjentów wg modelu i faktycznie przyjętych w miesiącu marcu w danych warunkach wilgotności powietrza i temperatury

Wilgotność względna [%]	Temperatura [° C]	Wyliczona ilość przyjętych pacjentów	Ilość przyjętych pacjentów
55-87	-20	93	98
82-96	+30	107	97
90	+20	117	114

Dokonano też analizy zależności pomiędzy temperaturą powietrza a największą ilością przyjęć do szpitala. Najmniej pacjentów jest przyjmowanych przy temperaturze powietrza ok. -4°C



Rycina 13. Empiryczne i wyrównane wartości liczby przyjęć względem temperatury powietrza.

5. DYSKUSJA WYNIKÓW

Analiza retrospektywna, obejmująca lata 2006-2008r., okazała się wystarczającą bazą danych dla stworzenia modelu przyjęć ze wskazań nagłych do szpitala średniej wielkości. Precyzja tego modelu została potwierdzona w krótkotrwałym badaniu prospektywnym (1-31 marzec 2010r.). Zgodnie z modelem czynniki pogodowe odpowiadają za około 20% zmian w liczbie zgłaszających się chorych. Model pozwala także na oszacowanie zmian w sytuacjach rzadziej i ekstremalnie rzadko występujących. Opracowanie dotyczy szpitala jako całości, co w pewnym sensie odpowiada wydarzeniom medycznym w całej około 200 tysięcznej populacji. W odróżnieniu do wielu innych doniesień nie udało się wyodrębnić wpływu zmienności pogodowej na poszczególne grupy chorych, różniące się rozpoznaniem, płcią i wiekiem. Jedną z przyczyn mogą być konsekwencje wprowadzenia systemu rozliczeń opartego o tzw. jednorodne grupy pacjentów, co nie pozostaje bez wpływu na sprawozdawczość. Być może, po ustabilizowaniu się nowego systemu, takie zróżnicowanie okaże się możliwe w badaniach prospektywnych.

5.1 Wpływ temperatury powietrza na nagłe przyjęcia do szpitala

Przyjęcia w trybie nagłym, które analizowano w powyższej pracy stanowiły ponad 60 % wszystkich przyjęć do szpitala. Większość przyjęć stanowiły przyjęcia do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego.

Analiza statystyczna ilości przyjęć nagłych wykazała proporcjonalną zależność ze wzrostem średniej temperatury powietrza. W niniejszej pracy nie analizowano nagłych przyjęć w szczególnych warunkach klimatycznych jakimi są fale upałów, ponieważ nie wystąpiły one w czasie prowadzonej obserwacji. Tymczasem podczas fali upałów w Barcelonie w 2003r. w czasie od 15.07.-31.08.2003r. przyjęto 5 tys. pacjentów, rok wcześniej 4,5 tys. Wzrosła ilość pacjentów przyjętych z powodu gorączki z 12 do 17 %, z powodu dekompensacji układu krążenia czy oddechowego z 11% do 14%. Zwiększyło się ryzyko zgonu u osób powyżej 70 roku życia, zanotowano więcej przypadków podwyższonej kreatyniny w surowicy krwi [81].

Takie analizy przeprowadzono też w Wielkiej Brytanii w latach 1994-2000r. w czasie fali upałów wzrosła liczba przyjęć z powodu chorób układu oddechowego i z powodu chorób nerek dzieci poniżej 5 roku życia., a z powodu chorób układu oddechowego osób powyżej 75 roku życia.

W czasie fali upałów między 29 lipca a 3 sierpnia 1995r. wzrost liczby hospitalizacji nie był istotny, natomiast wzrosła dzienna śmiertelność o 10,8%. Pozwala to postawić hipotezę, że w czasie fali upałów do zgonów dochodzi w domu, chorzy nie trafiają do szpitala. Jest to sygnałem do lepszej organizacji opieki nad pacjentami szczególnie podczas ekstremalnych warunków pogodowych [82].

W czasie fali upałów we Francji w sierpniu 2003r doszło do 14,8 tys. zgonów. Maksymalną ilość zgonów zanotowano w okolicach Paryża. Do zgonów dochodziło głównie w domach i domach opieki [83].

Również w Australii podczas fali upałów 85% przyjętych pacjentów było w wieku powyżej 60 roku życia, 20% było z domów opieki, a 48% samotnych. Efekt wysokiej temperatury utrzymywał się jeszcze przez 4 dni po przyjęciu do szpitala. Śmiertelność z powodu fali upałów wynosiła 12%. Bardziej wyrażone objawy występowały u osób z osłabionymi zdolnościami poznawczymi i przyjmujących diuretyki [84].

Podjęto również badania nad wpływem fali ciepła na wzrost przypadków chorób psychicznych. Badania takie przeprowadzono w Barcelonie w czasie gorącego lata w 2003r. Stwierdzono, że podczas fali upałów nie było więcej przyjęć z przyczyn psychiatrycznych. Jednak stwierdzono więcej agresywnych zachowań i większe nadużywanie alkoholu i narkotyków. Natomiast rzadziej były wypisywane leki uspokajające i benzodiazepiny [85].

Podobnie jak w niniejszej pracy również w Hiszpanii badano nagłe przyjęcia do szpitala w Madrycie w latach 1995-2000r. Wykazano, że wzrost przyjęć w czasie fali ciepła jest mniejszy niż śmiertelność z powodu wszystkich przyczyn w różnych grupach wiekowych. Może to sugerować fakt, że ludzie umierali (najczęstszą przyczyną były choroby układu krążenia) zanim zostali przyjęci do szpitala. Wskazuje to na konieczność odpowiedniej organizacji opieki medycznej przed przyjściem fali upałów [86].

Podobne badania prowadzono w okresie 2000-2005r. badając wpływ temperatury powietrza w miesiącach letnich na śmiertelność, ilość nagłych przyjęć i udarów cieplnych. Temperatura maksymalna wynosiła 38⁰ C, a minimalna 22,4⁰ C. Stwierdzono, że większy wpływ na nagłe przyjęcia ma wzrost powyżej temp. minimalnej – wzrost przyjęć o 1,6%, natomiast na każdy stopień wzrostu powyżej temperatury minimalnej o 0,21% [87].

W Hiszpanii na podstawie analizy statystycznej i stwierdzenia spadku przyjęć z powodu chorób układu oddechowego przy obniżeniu temperatury, natomiast wzrostu przyjęć z powodu chorób układu krążenia przy podwyższeniu temperatury powietrza opracowano model ARIMA określający liczbę przyjęć nagłych z powodu chorób układu krążenia i oddechowego [88].

Natomiast Goerre i wsp. [89] nie stwierdzili statystycznego wpływu temperatury powietrza

i stopnia nasłonecznienia na zapadalność na zawał mięśnia sercowego. Natomiast po przeanalizowaniu przyjęć 6560 pacjentów w latach 1990-1994r. stwierdzili statystyczną zależność między zapadalnością na zawał mięśnia sercowego a zmianami ciśnienia atmosferycznego i dużą siłą wiatru.

W powyższej pracy analizowano wszystkie nagłe przyjęcia, natomiast Morabito i wsp. [90] przeanalizowali przyjęcia pacjentów do szpitala we Florencji w latach 1998-2002 z powodu tylko zawału mięśnia sercowego i stwierdzili, że obniżenie (!!)

temperatury powietrza w ciągu dnia o 10°C wiąże się z 19% wzrostem przyjęć pacjentów do szpitala po 65 roku życia.

Również po przeanalizowaniu występowania zawału mięśnia sercowego (2676 przypadków) i nagłej śmierci sercowej (2066 przypadków) w latach 1979 – 2002 w Olmsted County w Minnesocie stwierdzono, że ilość zgonów z powodu nagłej śmierci sercowej jest statystycznie większa w miesiącach zimowych, przy niskich temperaturach powietrza. Ta zależność jest silniejsza w przypadkach gdzie wcześniej nie stwierdzano choroby wieńcowej serca [91].

W miejscowości Taichun w Tajwanie w latach 2000-2003r. stwierdzono, że przy obniżeniu temperatury poniżej $26,2^{\circ}\text{C}$ wzrasta ilość przyjęć z 30 do 70%. Gdy wahania temperatury w ciągu doby wynosiły ponad $8,3^{\circ}\text{C}$ to ilość przyjęć wzrastała o 15 % [92].

