

Rozdział

3



WPŁYW ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA NA ZDROWIE LUDZKIE

ODDZIAŁYWANIE ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA DROBNYM PYŁEM ZAWIESZONYM I WIELOPIERŚCIENIOWYMI WĘGLOWODORAMI AROMATYCZNYMI W OKRESIE PRENATALNYM NA ZDROWIE DZIECKA. BADANIA W KRAKOWIE

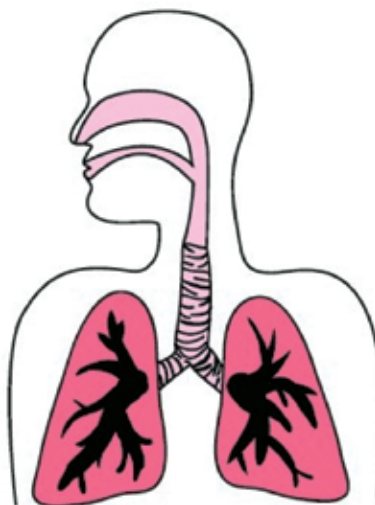
Katedra Epidemiologii i Medycyny Zapobiegawczej
UJ CM, Fundacja Zdrowie i Środowisko

Kraków od wielu dziesięcioleci należy do miast wyróżniających się nie tylko w Polsce, ale w całej Europie bardzo wysokimi stężeniami zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Wynika to nie tylko z miejscowej emisji zanieczyszczeń, ale także z niekorzystnego usytuowania miasta w inwersyjnej dolinie rzeki, gęstej zabudowie miasta oraz dużym natężeniu ruchu samochodowego (spaliny samochodowe). Pewna część zanieczyszczeń powietrza jest też przenoszona z wiatrem z ościennych rejonów Polski południowo-zachodniej. Chociaż w okresie ostatnich dwudziestu lat obserwujemy zmniejszenie poziomu zanieczyszczeń, to daleko jest nam jeszcze do uzyskania bezpiecznych dla zdrowia wartości normatywnych zwłaszcza w sezonie jesiennie-zimowym.

Zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego obejmują skażenia **gazowe** (tlenki azotu, siarki, węglowodory aromatyczne etc) i **pyłowe** (o różnym stopniu rozdrobnienia ziaren) – rysunek 3.1. Od wielu lat były prowadzone badania doświadczalne i obserwacyjne na zwierzętach i ludziach dla udokumentowania wpływu zanieczyszczonego powietrza na skutki zdrowotne. W wyniku tych badań poznano zakres i mechanizm oddziaływania poszczególnych składników zanieczyszczonego powietrza i stwierdzono, że niektóre choroby u człowieka (choroby układu oddechowego, nowotwory płuc, choroby nienowotworowe płuc, choroby krążenia, reakcje alergiczne) mogą być związane istotnie z oddziaływaniem zanieczyszczeń pyłowych powietrza atmosferycznego w miejscu zamieszkania. Obecnie nie chodzi już o to czy skażenie powietrza szkodzi czy nie, ale jakie elementy tego skażenia oraz ja-

kie stężenia poszczególnych składników są najgroźniejsze dla zdrowia. Zadania te nie są łatwe, ponieważ musimy sobie zdawać sprawę, że zanieczyszczenia powietrza w formie aerozoli (aerazol - rozproszenie ciał stałych lub cieczy w środowisku gazowym) pochodzą z różnych źródeł (przemysłowych i nieprzemysłowych) i stąd zawierają bardzo różne rodzaje pyłów i gazów, które różnią się stanem rozdrobnienia i składem chemicznym.

Konsekwencje zdrowotne ekspozycji są wypadkową zarówno średnicy cząstek aerozolu, ich stężenia, jak i składu chemicznego. Aerozole o średnicy ziaren poniżej 10 mikrometrów (tzw. pył zawieszony) przenikają wraz z wdychanym powietrzem do dróg oddechowych i tam głównie powodują zmiany patologiczne (reakcje zapalne, alergiczne). Cząsteczki drobniejsze o średnicy 2,5 mikrometrów i mniejsze (PM_{2.5}) są bardziej groźne dla zdrowia, ponieważ penetrując głębiej wnikają do pęcherzyków płucnych, gdzie odbywa się wymiana gazowa. Stwierdzono, że pyły o średnicy 0,1 μm przenikając z pęcherzyków płucnych do naczyń krwionośnych wraz z krwią dostają się do różnych narządów i tkanek; mogą też przenikać poprzez barierę łożyskowo-naczyniową do płodu.