W niniejszej pracy nie zajmowano się przypadkami nagłych przyjęć tylko z powodu nadciśnienia tętniczego, natomiast Jehn i wsp. badali wpływ temperatury otoczenia na wartości ciśnienia tętniczego 333 pacjentów. Nie stwierdzono statystycznej zależności, natomiast zaobserwowano wzrost RR skurczowego i rozkurczowego w godzinach nocnych przy wzroście temperatury powietrza. Nie stwierdzono jednak takiego wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego [93].

Wyższa temperatura powietrza ma wpływ na wzrost ilości przyjęć z powodu zaostrzenia niewydolności serca co stwierdzili Oktay i wsp. - 1,5 razy więcej przyjęć z tego powodu zanotowano w miesiącach od czerwca do września niż od listopada do lutego [94].

Podobnie jak w powyższej pracy Milo-Cotter i wsp. badali wpływ temperatury i wilgotności powietrza na przyjęcia pacjentów w Zerifin w Izraelu i stwierdzili korelację między niską

temperaturą w nocy a zachorowalnością na ostrą niewydolność serca. Niska temperatura w nocy (poniżej 7 °C) była związana z większą ilością przyjęć z powodu ostrej niewydolności serca. Nie stwierdzono wpływu wilgotności powietrza. Stwierdzono też w półrocznej obserwacji podwojenie ilości zgonów w tej grupie chorych [95].

W niniejszej pracy badano wpływ temperatury i wilgotności powietrza i podobnie badano też zależność między ostrymi zespołami wieńcowymi a temperaturą powietrza i wilgotnością u pacjentów Aten. Nie stwierdzono zależności między średnią dzienną temperaturą, ale na 1°C spadku temperatury powietrza wzrastała ilość przyjęć o 5%, dotyczyło to szczególnie starszych kobiet. Podobnie wzrost wilgotności względnej wpływał na wzrost przypadków ostrego zespołu wieńcowego [96].

Istnieje też związek między zapadalnością na choroby układu oddechowego a niską temperaturą powietrza i jego wilgotnością bezwzględną [97].

Zbadano związek między dziennymi przyjęciami do SOR pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc a dziennymi wahaniami temperatury. Przy wahaniami dziennych temperatury o 9,6 °C stwierdzono wzrost przyjęć o 14%. Nie było związku między średnią dzienną temp. a ilością przyjęć z tego powodu [98].

W niniejszej pracy nie analizowano śmiertelności, ale Kuetinge i wsp. badając ryzyko zgonu osób w wieku 65-74 rż. w różnych regionach Europy, stwierdzili najniższą śmiertelność w północnej Finlandii przy temperaturze 14,3-17,3°C, a w Atenach przy temperaturze 22,7-25,7°C. Regiony z gorącymi latami nie wykazały większej rocznej śmiertelności w porównaniu z regionami chłodniejszymi [99].

Podobnie Ballester i wsp. przeanalizowali zgony pacjentów w Walencji w latach 1991-1993r. Stwierdzili statystyczną zależność między temperaturą powietrza a śmiertelnością. Śmiertelność jest najmniejsza w miesiącach zimowych przy temperaturze 15°C, natomiast w miesiącach letnich przy 24°C. W miesiącach zimowych wyższe temperatury skutkują wzrostem śmiertelności. Efekt ten jest większy u osób po 70 rż., przy współistnieniu chorób układu krążenia i układu

oddechowego [100].

Biorąc pod uwagę lata 1973-1994r. przeanalizowano zależność śmiertelności i temperatury w 11 miastach na wschodzie USA. Stwierdzono większy wpływ niskich temperatur na śmiertelność w miastach południowych oraz wyższych temperatur w miastach północnych. Wzięto także pod uwagę warunki socjo-ekonomiczne - możliwość posiadania klimatyzacji na południu kraju czy centralnego ogrzewania na północy [101].

Również porównywano śmiertelność z powodu chorób układu krążenia, naczyń mózgowych, chorób układu oddechowego w ciepłych i zimnych regionach Europy. Stwierdzono wzrost śmiertelności przy spadku temperatury w regionach z ciepłymi zimami (spadek temperatury poniżej 18 °C - porównywano Ateny i południową Finlandię). Wiąże się to również ze spadkiem temperatury w pomieszczeniach, brakiem właściwego ubrania, mniejszą aktywnością fizyczną przy spadku temperatury na zewnątrz [102].

Podobnie jak w powyższej pracy również w Australii w latach 1996-2005r. badano zależność między zmianami temperatury a nagłymi przyjęciami ale z powodu udarów mózgowych. U osób poniżej 65 rż. wzrost temp. o 1°C w stosunku do temp maksymalnej w lecie powoduje wzrost przypadków udarów krwotocznych o 15%, a w stosunku do temp. minimalnej o 12%.

W przypadku udarów niedokrwiennych wzrost temp. o 1°C w stosunku do temp. maksymalnej w zimie powoduje spadek przyjęć z tego powodu o 3% [103].

W niniejszej pracy badano wpływ temperatury i wilgotności powietrza, nie badano efektu opóźnionego działania czynników pogodowych natomiast w Wielkiej Brytanii Prof. William Bird z Royal Berkshire Hospital wykazał m.in., że w ciągu kilku pierwszych dni po nadejściu gwałtownego ochłodzenia wzrasta liczba zawałów serca i udarów mózgu. Według jego pomysłu stworzono specjalny serwis opracowywany przez meteorologów i lekarzy. Dzięki niemu szpitale i przychodnie dowiadują się z wyprzedzeniem m.in. o możliwości wystąpienia większej liczby zawałów serca, udarów mózgu czy zaostrzeń POCHP. System nosi nazwę Forecasting the Nation's Health (Prognozowanie Zdrowia Narodowego) i działa od 2001r. Jest nadzorowany przez

brytyjski instytut meteorologii [104].

W Europie Projekt PHEWE (Assesment and Prevention of Acute Health Effects and Weather Conditions in Europe) obejmował 10-letnią obserwację zależności między czynnikami meteorologicznymi, zanieczyszczeniami powietrza a śmiertelnością i nagłymi przyjęciami do szpitala. Badania prowadzono w 16 miastach Europy: Ateny, Barcelona, Budapeszt, Kraków, Dublin, Helsinki, Lubljana, Londyn, Mediolan, Paryż, Praga, Rzym, Sztokholm, Turyn, Walencja, Zurich. Analizowano takie elementy pogody jak temperatura powietrza, temperaturę punktu rosy, prędkość i kierunek wiatru, ciśnienie atmosferyczne, zachmurzenie, nasłonecznienie, wilgotność. Średnia temperatura powietrza w lecie wahała się między 12^o C (Helsinki) a 23,5^o C (Ateny). Względna wilgotność wahała się między 81% (Dublin) a 57% (Ateny). W zimie średnia dzienna temperatura najniższa była w Helsinkach, a najwyższa w Walencji, najniższa wilgotność względna wynosiła 69%.

Na podstawie codziennych pomiarów meteorologicznych opracowano wskaźniki biotermiczne : temperaturę odczuwalną (STI), wskaźnik stresu termofizjologicznego (PhS), oraz temperaturę odczuwaną fizjologicznie (PST). Dane te skorelowano ze śmiertelnością i nagłymi przyjęciami do szpitala. Stwierdzono, że 15 do 30% zgonów może być wyjaśnione specyficznymi wartościami wskaźników biotermicznych jakie były notowane 1-3 dni wcześniej. Najsilniejsze związki notowano w Londynie i Barcelonie, najsłabsze w Krakowie. Znaczący wzrost śmiertelności miał miejsce zarówno przy niskich jak wysokich wartościach wskaźników biotermicznych. Odpowiadają one silnemu stresowi ciepła w lecie, jak i silnemu stresowi zimna w w miesiącach zimowych. Wpływ wysokiej temperatury był wyraźny dla zgonów z powodu chorób układu sercowo-naczyniowego i chorób układu oddechowego szczególnie u osób w starszym wieku. Obserwowano 1-3 dniowy efekt po wystąpieniu wysokich wartości wskaźników biometeorologicznych. W miesiącach zimowych wzrost śmiertelności następował wraz ze spadkiem temperatury i tu obserwowano 1 do nawet 15-dniowe opóźnienie. Stwierdzono wzrost śmiertelności z powodu chorób układu sercowo-naczyniowego we wszystkich grupach

wiekowych. U osób w starszym wieku, przede wszystkim, z powodu chorób układu oddechowego i naczyń mózgowych. Zarówno w miesiącach letnich jak i zimowych obserwowano większy wpływ w miastach basenu śródziemnomorskiego. Wpływ temperatury na nagłe przyjęcia do szpitala nie był tak wyraźny jak na śmiertelność. Nie stwierdzono wpływu wysokiej temperatury w miesiącach letnich na nagłe przyjęcia z powodu chorób sercowo-naczyniowych i naczyń mózgowych we wszystkich grupach wiekowych, natomiast wpływ ten był znaczący w przypadku chorób układu oddechowego u osób powyżej 75 rż. Podczas zimy wzrost nagłych przyjęć obserwowano przy spadku temperatury we wszystkich grupach wiekowych z powodu chorób układu oddechowego, z powodu chorób układu krążenia u osób powyżej 75 rż. Nie było wpływu na przyjęcia z powodu chorób naczyń mózgowych.[105].