Rysunek 3.1. Budowa układu oddechowego człowieka (schemat)

Choć cząsteczki pyłu o większej średnicy w zasadzie nie są inhalowane do płuc z powietrzem, to wcale nie oznacza, że są obojętne dla zdrowia. Ich kontakt ze skórą, spojówkami, śluzówkami jamy nosowo-gardłowej niesie ze sobą odpowiednie zagrożenia zdrowotne. Mechanizm szkodliwego działania pyłu wynika z ich właściwości fizyko-chemicznych (podrażnienia mechaniczne spojówek i śluzówek górnych oraz dolnych dróg oddechowych), toksycznego uszkodzenia tkanek (zawartość w pyłe siarczanów, węglowodorów, metali ciężkich itd.) oraz działania alergizującego niektórych składników ziaren pyłu.

Badania populacyjne nad skutkami zdrowotnymi zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego są bardzo trudne i złożone, ponieważ skutki zdrowotne zależą nie tylko od natężenia ekspozycji i czasu narażenia, ale także od wielu czynników osobniczych (wiek, indywidualna odporność organizmu, współistniejące choroby, styl życia itd.), nie wspominając już o warunkach klimatycznych. Szkody zdrowotne dla człowieka narażonego na działanie zanieczyszczeń powietrza mogą mieć charakter lokalny (układ oddechowy, skóra, spojówki itd.), ale także mogą dotyczyć innych narządów (układ krążenia). Uogólnienie skutków zdrowotnych wynika z faktu, że niektóre nawet stałe składniki aerozolu są rozpuszczalne w płynach ustrojowych (np. w śluzie oskrzeli) i przenikają do krwiobiegu, i tą drogą docierają do różnych narządów. Reakcje biologiczne na zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego zależą nie tylko od toksyczności poszczególnych składników pyłowych i gazowych, ale także od ich łącznego oddziaływania. Poszczególne składniki często wchodzić ze sobą w różne reakcje, które w konsekwencji mogą potęgować ich sumaryczną toksyczność. Reakcja biologiczna ustroju na te same zanie-



Fot. Zebranie Polskiego Towarzystwa Epidemiologii Środowiskowej

czyszczenia oddziaływujące w wysokiej temperaturze otoczenia (gorące lato) jest inna niż w temperaturze niskiej i przy wysokiej wilgotności. Skutki zdrowotne skażenia środowiska zależą w dużej mierze również od tego, w jakim stopniu organizm jest w stanie bronić się przed skutkami biologicznymi zanieczyszczeń. Siły obronne ustroju na pewno są mniejsze w pewnych grupach populacyjnych (dzieci i osoby w starszym wieku). Także osoby cierpiące na choroby przewlekłe, zwłaszcza na choroby serca i płuc (rozedma, astma), należą do grup zwiększonego ryzyka.

Problemami profilaktyki chorób zajmowano się w naszej uczelni od prawie 5 wieków, tzn. od czasu, kiedy Dr Michał z Miechowa (Miechowitza), profesor UJ opublikował pierwszą w Polsce monografię (*Conservatio Sanitatis*) na temat ochrony i zachowania zdrowia.

Zakład Epidemiologii naszej Katedry jest kontynuatorem tego historycznego kierunku badań i zajmuje się

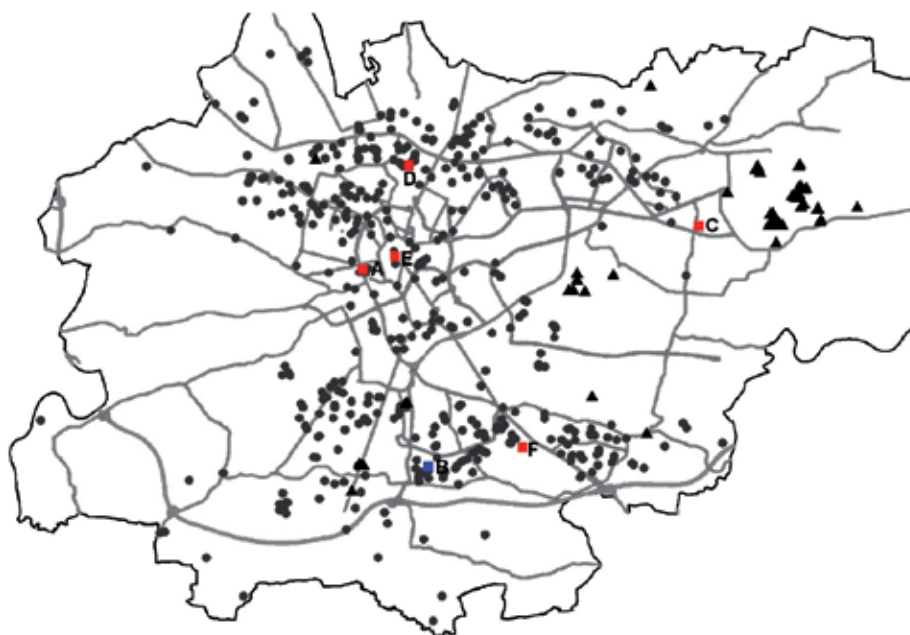


Fot. Pomnik Macieja z Miechowa (Miechowitza) profesora Wydziału Lekarskiego UJ (XVI wiek)