Podobnie jak w niniejszej pracy Rising i wsp. przeanalizowali nagłe przyjęcia do szpitala w USA w okresie od 01.07.1996r. do 31.01.2002r. w korelacji z lokalnymi danymi meteorologicznymi. W tym czasie zanotowano ponad 8 tys. przyjęć urazowych na łącznie 49 tys. godzin- czyli 1 przyjęcie co 6 godzin. Stwierdzono wpływ wysokiej temperatury i opadów na ilość przyjęć urazowych. Różnica temperatury w ciągu dnia o 10° C korelowała ze wzrostem częstości wypadków o 5,25% na godzinę. Natomiast jeśli w ciągu ostatnich 3 godzin występowały opady ilość urazów wzrastała o 60-78% [106].

Natomiast Friede i wsp. wykazali, że więcej pacjentów z powodu urazów trafia w weekendy, szczególnie w soboty oraz w okresie lata. Ma to ogromne znaczenie dla organizacji pracy w ośrodkach urazowych [107].

Podobnie jak w powyższej pracy również w Hiszpanii obserwowano zależności między przyjęciami do szpitala a temperaturą powietrza, wilgotnością względną i dziennym stężeniem ozonu. Efekt ciepła był krótkoterminowy, efekt zimna był obserwowany w kolejnym tygodniu. Stężenie ozonu miało siedmiodniowy wpływ na wzrost przyjęć z powodu chorób układu krążenia [108].

Wykazano też, że nagłe przyjęcia do szpitala są skorelowane dodatnio z temperaturą a ujemnie

z opadami. Badania przeprowadzono w Australii wykazały więcej nagłych przyjęć w dni ciepłe, suche i słoneczne, mniej w zimne i deszczowe [109].

W ciągu 4 lat analizowano zachorowalność i śmiertelność pacjentów w Irlandii powyżej 65 rż. Stwierdzono silny, odwrotnie proporcjonalny wpływ zmiany temperatury o 10^0 C (zarówno w lecie jak i w zimie) na śmiertelność całkowitą. Sezonowy trend obserwowano w przypadku chorób układu krążenia, szczególnie jeśli chodzi o śmiertelność, słabszy był wpływ sezonowości na nagłe przyjęcia do szpitala. W przypadku chorób układu oddechowego podobny był wpływ sezonowości na nagłe przyjęcia i umieralność. Różnice procentowe w śmiertelności pomiędzy poszczególnymi regionami Irlandii związane były z różnicą temperatur - przy różnicy temperatur lato-zima o $9,96^0$ C stwierdzano najwyższą procentowo śmiertelność, przy różnicy o $10,8^0$ C najniższą procentowo śmiertelność [110].

Podobnie jak w niniejszej pracy analizowano nagłe przyjęcia do szpitala w Japonii, ale była to obserwacja roczna. Nagłe przyjęcia podzielono na 3 grupy: pierwsza grupa to chorzy z chorobami naczyń mózgowych, druga grupa-chorzy z chorobami układu oddechowego, trzecia- z chorobami układu pokarmowego. W pierwszej grupie wzrost przyjęć był związany ze spadkiem temperatury poniżej 12^0 C, plateau osiągnęto przy temperaturze 4^0 C oraz z dniem tygodnia- najwięcej przyjęć w niedzielę. Ilość przyjęć pacjentów w grupie drugiej wzrastała między 3 a 7 dniem po spadku temperatury poniżej 10^0 C. W przypadku pacjentów grupie trzeciej obserwowano wzrost przyjęć przy wzroście ciśnienia atmosferycznego w dniu przyjęcia [111].

W niniejszej pracy nie analizowano oddzielnie nagłych przyjęć laryngologicznych ale w Oddziale Laryngologii w Glasgow przebadano w ciągu 2 lat 686 chorych z idiopatycznym krwawieniem z nosa. Stwierdzono największą korelację przyjęć ze średnimi miesięcznymi temperaturami. Wzrost przyjęć z powodu idiopatycznych krwawień z nosa był o 100% większy w miesiącach ciepłych niż zimnych [112].

W kręgu zainteresowań badaczy znalazł się również wpływ warunków pogodowych na nagłe konsultacje ambulatoryjne w Klinice Ginekologii i Położnictwa w Lugano w Szwajcarii w okresie roku. Wysoka uśredniona temperatura dobową korelowała z większą ilością pacjentek z bólem w obrębie miednicy, wzrost ciśnienia atmosferycznego w porównaniu do dnia poprzedniego skutkowało większą ilością przyjęć pacjentek w krwotokiem miesięczkowym. Żaden z czynników nie wpływał na poronienia samoistne [113].

5.2. Wpływ wilgotności powietrza na nagłe przyjęcia do szpitala

Przeprowadzona w niniejszej pracy analiza statystyczna wykazała proporcjonalnie odwrotną zależność między ilością nagłych przyjęć a wilgotnością względną powietrza.

Schory i wsp. badali związki między zaburzeniami psychicznymi a czynnikami atmosferycznymi takimi jak wilgotność, prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne. Jedynie niskie ciśnienie atmosferyczne ma związek z aktami przemocy, powoduje bardziej impulsywne zachowania i jest powodem częstszych nagłych przyjęć psychiatrycznych [114].

Stwierdzono też częstsze przyjęcia do SOR psychiatrycznego w pierwszym tygodniu miesiąca i przy niekorzystnych warunkach pogodowych [115].

Podobnie jak w niniejszej pracy przeprowadzono badania nagłych przyjęć w Madrycie i stwierdzono wzrost nagłych przyjęć do szpitala w zależności od temperatury, wilgotności względnej i średniego, dziennego stężenia ozonu. Obserwowano krótkotrwały wzrost przyjęć przy wysokiej temperaturze, natomiast niska temperatura wpływała na przyjęcia w następnym tygodniu. Wzrost stężenia ozonu skutkowało wzrostem przyjęć z powodu chorób układu krążenia z siedmiodniowym opóźnieniem [116].

W niniejszej pracy nie stwierdzono istotnego wpływu całodobowych opadów na nagłe przyjęcia do szpitala. W zachodnich Indiach przebadano sezonowość przyjęć z powodu zaostrzeń astmy.

Stwierdzono więcej przyjęć w porze deszczowej. Pora roku i klimat odpowiadają za 18 % wszystkich nagłych przyjęć z powodu astmy [117].

Dzieci chorujące na astmę częściej trafiały z powodu zaostrzeń do szpitala w Japonii przy wyższym ciśnieniu atmosferycznym i niższej wilgotności względnej [118].

Podobnie jak w niniejszej pracy badano zależność między kilkoma czynnikami atmosferycznymi takimi jak maksymalna temperatura punktu rosy, maksymalna i minimalna temperatura, ciśnienie atmosferyczne a przyjęciami do szpitala z powodu chorób układu oddechowego, sercowo-naczyniowego, pokarmowego, alergii i infekcji analizowano w szpitalu w Argentynie. Stwierdzono więcej przyjęć w grupie chorych gastrologicznych i alergicznych w zimie o 16,7%, w lecie o ok. 50%. Dla grupy chorych alergicznych wykazano pozytywną korelację z temperaturą punktu rosy, a negatywną z ciśnieniem atmosferycznym w tym samym dniu. Maksymalna temperatura punktu rosy, maksymalna temperatura i minimalne ciśnienie atmosferyczne korelowały ze wzrostem przyjęć z powodu chorób układu sercowo-naczyniowego, układu oddechowego, pokarmowego i infekcji. Pacjenci z urazami częściej trafiali w ciepłe, suche dni w zimie i ciepłe, mokre dni w lecie [119].