Fot. Strona tytułowa monografii *Conservatio Sanitatis* (wyd. 1522)

Mapa 3.1. Rozkład przestrzeny adresów matek biorących udział w badaniu oraz stacji monitoringu miejskiego (● adresy; ■ stacje monitoringu miejskiego: A – Aleje Krasińskiego, B – Kurdwanów (od 2010), C – Nowa Huta, D – Krowodrza (do 2010), E – Rynek Główny (do 2004), F – Prokocim (do 2003); ▲ przemysłowe źródła zanieczyszczeń)



wpływem zanieczyszczeń pyłowych powietrza na zdrowie różnych grup mieszkańców Krakowa już od ponad 40 lat. Kilkanaście raportów z tych badań zostało ostatnio opublikowanych w wielu czasopismach krajowych i zagranicznych [1–13] i przedstawionych na posiedzeniach Polskiego Towarzystwa Epidemiologii Środowiskowej, Polskiej Akademii Umiejętności oraz licznych konferencjach międzynarodowych. W roku 2000 wspólnie z Uniwersytetem w Nowym Jorku (Prof. F. P. Perera, Columbia University New York) podjęto nową serię długoletnich badań w Krakowie dla określenia ujemnego wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie noworodków i dzieci. Program badań jest finansowany przez Narodowy Instytut Zdrowia w Stanach Zjednoczonych, częściowo jest także dofinansowany przez Fundację Zdrowie i Środowisko działającą od ponad 10 lat przy Katedrze Epidemiologii i Medycyny Zapobiegawczej UJ CM.

W latach 2000–2004 zrekrutowano do badań 505 kobiet ciężarnych w drugim lub trzecim trymestrze ciąży spośród pacjentek poradni położniczo-ginekologicznych (mapa 3.1). Wszystkim kobietom przed uzyskaniem zgody na udział w badaniu przedstawiono bardzo szczegółowy program badania i otrzymano ich pisemną zgodę na udział w badaniach. Plan badania został uprzednio zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną UJ Collegium Medicum. Badania są realizowane już dwunasty rok i badanie kohorty dzieci w wieku 8 lat jest na ukończeniu, ale planowana jest dalsza obserwacja, jeśli pozwolą na to fundusze. Opis szczegółowy metod postępowania zabrałby zbyt dużo miejsca, trzeba jednak w skrócie podać, że do badania zostały zakwalifikowane tylko kobiety ciężarne w wieku 18–35 lat, które nie paliły papierosów, nie chorowały na choroby przewlekłe (cukrzyca, nadciśnienie) i były stałymi mieszkankami Krakowa od przynajmniej roku. W okresie przedporodowym wykonano pomiary indywidualnej ekspozycji na PM_{2.5} i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) oraz prze-

prowadzono dwukrotnie wywiady epidemiologiczne ze wszystkimi badanymi na temat przebiegu ciąży, problemów zdrowotnych i potencjalnych szkodliwości środowiskowych w domu, w pracy i w miejscu zamieszkania. Przy porodzie pobierano krew pępowinową i krew matki do analiz toksykologicznych (addukty WWA-DNA, kotinina, metale ciężkie). Dane o przebiegu porodu i stanie zdrowia noworodka były odnotowane z kart historii choroby. Po porodzie rozwój noworodków i dzieci był monitorowany przy pomocy testów oceniających ich rozwój psychomotoryczny, występowanie chorób ostrych i przewlekłych, alergii i pomiarów sprawności wentylacyjnej płuc. Na mapie 3.1 i wykresie 3.1 przedstawiono lokalizację badanych według ich miejsca zamieszkania oraz fragment analizy rozkładu przestrzennego zanieczyszczeń w Krakowie modelowanych na podstawie indywidualnych pomiarów stężeń PM_{2.5} i WWA.

POMIAR EKSPOZYCJI NA PM_{2.5} I WWA

Ekspozycja na PM_{2.5} i WWA w okresie prenatalnym dziecka była przeprowadzona u wszystkich kobiet ciężarnych w drugim trymestrze ciąży w sposób ciągły przez 48 godzin przy pomocy indywidualnych samplerów, które były specjalnie skonstruowane na potrzeby tych badań przez Prof. J. Spenglera z Harvard University.