W niniejszej pracy analiza takich elementów pogody jak opady, ciśnienie atmosferyczne wykazały korelację z temperaturą powietrza i wilgotnością względną i dlatego nie podlegały one dodatkowej analizie.

Natomiast przy badaniu zależności nagłych przyjęć do szpitala w Norwegii w ciągu 17 miesięcy stwierdzono 2 razy więcej przyjęć w dni deszczowe i śnieżne, chociaż nie było związku z ilością opadów. Stwierdzono też odwrotnie proporcjonalny związek między temperaturą a ilością przyjęć. Najwięcej przyjęć było w poniedziałki, najmniej w sobotę [120].

Hajat S i wsp. stwierdzili zaś wzrost przyjęć, głównie ambulatoryjnych z powodu zaostrzeń astmy i chorób układu oddechowego po wystąpieniu burzy. Badania te przeprowadzono w Londynie [121].

Podczas sztormowej pogody stwierdzono też wzrost ilości przypadków pacjentów z krwotokiem podpajęczym- więcej takich przypadków występuje w dniach ze zmianą ciśnienia atmosferycznego, również w miesiącach zimowych (październik-marzec) niż w letnich. Istnieje więc korelacja występowania SAH ze zmianami ciśnienia atmosferycznego w zimie, nie ma takiej korelacji w lecie [122].

Badano też wpływ opadów śniegu na zawały serca w Kanadzie w ciągu 4 kolejnych lat. Stwierdzono brak związku między tymi zdarzeniami [123].

Natomiast po przebadaniu wpływu zamieci śnieżnej w Islandii stwierdzono, że trzy dni po burzy wzrasta ilość przyjęć z powodu zawału serca, zaś pięć dni po zamieci śnieżnej znacznie wzrosła śmiertelność i przypadki choroby niedokrwiennej serca. Być może przyczyną jest stres fizyczny i psychiczny, który towarzyszy niekorzystnym warunkom pogodowym [124].

W niniejszej pracy nie stwierdzono istotnego wpływu ciśnienia atmosferycznego na nagłe przyjęcia natomiast Meral i wsp. stwierdzili analizując 91 pacjentów z zatorowością płucną, że częstość jej występowania jest większa w miesiącach wiosennych, gdy ciśnienie atmosferyczne jest niskie [125].

Brown i wsp. badali też wpływ pogody, w tym wartości ciśnienia atmosferycznego na występowanie zakrzepicy głębokiej żył kończyn dolnych. Okres badań obejmował 20 lat. Stwierdzono, że takie czynniki pogodowe jak niskie ciśnienie atmosferyczne, duża prędkość wiatru, duże opady deszczu związane były ze wzrostem zachorowań na zakrzepicę głęboką żył kończyn dolnych, przy czym obserwowano 9-10 dniowe opóźnienie. Najwyraźniejszy jest wpływ wartości ciśnienia atmosferycznego-każde obniżenie o 10 hPa skutkuje wzrostem ryzyka zachorowań o 2,1% [126].

6. PODSUMOWANIE

Wpływ warunków pogodowych na zachorowalność, śmiertelność i liczbę przyjęć do szpitala, analizowany był w różnych ośrodkach na świecie. W Polsce taką analizę przeprowadzono w ramach programu PHEWE w Krakowie. Analizowano zgony i nagłe przyjęcia na terenie miasta. Natomiast niewiele jest prac dotyczących nagłych przyjęć do jednego szpitala obejmującego swym zasięgiem cały region. W przedstawianej pracy przeanalizowano wpływ poszczególnych czynników na nagłe przyjęcia do szpitala obejmującego swoim zasięgiem mieszkańców całej Zamojszczyzny.

Nie mamy pełnej kontroli nad zmianą kwalifikacji przyjęć z przyczyn organizacyjnych z planowych na nagłe co mogło wpłynąć na analizowaną liczbę przyjęć “ostrych”.

Analiza objęła 3 lata i wykazała, że czynniki pogodowe objaśniają około 20% zmienności liczby zgłaszających się chorych. Model matematyczny jaki udało się sporządzić na jej podstawie umożliwił prognozowanie liczby pacjentów z dość dobrą dokładnością.

Wobec oczywistych ograniczeń pracy, model ten wymaga weryfikacji w dłuższej perspektywie czasowej i szerszym horyzoncie geograficznym. Ciekawe byłoby także odniesienie go do prognozowania ilości wezwań pogotowia ratunkowego. Wydaje się jednak, że już dziś można szerzej wykorzystać prognozy meteorologiczne do planowania pracy szpitali.

7. WNIOSKI

1. Nagłe przyjęcia do szpitala wykazują zależność od czynników atmosferycznych, która odpowiada za około 20% zmienności
2. W oparciu o przewidywania temperatury i wilgotności można stworzyć model prognostyczny, który w około 90 % opisuje zmienność przyjęć ze wskazań nagłych w poszczególnych porach dnia i dniach tygodnia.
3. Trafna prognoza pogody może być użyteczna w planowaniu pracy szpitala, zwłaszcza organizacji pracy w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym.

8. SPIS SKRÓTÓW

APHEA - Air Pollution and Health: an European Approach

AT - apperent temperature

CO - tlenek węgla

HL - heat load

IPCC - International Panel Changes Climate

ISB - International Society of Biometeorology

ISBB - International Society of Bioclimatology and Biometeorology

Mrt - średnia temperatura promieniowania

MENEX - man-environment heat exchange model

NO - tlenek azotu

NO₂- ditlenek azotu

O₃- ozon

PM 10 - aerozole atmosferyczne o wielkości 10 mikrometrów lub mniejsze

PM 2,5 – aerozole atmosferyczne o wielkości 2,5 mikrometra lub mniejsze

POCHP - przewlekła obturacyjna choroba płuc

POG – wyliczony współczynnik trendu przyjęć pacjentów do szpitala w kolejnych latach

SAH – krwotok podpajęczynówkowy

SOR - Szpitalny Oddział Ratunkowy

STI - subjective temperature index

TSK - skin temperature

UE - Unia Europejska

UTCI - universal thermal climate index

UV - promieniowanie ultrafioletowe

UVB - promieniowanie ultrafioletowe B

9. SPIS TABEL I RYCIN

Spis tabel

Tabela I. Zależność między UTCI a obciążeniem cieplnym.....	16
Tabela II. Hospitalizacje ogółem i w trybie nagłym w latach 2006-2008r.....	30
Tabela III. Nagłe przyjęcia z powodu wybranych jednostek chorobowych w latach 2006 –2008.....	33
Tabela IV. Model 1. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność i temperaturę powietrza.....	34
Tabela V. Model 2. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność, temperaturę powietrza i współczynnik POG odpowiadający przyrostowi liczby przyjęć w kolejnych latach.....	35
Tabela VI. Model 3. Model kwadratowy względem temperatury powietrza.....	36
Tabela VII. Model 4. Model kwadratowy względem zmian temperatury powietrza.....	37
Tabela VIII. Model 5. Model kwadratowy względem wilgotności względnej i temperatury powietrza	38
Tabela IX. Model 6. Model kwadratowy względem wilgotności względnej i temperatury odczuwanej.....	39
Tabela X. Model 7. Model kwadratowy względem temperatury powietrza, wilgotności względnej i prędkości wiatru.....	40
Tabela XI . Model 8. Model kwadratowy względem wilgotności względnej, temperatury powietrza i średniej prędkości wiatru	41
Tabela XII. Model 9. Model kwadratowy względem wilgotności, zmian temperatury powietrza, prędkości wiatru i ciśnienia atmosferycznego.....	42
Tabela XIII. Model 10. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność, <u>zmiennosc</u> <u>temperatury powietrza</u> i współczynnik POG odpowiadający przyrostowi liczby przyjęć	

w kolejnych latach.....	43
Tabela XIV. Model 11. Uwzględniający pory dnia, dni tygodnia, wilgotność, <u>temperaturę odczuwalną powietrza</u> i współczynnik POG odpowiadający przyrostowi liczby przyjęć w kolejnych latach	44
Tabela XV. Korelacja zmiennych pogodowych z liczbą przyjęć	47
Tabela XVI. Warunki wilgotnościowe w dniach 01.03-07.03.....	48
Tabela XVII. Warunki termiczne w dniach 01.03-07.03.....	48
Tabela XVIII. Warunki wilgotnościowe w dniach 08.03-14.03.....	49
Tabela XIX. Warunki termiczne w dniach 08.03-14.03.....	49
Tabela XX.. Warunki wilgotnościowe w dniach 15.03-21.03.....	49
Tabela XXI. Warunki termiczne w dniach 15.03-21.03.....	50
Tabela XXII. Warunki wilgotnościowe w dniach 22.03-28.03.....	50
Tabela XXIII. Warunki termiczne w dniach 22.03-28.03.....	50
Tabela XXIV. Warunki wilgotnościowe w dniach 29.03-31.03.....	51
Tabela XXV. Warunki termiczne w dniach 29.03-31.03.....	51
Tabela XXVI. Ekstremalne warunki wilgotnościowe.....	55
Tabela XXVII. Ekstremalne warunki termiczne.....	56
Tabela XXVIII. Liczba pacjentów przyjętych w trybie nagłym wyliczona wg modelu.....	56
Tabela XXIX. Zestawienie ilości przyjętych pacjentów wg modelu i faktycznie przyjętych w miesiącu marcu w danych warunkach wilgotności powietrza i temperatury.....	56

Spis rycin

Rycina 1 Wielokierunkowy wpływ zmian klimatu na stan zdrowia człowieka.....	10
Rycina 2 Przyjęcia na oddziały szpitalne w 2006r.....	31
Rycina 3 Przyjęcia na oddziały szpitalne w 2007r.....	31
Rycina 4 Przyjęcia na oddziały szpitalne w 2008r.	32
Rycina 5 Procentowe zwiększenie ilości przyjęć pacjentów w różnych porach dnia w stosunku do przyjęć w nocy.....	46
Rycina 6. Procentowe zwiększenie ilości przyjęć pacjentów w różnych dniach tygodnia w stosunku do ilości przyjęć w niedzielę	46
Rycina 7 Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 01.03-07.03.....	52
Rycina 8 Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 08.03-14.03.....	52
Rycina 9 Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 15.03-21.03.....	53
Rycina 10 Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 22.03-28.03.....	53
Rycina 11 Ilość nagłych przyjęć wyliczonych w/g modelu i faktyczna w dniach 29.03-31.03..	54
Rycina 12 Przyjęcia nagłe w/g modelu i faktyczne w marcu 2010r.....	54
Rycina 13 Empiryczne i wyrównane wartości liczby przyjęć względem temperatury powietrza...	57

10. PIŚMIENICTWO

1. Hippokrates, On Airs, Waters, and Places, written 400 B.C.E Translated by Francis Adams,
2. <http://classics.mit.edu/Browse/browse-Hippocrates.html>,
3. Krawczyk B. *Kryteria oceny bioklimatu uzdrowisk*, Balneologia Polska XLV (2003) 78-87,
4. Kowalenko H., *Klimat jako czynnik kształtujący psychikę ludzką w świetle poglądów teoretyków XVIII w.*, Problemy uzdrowiskowe, 5 (1973) 39-46,
5. Korczyński L., *Zarys klimatologii lekarskiej*, t I i II, PTB, Kraków-Lwów, 1936,
6. Aleksandrowicz J., *Biometeorologia w służbie zdrowia*, Nauka dla wszystkich, 147, PAN, Kraków, 1971,
7. Sabatowski A., *Kierunki rozwojowe balneoklimatologii polskiej*, Problemy Lekarskie, 3 (1956) 1-7,
8. Grączewski J., *Wpływ pogody na zdrowie człowieka. Uwagi lekarza o biometeorologii*, PZWL, Warszawa, 1972,
9. Bogucki J., Kielczewski B., Tyczka S., *Rytmika dobową umieralności dla Poznania w latach 1955- 56*, Wiadomości uzdrowiskowe, 6 (1961) 47-50,
10. Bogucki J., Falkiewicz B., *Próby oceny pogody dla potrzeb biometeorologii metodą kompleksową*, Roczniki Naukowe WSWF w Poznaniu, 12 (1966) 251-258,
11. Wójtowicz W., *Zagadnienia metodyczne w badaniach meteoropatologicznych*, Wiadomości Uzdrowiskowe, 11, (1966) 33-36,
12. Wójtowicz W., Dzierżyński M., *Zawał serca a pogoda*, Przegląd Lekarski, 9 (1962) 357-376,
13. Baranowska M., Kontowt A., *Badania wpływu pogody na wahania ciśnienia tętniczego krwi u chorych z nadciśnieniem tętniczym*, Balneologia Polska, 14 (1969) 223-228,
14. Baranowska M., *Meteorotropizm kolizji i wypadków drogowych w komunikacji miejskiej*

- miasta stołecznego Warszawy*, Gazeta Obserwatora IMGW, 28 (1975) 3-7,
15. Baranowska M., *Biometeorologiczna osłona ruchu drogowego*, Przegląd Geofizyczny, 24(1979), 65-68,
 16. Baranowska M., *Klasyfikacja układów i frontów dla potrzeb badań korelacyjnych z dobową liczbą kolizji i wypadków w komunikacji miejskiej Warszawy*, Raport z grupy tematycznej, IMGW, Warszawa, 1987,
 17. Baranowska M., Boniecka-Żółcik H., Gurba A., *Weryfikacja skali klimatu odczuwalnego dla Polski*, Przegląd Geofizyczny, 31(1986) 27-40,
 18. Baranowska M., Czarniecki W., Grzędziński E., *Badania wpływu bioklimatycznie uciążliwych dni lata na dolegliwości podmiotowe osób zdrowych i chorych z nadciśnieniem tętniczym*, Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej, 41 (1968) 317-324,
 19. Baranowska M., Gabryl B., *Biometeorological norm as tolerance interval of man to weather stimuli*, International Journal of Biometeorology, 25 (1981) 123-126,
 20. Baranowska M., *Próba przyjęcia odchylenia od średniej normalnej jako wskaźnika zakłóceń procesów przystosowawczych organizmu ludzkiego*, Problemy uzdrowiskowe, 1-4 (1981) 295-300, 1981,
 21. Baranowska M., Janik-Strobel Z., *Wpływ czynników klimatycznych i pogody na częstość występowania objawów podmiotowych u chorych po zawale serca i operacji serca*, Balneologia Polska, 18 (1973) 523-529,
 22. Woś A., *Klimat Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1999,
 23. Więclaw M., *Masy powietrza nad Polską i ich wpływ na typy pogody*, Wyd. Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 2004,
 24. Kuchcik M., Błażejczyk K., *Wpływ warunków pogodowych na zachorowalność i umieralność mieszkańców Warszawy*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 180 (2001).71-81,
 25. Paszyński J., Niedźwiedz T., *Klimat, Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1999,

26. Biała Księga , *Adaptacja do zmian klimatu: europejskie ramy działania, KOM (2009)147 wersja ostateczna*, 2009,
27. Mączyński B., *Lecznictwo klimatyczne*, PZWL, Warszawa 1978,
28. Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*, IGiPZ PAN, Warszawa, 1997,
29. Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, IGiPZ PAN, Warszawa, 2004,
30. Błażejczyk K., *Klimatologiczno-fizjologiczny model wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem (MENEX)*, Przegląd Geograficzny, 66 (1994) 33-55,
31. Błażejczyk K., *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 192, 2004,
32. Błażejczyk K., *Biotermiczne cechy klimatu Polski*, Przegląd Geograficzny, 75 (2003) 525-543,
33. Błażejczyk K., *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem i otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 159, 1993,
34. Parsons K.C., *Human Thermal Environments*, Taylor i Francis Publ., London, 1993,
35. Steadman R.G., *An universal scale of Appareant Temperature*, Journal of Applied Meteorology, 23(1984) 1674-1687,
36. Błażejczyk K., Broede P., Dusan, Fiela i wsp., *Nowy wskaźnik oceny warunków klimatoterapii* , Balneologia Polska, LI (2009) 313-321,
37. Delyukov A., Didyk L., *The effects of extra-low-frequency atmospheric pressure oscillations on human mental activity*, International Journal of Biometeorology, 43 (1999) 31-37,
38. Jankowiak J. , *Biometeorologia człowieka*, PZWL, Warszawa, 1976,
39. Błażejczyk K., *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*, Dokumentacja Geograficzna, 26, 2002,
40. Tyczka S., *Podstawy meteorologiczne zorganizowanej klimatoterapii w uzdrowiskach polskich* , Problemy uzdrowiskowe, 9/10 (1975) 43-67,