Sampler jest zminiaturyzowanym urządzeniem zasilanym akumulatorem. Ważną zaletą urządzenia jest cicha praca i prostota w jego obsłudze. Aparat zasysa powietrze z szybkością przepływu powietrza w drogach oddechowych i frakcja drobnego pyłu jest zatrzymywana na filtrze, natomiast gazowe zanieczyszczenia są absorbowane w dodatkowej głowicy. W okresie wykonywania pomiarów kobieta była zobowiązana do noszenia samplera w małym plecaku podczas przebywania na zewnątrz, np. w drodze (praca/zakupy), a gdy przebywała w pomieszczeniach zamkniętych umieszczała plecak z samplerem w bliskim sąsiedztwie. W godzinach nocnych sampler był umieszczany przy łóżku badanej na po-



Fot. Jedna z osób objętych badaniem z plecakiem zawierającym aparat pomiarowy



Fot. Aparatura przenośna do pomiaru PM2.5 oraz WWA

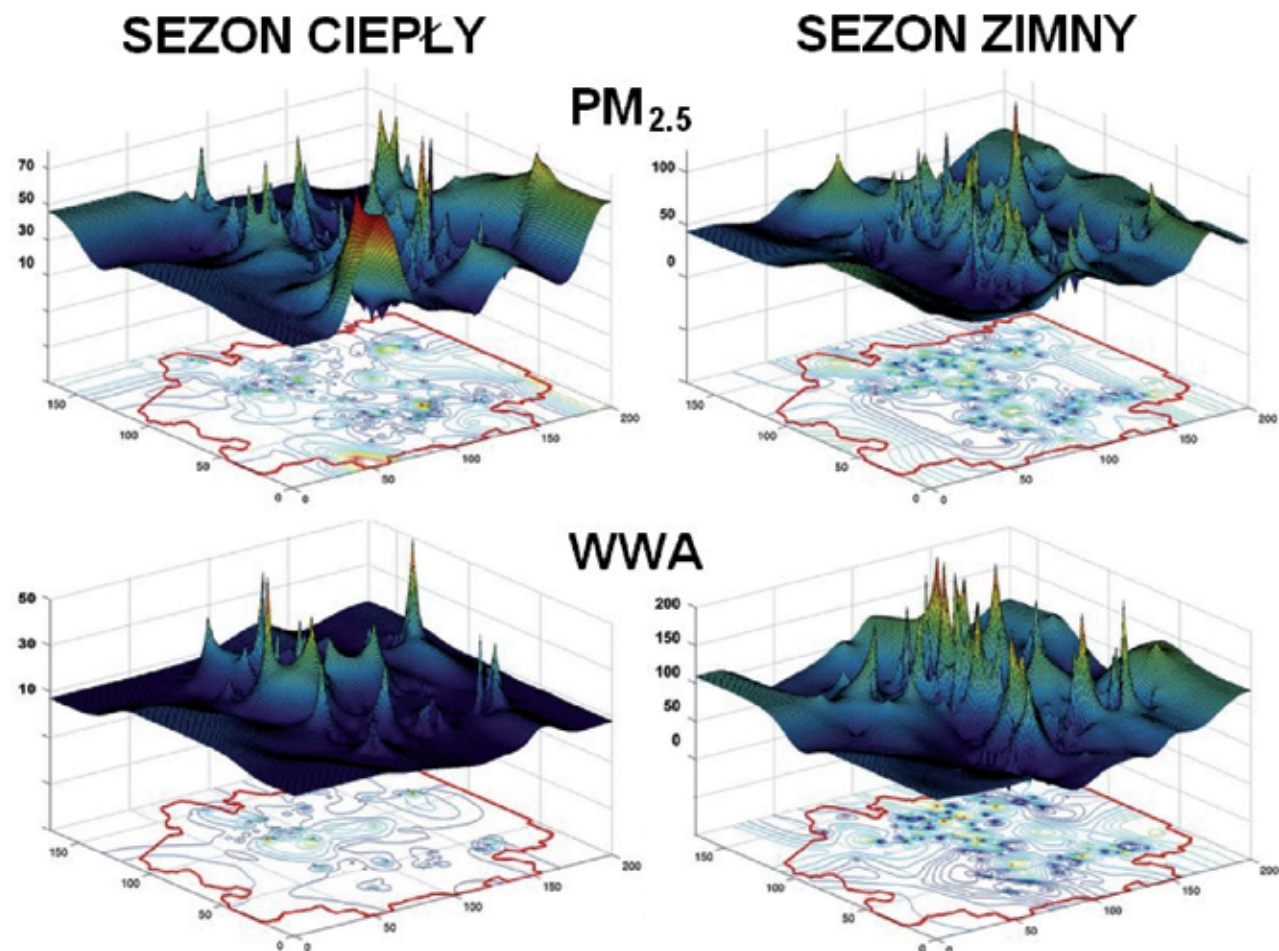
POZIOM EKSPOZYCJI W KRAKOWIE NA PODSTAWIE POMIARÓW INDYWIDUALNYCH

Pył zawieszony PM2.5

Średnie narażenie indywidualne na drobny pył (lata 2000-2004) w badanej grupie kobiet wynosiło $35.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95%PU: $34,0-38,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Połowa osób była narażona na wartości poniżej $34,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Średnia wartość pyłu zawieszonego PM10 mierzona w tym czasie na stacji monitoringu miejskiego w Krowodrzy (tło miejskie) wynosiła $41,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95%PU: $39,0 - 43,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia pyłu PM2.5 były istotnie wyższe w sezonie grzewczym w porównaniu do okresu cieplejszego ($43,3$ vs $28,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$); 70% pomiarów wykazywało wartości powyżej zalecanej normy dobowej dla PM2.5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) natomiast 39% pomiarów przekraczało normy dla PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) – wykresy 3.2-3.3.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Pomiary WWA w powietrzu obejmowały 8 związków: benzo(a)anthracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylene, benzo(a)piren (BaP), chryzen, dibenzo(a,h)antracen, chryzene, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-cd)piren i piren. Całkowity po-