41. Kozuchowski K., *Atmosfera, klimat, ekoklimat*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1998,
42. Martynuska A., Baranowska M., *O wpływie promieniowania UV na człowieka*, Gazeta Obserwatora IMGW, 45 (1996) 3-6,
43. Nurkowska J., *Słoneczne złego początki*, Wiedza i życie, 8 (1997) 12-17,
44. Bogucki J., *Biometeorologia turystyki i rekreacji*, Podręczniki, Poznań, 1999,
45. Sulman F.G., *Short-and long-term changes in climate*, I,II, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1982,
46. Kielczewski B., Bogucki J., *Zarys biometeorologii sportu*, Sport i Turystyka, Warszawa, 1972,
47. Borisenkov E.P., Kobzareva E.N., i in., *Relation of meteorotropic reactions in cardiac patients to atmospheric electric factors*, Human Biometeorology, St. Petersburg, 18-22 (2000) 146-147,
48. Landsberg H.E., *Weather and Health: An Introduction to Biometeorology*, Doubleday, New York, 1969,
49. Leszczyński B., *Badania nad wpływem pola magnetycznego Ziemi na układ nerwowy i wypadkowość podczas pracy*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego, II (1974) 95-101,
50. Sroczyński J., *Wpływ zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na zdrowie ludzi*, PAN, Prace i Studia, 36, Ossolineum, Wrocław, 1988,
51. Juda-Rezler K., *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000,
52. Czaja S., *Globalne zmiany klimatyczne*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1998,
53. Hessman-Kosaris A., *Wpływ pogody na samopoczucie*, Diogenes, Warszawa, 1998,
54. Kozłowska-Szczęsna T., *Badania zawartości ozonu w przyziemnej warstwie powietrza na terenie Ciechocinka*, Wiadomości Uzdrawiskowe, 4 (1959) 67-77,
55. Silverman RA., Ito K., *Age-related association of fine particles and ozone with severe acute*, J. Allergy Clin. Immunol, 125 (2010) 367-373,
56. Zanobetti A., Franklin M., Koutrakis P., *Fine particulate air pollution and its components in association with cause-specific emergency admissions*, Environ Health., 21 (2009) 8-58,

57. Peng RD., Bell ML., Geyh AS., McDermott A., Zeger SL., Samet JM., Dominici F.,
Emergency admissions for cardiovascular and respiratory diseases and the chemical composition of fine particle air pollution, Environ Health Perspect. 117 (2009) 957-63,.
58. Milutinovic S., Nikic D., Stosic L., *Short – term association between air pollution and emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary diseases in Nis, Serbia*, Cent Eur J Public Health., 17 (2009) 8-13,
59. Munoz F., Carvalho MS., *Effect of exposure time to PM (10) on emergency admissions for acute bronchitis*, Cad Saude Publica 25 (2009) 529-39,
60. Santos UP., Terra-Filho M., Lin CA., Pereira LA ., *Cardiac arrhythmia emergency room visits and enviromental air pollution in Sao Paulo, Brazil*, J Epidemiol Community Health. 62 (2008) 267-72,
61. Martins LC, Latorre Mdo R., Saldiva PH., *Air pollution and emergency room visits due to chronic lower respiratory in the elderly: an ecological time series study in Sao Paulo, Brasil*, J.Occup Environ Med. 44 (2002) 622-7,
62. Ulirsch GV., Ball LM., Kaye W ., *Effect of particulate matter air pollution on hospital admissions and medical visits for lung and heart disease in two doutheast Idaho cities*.J Expo Sci Environ Epidemiol. 17 (2007) 478-87,
63. Ren C., Wiliams GM.,Tong S., *Does particulate matter modify the association between temperature* Environ Health Perspect. 114 (2006) 1690-6,
64. Zanobetti A., Schwartz J., *The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocrdial infarction: a multicity case-crossover analysis*, Environ Health Prospect. 113 (2005) 978-82,
65. Lin Ca., Amador Pereira LA. , *Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits*.Environ Res. 92 (2003) 57-63,
66. Katsouyanni K., Schwartz J., Spix C.,Touloumi G., *Short term effects of air pollution on health:a European approach using epidemiologic time series data: in APHEA protocol* .J

Epidemiol Community Health 5 (1996) 12-18,

67. Atkinson RW., Anderson HR., Sunyer J., Ayres J ., *Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. Air pollution and health* , Am J Respir Crit Care Med. 164 (2001) 1860-6,
68. Saez M., Tobias A., Munoz P., Campbell MJ., *Age moving average analysis of the relationship between air pollution and mortality for asthma in Barcelona* , Spain. Stat.Med.18 (1999) 2077-86 ,
69. Stedman JR., Anderson HR., Atkinson RW., *Emergency hospital admissions for respiratory disorders attributable to summer time ozone episodes in Great Britain,* Thorax. 52 (1997) 958-63,
70. Weisel CP., Cody RP., Lioy PJ., *Relationship between summertime ambient ozone levels and emergency department visits for asthma in central New Jersey,* Environ Health Perspect.103 Suppl 2 (1995) 97-102,
71. Ponka A., Virtanen M., *Low-level air pollution and hospital admissions for cardiac and cerebrovascular diseases in Helsinki,* Am J Public Health. 86 (1996) 1273-80 ,
72. Sunyer J., Saez M., Murillo C., Castellsague J., *Air pollution and emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease:a 5 -yaer study,* Am J Epidemiol.137 (1993) 701-5 ,
73. Rumel D., Riedel LF., Latorre Mdo R., *Myocardial infarct and cerebral vascular disorders associated with high temperature and carbon monoxide in a metropolitan area of southeastern Brazil,* Rev Saude Publica.27 (1993) 15-22,
74. Ponka A. , *Asthma and low level air pollution in Helsinki,* Arch Environ Health. 49 (1994) 205-6,
75. Johnston FH., Bailie RS., Pilotto LS., Hanigan IC., *Ambient biomass smoke and cardio-respiratory hospital admissions in Darwin, Australia,* BMC Public Health. 13 (2007) 207-240,
76. Ko FW., Tam W., Wong TW., Lai CK., Wong GW., Leung TF., Ng SS., Hui DS., *Effects of air pollution* Clin Exp Allergy.37 (2007) 1312-9,

77. Ko FW., Tam W., Wong TW., Chan DP., Tung AH., Lai CK., Hui DS.,
Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong, Thorax. 62 (2007) 780-5,
78. Fusco D., Forastiere F., Michelozzi P., Spadea T., Ostro B., Arcà M., Perucci CA., *Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy*, Eur Respir J. 17(2001)1143-50,
79. Atkinson RW., Bremner SA., Anderson HR., Strachan DP., Bland JM., de Leon AP.,
Short-term associations between emergency hospital admissions for respiratory and cardiovascular disease and outdoor air pollution in London, Arch Environ Health. 54(1999) 398-411,
80. Oudin A., Strömberg U., Jakobsson K., Stroh E., Björk J., *Estimation of short-term effects of air pollution on stroke hospital admissions in southern Sweden*, Neuroepidemiology. 34 (2010) 131-42,
81. Trejo O., Miró O., de la Red G., Collvinent B., Bragulat E., Asenjo MA., Salmerón JM., Sánchez M., *Emergency department activity during the 2003 summer heat wave*. Med Clin (Barc)., 125 (2005) 205-9,
82. Kovats RS., Hajat S., Wilkinson P., *Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK.*, Occup Environ Med. 61 (2004) 893-8,
83. Dhainaut JF., Claessens YE., Ginsburg C., Riou B., *Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris: consequences on emergency departments*, Crit Care. 8 (2004) 1-2,
84. Faunt JD., Wilkinson TJ., Aplin P., Henschke P., Webb M., Penhall RK., Aust N Z., *The effect in the heat: heat-related hospital presentations during a ten day heat wave*, J Med. 25 (1995) 117-21,

85. Bulbena A., Sperry L., Garcia Rivera C., Merino A., Mateu G., Torrens M., San Gil J., Cunillera J., *Impact of the summer 2003 heat wave on the activity of two psychiatric emergency departments*, Actas Esp Psiquiatr. 37 (2009) 158-65,
86. Linares C., Díaz J., *Impact of high temperatures on hospital admissions: comparative analysis with previous studies about mortality (Madrid)* Eur J Public Health.18 (2008) 317-22,
87. García-Pina R., Tobías Garcés A., Sanz Navarro J., Navarro Sánchez C., García-Fulgueiras A., *Effect of weather temperature on hospital emergencies in the Region of Murcia, Spain, throughout the 2000-2005 and its use in epidemiological surveillance* Rev Esp Salud Publica, 82 (2008) 153-66,
88. Lage Ferron MB., Diaz Jimenez J., Gestal Otero JJ., *Effects of enviromental factors on the number of emergency admissions to the Hospital Complex Juan Canalejo in La Coruna:creation of prediction model*, Rev Esp Salud Publica. 73(1999)45-60,
89. Goerre S., Egli C., Gerber S., Defila C., Minder C., *Impact of weather and climate on the incidence of acute coronary syndromes* Int J Cardiol. 118 (2007) 36-40,
90. Morabito M., Modesti PA., Cecchi L., Crisci A., *Relationships between weather and myocardial infarcion:a biometeorological approach* Int J Cardiol.7 (2005) 288-93,
91. Gerber Y., Jacobson SJ., Kilian JM., *Seasonality and daily weather conditions in relation to myocardial infarction and sudden cardiac death in Olmsted Conty, Minnesota,1979to2002*, J.Am. Coll Cardiol 48(2006) 287-92,
92. Liang WM., Liu WP., Chou SY., Kuo HW., *Ambient temperature and emergency admissions for acute coronary syndrom in Taiwan* Int J Biometeorol. 52(2008) 223-9,
93. Jehn M., Appel LJ., Sacks FM., Miller ER., *The effect of ambient temperature and barometric pressure on ambulatory blood pressure variability* Am J Hypertens. 15 (2002) 941-5,
94. Oktay C., Luk JH., Allegra JR., Kusoglu L., *The effect of temperature on illness severity in emergency department congestive heeart failure patients*. Ann Acad Med Singapore. 38(2009) 1081-4,

95. Milo-Cotter O., Setter I., Uriel N., Kaluski E ., *The daily incidence of acute heart failure is correlated with low minimal night temperature: cold immersion pulmonary edema revisited?*. J Card Fail. 12 (2006) 114-9,
96. Panagiotakos DB., Chrysohou C., Pitsavos C., *Climatological variations in daily hospital admissions for acute coronary syndromes*. Int J Cardiol. 94 (2004) 229-33,
97. Nastos PT., Matzarakis A., *Weather impacts on respiratory infections in Athens, Greece* Int J Biometeorological. 50 (2006) 358-69,
98. Liang WM., Liu WP., Kuo HW., *Diurnal temperature range and emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan*. Int J Biometeorol. 53 (2009) 17-23,
99. Keatinge WR., Donaldson GC., Cordioli E., Martinelli M., *Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study* BMJ. 321 (2000) 670-3,
100. Ballester F., Corella D., Perez-Hoyos S., Saez M., Hervas A., *Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993* Int J Epidemiology. 26 (1997) 551-61,
101. Curriero FC., Heiner KS., Samet JM., Zeger SL., *Temperature and mortality in 11 cities of eastern United States* Am J Epidemiology 155 (2002) 80-7,
102. Keatinge WR., *Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group*. Lancet. 349 (1997) 1341-6,
103. Wang XY., Barnett AG., Hu W., Tong S., *Temperature variation and emergency hospital admissions for stroke in Brisbane, Australia, 1996-2005*. Int J Biometeorol. 53 (2009) 535-41
104. Ashcroft J., Bird W., Huxley R., *Forecasting the nations health. A report by the Weather and Health Initiative*, Bracknell, Met Office, 2000,
105. Michelozzi P., Kirchmayer U., Katsouyanni K., Biggeri A., *Assesment and prevention of acute health effects of weather conditions in Europe, the PHEWE project: background, objectives*, design Enviromental Health (2007) 6-12,
106. Rising WR., O'Daniel JA., Roberts CS., *Correlating weather and trauma admissions at a*

- level I trauma center. J Trauma. 60 (2006) 1096-100,*
107. Friede KA., Osborne MC., Erickson DJ., Roesler JS., Azam A., Croston JK., McGonigal MD., Ney AL., *Predicting trauma admissions: the effect of weather, weekday, and other variables. Minn Med. 92 (2009) 47-9,*
108. Díaz J., Alberdi JC., Pajares MS., López C., López R., Lage MB., Otero A., *A model for forecasting emergency hospital admissions: effect of environmental variables. J Environ Health. 64 (2001) 9-15,*
109. Ou DK., To TP., Taylor DM., *Weather patients will come? Med J Aust. 183 (2005) 675-7,*
110. Moran C., Johnson H., Johnson Z., *Seasonal patterns of morbidity and mortality in the elderly in Ireland. Int J Circumpolar Health. 59 (2000) 170-5,*
111. Makie T., Harada M., Kinukawa N., Toyoshiba H., Yamanaka T., Nakamura T., *Association of meteorological and day-of-the-week factors with emergency hospital admissions in Fukuoka, Japan. Int J Biometeorol. 46 (2002) 38-41,*
112. Nunez DA., McClymont LG., Evans RA., *Epistaxis: a study of the relationship with weather Clin Otolaryngol Allied Sci. 15 (1990) 49-51,*
113. Bianchi-Demicheli F., Lüdicke F., Spinedi F., Major AL., Kulier R., Campana A., Gyr T., *Association between weather conditions and the incidence of emergency gynecological consultations Gynecol Obstet Invest. 51 (2001) 55-9,*
114. Schory TJ., Piecznski N., Nair S., el-Mallakh RS., *Barometric pressure, emergency psychiatric visits, and violent acts. Can J Psychiatry. 48 (2003) 624-7,*
115. Catalano R., McConnell W., Forster P., McFarland B., Thornton D., *Psychiatric emergency services and the system of care. Psychiatr Serv. 54 (2003) 351-5,*
116. Diaz J., Alberdi JC., Pajares MS., Lopez C., *A model for forecasting emergency hospital admissions: effect of environmental variables. J Environ Health. 64 (2001) 9-15,*

117. Ivey MA., Simeon DT., Monteil MA., *Climatic variables are associated with seasonal acute asthma admissions to accident and emergency room facilities in Trinidad, West Indies*. Clin Exp Allergy.33 (2003) 1526-30,
118. Ehara A., Takasaki H., Takeda Y., Kida T., Mizukami S., Hagsawa M., Yamada Y., *Are high barometric pressure, low humidity and diurnal change of temperature related to the onset of asthmatic symptoms?* Pediatr Int. 42 (2000) 272-4,
119. Rusticucci M., Bettolli ML., *Association between weather conditions and the number of patients at the emergency room in an Argentine hospital*. Int J Biometeorol. 46 (2002) 42-51,
120. Tollefsen NH., Dickstein K., *Are emergency admissions to medical departments dependent on weather?* Tidsskr Nor Laegeforen. 120 (2000) 3678-9,
121. Hajat S., Goubet SA., Haines A., *Thunderstorm-associated asthma: the effect on GP consultations* . Br J Gen Pract. 47 (1997) 639-41,
122. Jehle D., Moscati R., Frye J., Reich N., *The incidence of spontaneous subarachnoid hemorrhage* Am J Emerg Med.12 (1994) 90-1,
123. Persinger MA., Ballance SE., Moland M., *Snow fall and heart attacks*,
J Psychol. 127(1993) 243-5,
124. Faich G., Rose R., *Blizzard morbidity and mortality: Rhode Island, 1978*
Am J Public Health. 169 (1979) 1050-2,
125. Meral M., Mirici A., Aslan S., Akgun M., *Barometric pressure and the incidence of pulmonary embolism* Chest. 128 (2005) 2190-4,
126. Brown HK., Simpson AJ., Murchison JT., *The influence of meteorological variables on the development of deep venous thrombosis* Thromb Haemost.102 (2009) 676-82.

11. STRESZCZENIE

W ostatnim okresie odnotowuje się zwiększone zainteresowanie problematyką klimatu i wpływu pogody na zdrowie ludzi i społeczeństw.