Wykres 3.1. Rozkład przestrzenny zanieczyszczeń PM2.5 i WWA w Krakowie modelowany na podstawie pomiarów indywidualnych

ziom WWA oznacza sumę ww. związków. Średni poziom WWA wynosił 26,1 ng/m³ (95%PU: 23,3-29,1 ng/m³), mediana 23,0 ng/m³. Średni poziom benzo(a)pirenu wynosił 1,3 (95%PU: 2,4-3,1), mediana 2,7 ng/m³. Podobnie jak w przypadku pyłu drobnego poziom WWA był znacznie wyższy w sezonie grzewczym (październik – marzec) w porównaniu z okresem ciepłym (średnia 60,0 vs 10,0 ng/m³), podobnie jak poziom BaP (7,4 vs 0,8 ng/m³) – wykresy 3.2-3.4.

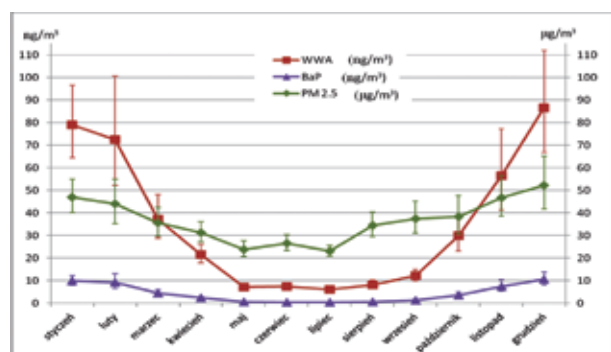
Addukty WWA-DNA.

Absorbowane przez organizm związki WWA, a dokładnie benzo(a)piren (BaP), tworzą z materiałem genetycznym (DNA) addukty i ich stężenie we krwi jest traktowane jako dozometr dawki BaP pochłoniętej przez człowieka. Średni poziom adduktów mierzony we krwi pępowinowej był na podobnym poziomie jak u matek (0,27 vs 0,26 na 10⁸ nukleotydów) – wykres 3.5. Stężenie adduktów powyżej poziomu detekcji (0,125 na 10⁸ nukleotydów) stwierdzono u 64% badanych i było ono zależne w dużej mierze od poziomu WWA w powietrzu atmosferycznym.

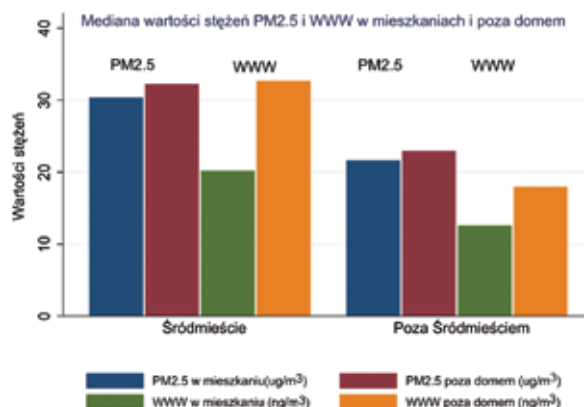
ZDROWIE NOWORODKA A EKSPOZYCJA MATKI W OKRESIE CIĄŻY

Jak wspomniano wcześniej, ekspozycja na zagrożenia środowiskowe w okresie życia płodowego ma ważniejsze znaczenie w kategoriach potencjalnych szkód zdrowotnych niż podobna ekspozycja w innych okresach życia. Wynika to głównie z dużej dynamiki rozwoju płodu i szybkiej proliferacji komórek przy braku wykształconej w pełni zdolności obronnej płodu przed szkodliwymi środowiskowymi. Wczesnymi oznakami nieprawidłowego rozwoju dziecka w okresie życia płodowego jest niższa masa urodzeniowa dziecka (wykresy 3.6-3.7).