Do połowy XVIII wieku związek między środowiskiem atmosferycznym a zdrowiem człowieka był uważany za integralną część fizjologii i zajmowali się nim głównie lekarze.

W Polsce współczesna biometeorologia zaczęła się rozwijać w drugiej połowie XX wieku. Powstał wówczas w Poznaniu Instytut Balneoklimatyczny, dzięki któremu przy współpracy klimatologów oraz lekarzy zatrudnionych w klinikach chorób wewnętrznych i uzdrowiskach wykonano szereg klinicznych badań biometeorologicznych.

W ciągu ostatnich lat wiele uwagi poświęca się problemowi zmian klimatu, ponieważ wpływają one na warunki środowiskowe, wilgotnościowe, agroklimatyczne, osadnicze a to pośrednio oddziałuje na organizm człowieka. Jednym z podstawowych przejawów zmian klimatu jest podwyższanie temperatury powietrza czyli ocieplenie klimatu, ale również częste wahania warunków pogodowych czyli wzrost liczby fal upałów i mrozów oraz powodzi i susz, zmiany rytmu opadów, zmniejszanie się warstwy ozonu atmosferycznego, zwiększające się zanieczyszczenia powietrza.

Należy stwierdzić, że w różnych ośrodkach na świecie badany jest wpływ warunków pogodowych na zachorowalność, śmiertelność i częstość przyjęć do szpitala a biometeorologia społeczna zyskuje coraz większe znaczenie, natomiast niewiele jest opracowań, w których przyjęcia do jednego szpitala odpowiadałyby zarazem zmienności stanu zdrowia populacji całego terenu.

Poza tym dla prawidłowego funkcjonowania szpitala podobnie jak wielu innych instytucji bardzo ważna jest możliwość precyzyjnego planowania zadań, w tym wypadku przyjęć do szpitala. Mam nadzieję, że prezentowana praca jest krokiem zmierzającym w tym kierunku.

Problemem badawczym było określenie zależności między warunkami pogodowymi a zmiennością nagłych przyjęć do szpitala. Postawiono hipotezę badawczą, że istnieje taki związek i ma on charakter powtarzalny. Celem pracy było określenie wpływu zmieniających się wybranych składników pogody na liczbę nagłych przyjęć do szpitala

W pracy analizowano przyjęcia pacjentów w trybie nagłym do Szpitala Wojewódzkiego im. Papieża Jana Pawła II w Zamościu w latach 2006-2008r. Analizę przeprowadzono w oparciu o dane z lat 2006-2008. W tym czasie w szpitalu odbyło się łącznie 152 424 hospitalizacje, w tym 95 521 (62,6%) w trybie nagłym. Liczba przyjęć w trybie nagłym wynosiła odpowiednio 30344, 31242 i 33935 pacjentów. Przyjęcia nagłe dotyczą przede wszystkim mieszkańców powiatu zamojskiego i miasta Zamość (łącznie ok 170 000), gdzie SOR szpitala jest jedynym działającym na tym terenie.

Przyjęcia analizowano w pięciu porach doby: poranek 6:00-9:00, południe 9:00-16:00, popołudnie 16:00-21:00, wieczór 21:00-24:00 i noc 24:00-6:00. Wartości elementów pogody uzyskano z pobliskiej stacji meteorologicznej w Tomaszowie Lubelskim.

W oparciu o te dane zaproponowano liniowy model, w którym oprócz zmiennych opisujących pogodę wprowadzono zerojedynkowe zmienne sezonowe, właściwe dla dni tygodnia i pory dnia wykorzystując zależność:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Z_{1t} + \alpha_2 Z_{2t} + \dots + \alpha_k Z_{kt} + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_m X_{mt} + \varepsilon_t$$

gdzie:

Y_t — liczba pacjentów przyjęta w momencie t

$Z_{1t-1}, Z_{2t-1}, \dots, Z_{kt-1}$ — zmienne opisujące poszczególne czynniki pogodowe

$X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{mt}$ — zmienne zerojedynkowe opisujące poszczególne sezony (pory dnia, dni tygodnia)

ε_t – składnik losowy

Wykonano obliczenia statystyczne i wykorzystując metodę najmniejszych kwadratów opracowano model określający ilość przyjęć nagłych w zależności od pory dnia, dnia tygodnia i zmieniających się warunków pogodowych.

Do wyboru najlepszego zestawu zmiennych objaśniających zastosowano metodę regresji krokowej, przy czym za optymalny uznano model o największej skorygowanej wartości współczynnika determinacji ze wszystkimi parametrami istotnymi statystycznie na poziomie istotności $<0,05$.

Najlepszy ze względu na ustalone kryteria okazał się model z dwiema zmiennymi pogodowymi (wilgotność względna, średnia temperatura powietrza), zmienną opisującą zmiany przyjęć w czasie (POG) oraz zerojedynkowymi zmiennymi sezonowymi opisującymi porę dnia oraz dni tygodnia. W tym modelu za bazową przyjęto noc w niedzielę. Oszacowane parametry zarówno przy zmiennych pogodowych jak i zmiennych sezonowych okazały się istotne statystycznie - co najmniej na poziomie 0,002 istotne statystycznie są parametry przy zmiennych pogodowych: wilgotność i temperatura powietrza. Wzrost wilgotności o 10 % powoduje spadek liczby przyjętych pacjentów o 1,26, natomiast wzrost temperatury o 10^0 C powoduje wzrost pacjentów o 1 osobę (0,93).

Oszacowany model charakteryzuje się dobrymi właściwościami statystycznymi. Opisuje zmienność przyjęć nagłych do szpitala w latach 2006-2008 w 90,2% ($R=0,902$).

Pozostałe zmienne pogodowe nie weszły do modelu optymalnego, gdyż są one relatywnie silnie skorelowane albo z wilgotnością albo z temperaturą powietrza. Innymi słowy w modelu podstawowym obie zmienne pogodowe nie tylko opisują wpływ temperatury i wilgotności ale reprezentują również pozostałe zmienne pogodowe.

Na podstawie wykonanych analiz przeprowadzono badanie prospektywne i użyto modelu do określenia przyjęć nagłych w miesiącu marcu 2010r. Wpisano średnie wartości temperatury

powietrza i wilgotności względnej w poszczególnych porach dnia i dniach tygodnia, następnie wyliczono w/g wzoru szacowaną ilość nagłych przyjęć.

Różnica między ilością przyjęć faktycznych a wyliczonych ze wzoru w czasie miesiąca wynosi 32 osoby, co stanowi 1 % różnicy.

Analizując piśmiennictwo należy stwierdzić, że w różnych ośrodkach na świecie badany jest wpływ warunków pogodowych na zachorowalność, śmiertelność, częstość przyjęć do szpitala.

W powyższej pracy przeanalizowano wpływ poszczególnych czynników na nagłe przyjęcia do oddziału SOR obejmującego swoim zasięgiem mieszkańców całej Zamojszczyzny - jest to jedyny oddział SOR na tym terenie. W piśmiennictwie niewiele jest prac dotyczących ogólnie nagłych przyjęć do jednego szpitala obejmującego swym zasięgiem cały region, w Polsce taką analizę przeprowadzono w ramach programu PHEWE w Krakowie, gdzie analizowano zgony i nagłe przyjęcia na terenie miasta. W niniejszej pracy analiza objęła jednak tylko 3 lata. Analizowano nagłe przyjęcia tylko do jednego szpitala co można traktować jako ograniczenie niniejszej pracy. Dlatego w przyszłości warto by było określić sprawdzalność opracowanego modelu w odniesieniu do nagłych przyjęć w innym szpitalu obejmującym swą opieką podobną ilość mieszkańców. Przydatne mogłoby być też zastosowanie podobnego modelu do prognozowania ilości wezwań pogotowia ratunkowego.

Z przeprowadzonych badań można wysnuć następujące wnioski:

1. Nagłe przyjęcia do szpitala wykazują zależność od czynników atmosferycznych, która odpowiada za około 20% zmienności.
2. W oparciu o przewidywania temperatury i wilgotności można stworzyć model prognostyczny, który w około 90 % opisuje zmienność przyjęć ze wskazań nagłych w poszczególnych porach dnia i dniach tygodnia.
3. Trafna prognoza pogody może być użyteczna w planowaniu pracy szpitala, zwłaszcza organizacji pracy w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym.