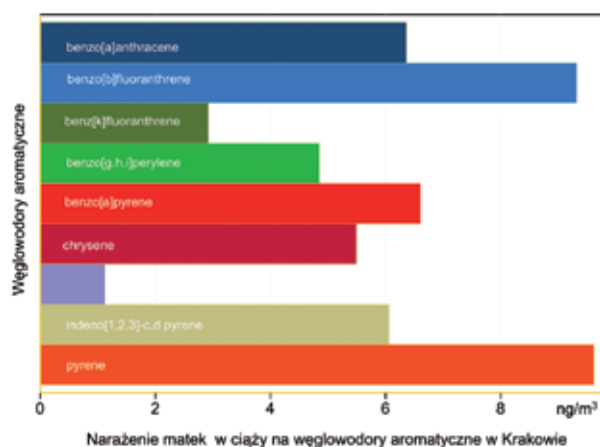
Kobiety w Krakowie które w okresie ciąży były ekspozowane na PM2.5 powyżej 35 µg/m³ rodziły dzieci z istotnie niższą masą urodzeniową (średnio o 128 g), mniejszym obwodem główki (średnio o 0,3 cm) i mniejszą długością ciała (średnio o 0,9 cm) [13]. Wyniki badań w Krakowie zostały potwierdzone także w równoległe prowadzonych obserwacjach populacji nowojorskiej. Jest rzeczą zrozumiałą, że deficyt parametrów antropometrycznych noworodka idzie w parze ze słabiej wy-



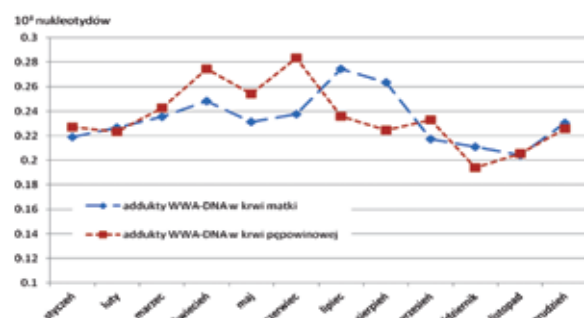
Wykres 3.2. Średni poziom zanieczyszczeń (wraz z przedziałem ufności) drobnym pyłem zawieszonym PM2.5, wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) oraz benzo(a)pirenem (BaP) w poszczególnych miesiącach



Wykres 3.3. Mediana wartości stężeń PM2.5 (µg/m³) i WWA (ng/m³) w mieszkaniach i poza domem w Krakowie



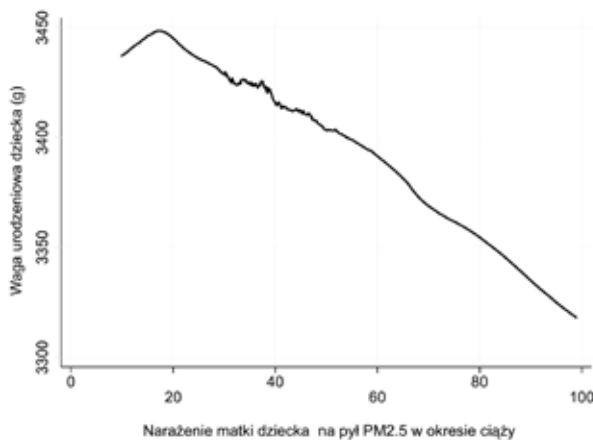
Wykres 3.4. Narażenie matek w ciąży na wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne



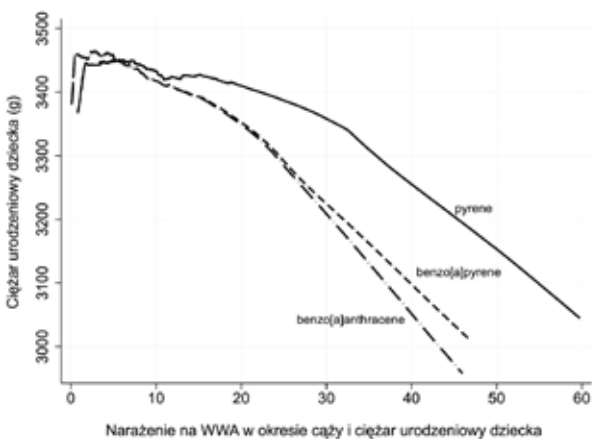
Wykres 3.5. Średni poziom adduktów WWA-DNA mierzonych we krwi matki oraz we krwi pępowinowej (zmienność czasowa) kształconą sprawnością i funkcją różnych układów jak np. układu immunologicznego. Zaobserwowaliśmy, że u dzieci o niższej masie urodzeniowej częściej występował tzw. świszczący oddech w późniejszych okresach życia, co zwykle poprzedza występowanie objawów astmatycznych [6].

SPRAWNOŚĆ WENTYLACYJNA PŁUC I ALERGIA

Od czwartego roku życia wykonywano regularnie w odstępach rocznych pomiary antropometryczne oraz mierzono sprawność wentylacyjną płuc dzieci uczestni-



Wykres 3.6. Narażenie matki na PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) w czasie ciąży a masa urodzeniowa dziecka



Wykres 3.7. Narażenie na WWA (ng/m^3) w okresie ciąży a masa urodzeniowa dziecka

czących w badaniu. Badania spirometryczne wykonane u dzieci pięcioletnich wykazały istotnie niższe wartości całkowitej objętości wydechowej płuc o około 100 ml, jeśli były one narażone na wyższe stężenia pyłu w okresie prenatalnym. Może to świadczyć o gorszym wykształceniu płuc u dzieci eksponowanych na wyższe stężenia pyłu w okresie życia płodowego. Odczyny alergiczne na wybrane alergeny środowiska domowego (roztocza, sierść kota i psa) były wykonywane u dzieci w wieku 5 i 8 lat w Miejskim Szpitalu Dziecięcym im. św. Ludwika w Krakowie pod kierunkiem dr M. Klimaszewskiej-Rembiasz. Równocześnie z testami alergicznymi dzieci, w mieszkaniach badanych osób wykonywano pomiary alergenów w kurzu domowym pod kierunkiem prof. M. Zembali z Polsko-Amerykańskiego Instytutu Pediatrii UJ CM. Dane z badań alergologicznych są aktualnie przedmiotem analizy.

PODATNOŚĆ DZIECI NA INFЕКCJE OSKRZELI I PŁUC

Podatność dzieci na infekcje oskrzeli i zapalenie płuc zależy nie tylko od ekspozycji na czynniki chorobotwórcze (wirusy, bakterie), ale także w istotnej mierze od odporności ustroju, czyli zespołu reakcji obronnych, których celem jest unieszkodliwienie lub eliminowanie zagrożeń. W okresie prenatalnym w drugim miesiącu życia płodowego następuje rozwój funkcji immunolo-

gicznych (rozwój grasicy i śledziony oraz pojawienie się limfocytów we krwi płodu). Nieco później powstają immunokompetentne limfocyty T, limfocyty B oraz pojawiają się immunoglobuliny, ale odporność płodu nie jest jeszcze w pełni wykształcona. Dopiero w wieku 10-12 lat układ odpornościowy dziecka osiąga pełną dojrzałość w zakresie zdolności obronnych.

Wyniki badań w Krakowie wykazały, że narażenia w okresie ciąży na wyższe poziomy WWA (powyżej $25 \text{ ng}/\text{m}^3$) było związane z częstszym występowaniem u niemowląt objawów chorobowych świadczących o zapaleniu górnych i dolnych dróg oddechowych [4]. Podatność dzieci na choroby układu oddechowego, wyrażona nawrotowymi infekcjami rejestrowanymi przez okres siedmiu lat, była silnie związana z ekspozycją prenatalną (wykres 3.8). Okazało się, że nawet stosunkowo niskie stężenia PM2.5 powyżej $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zwiększały podatność na nawracające zapalenie oskrzeli i zapalenie płuc zarówno u dzieci astmatycznych jak u tych, u których astmy nie stwierdzono.

O wadze zagadnienia świadczy fakt, że o ile w grupie dzieci z wysoką ekspozycją na PM2.5 prawdopodobieństwo nawracającego zapalenia płuc było średnio 3 razy większe niż w grupie dzieci z grupy kontrolnej (niska ekspozycja), to wśród dzieci astmatycznych prawdopodobieństwo nawrotowego zapalenia oskrzeli było pięciokrotnie wyższe niż w grupie dzieci nieastmatycznych. Podobne różnice zaobserwowano w odniesieniu do nawrotowego zapalenia oskrzeli (vide ryciny). Należy pamiętać, że nawracające infekcje dróg oddechowych i zapalenie płuc przebyte w dzieciństwie mają istotny wpływ na sprawność wentylacyjną płuc w wieku dojrzałym.

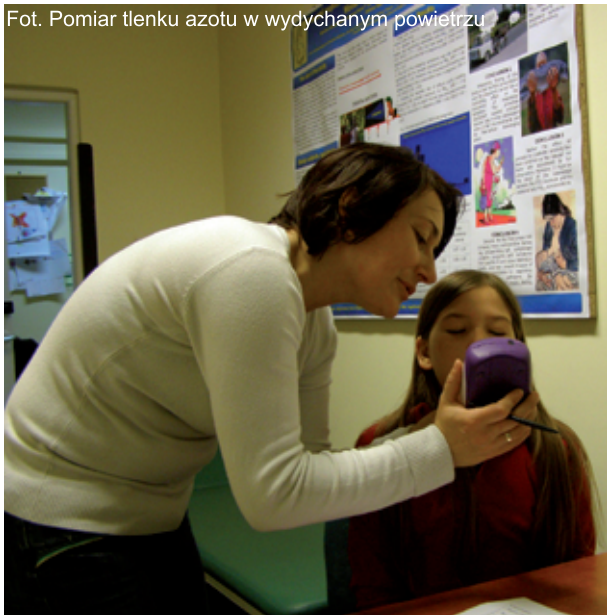
OCENA ROZWOJU PSYCHOMOTORYCZNEGO DZIECKA

Monitorowanie rozwoju psychomotorycznego dzieci rozpoczęto już w okresie noworodkowym (w wieku 6 i 12 miesięcy) przy zastosowaniu testów Fagana. Przez kolejne trzy lata stosowano testy Bayleja, w wieku 5 lat



Fot. Badanie spirometryczne

Fot. Pomiar tlenu azotu w wydychanym powietrzu



i 8 lat test Ravena, natomiast w wieku 6-7 oraz 9 lat wykonywano testy Wechslera. Badania psychomotoryczne były wykonane w Katedrze Epidemiologii i Medycyny Zapobiegawczej pod kierunkiem mgr M. Butscher z Polsko-Amerykańskiego Instytutu Pediatrii CM UJ.

Wczesnym bardzo czułym sygnałem uszkodzenia układu nerwowego u małych dzieci są zaburzenia rozwoju psychomotorycznego. Rozwój umysłowy i zdolności poznawcze dzieci w wieku 5 lat w powiązaniu z ekspozycją prenatalną były oceniane za pomocą Testu Matryc Kolorowych Ravena. Zastosowana wersja testu została wystandaryzowana w odpowiedniej populacji dzieci w naszym kraju. Zaletą tego badania jest to, że wyniki testu wykonane w wieku przedszkolnym korelują dobrze z późniejszymi osiągnięciami edukacyjnymi dziecka w szkole. Okazało się, że dzieci narażone na wyższe stężenia WWA (powyżej 18 ng/m^3), uzyskiwały gorsze wyniki w porównaniu z rówieśnikami, którzy byli narażeni na niższe stężenia. Różnica ta orientacyjnie jest porównywalna z deficytem 3,8 punktów na skali ilora-

zu inteligencji. Trzeba podkreślić, że w analizie skutków oddziaływania węglowodorów aromatycznych na rozwój umysłowy dzieci uwzględniono także inne czynniki, które mogą mieć wpływ na rozwój dziecka, jak czas trwania i przebieg ciąży, ekspozycję na dym tytoniowy, związki ołowiu i rtęci. Również sytuacja społeczno-ekonomiczna rodziny, płeć dziecka, liczba starszego rodzeństwa, a także inteligencja matki zostały uwzględnione. Bardzo podobny efekt związany z ekspozycją na WWA obserwowano również w równolegle prowadzonych badaniach w populacji dzieci nowojorskich. Dalsze badania w krakowskiej grupie dzieci pozwolą wyjaśnić, czy zaobserwowana różnica zdolności edukacyjnych w wieku 5 lat będzie się utrzymywała także w wieku szkolnym i warunkowała ich przyszłe osiągnięcia w nauce. W tym celu co roku wykonywane są testy rozwojowe stosowne do aktualnego wieku dziecka.

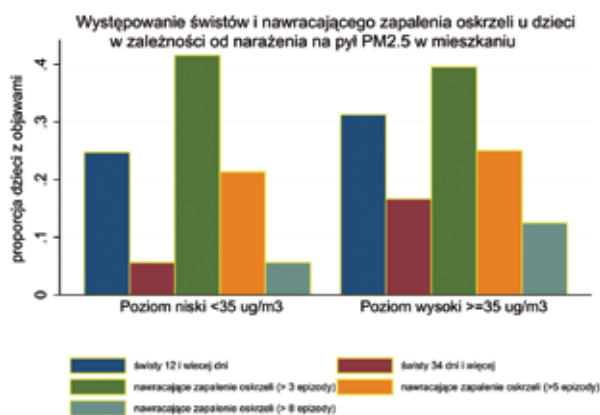
Znaczenie prowadzonych badań w Krakowie trudno przecenić, ponieważ szybko rozwijający się płód w łonie matki jest bardzo wrażliwy na różne składniki zanieczyszczeń, tym bardziej że bariera łożyskowa nie chroni płodu w pełni przed kontaktem z czynnikami chemicznymi, takimi jak węglowodory aromatyczne, które przekraczają względnie łatwo barierę łożyskową. Badania w tym zakresie dopiero zostały zapoczątkowane w Europie i niewiele wiadomo o szkodach zdrowotnych dla młodego pokolenia, które z racji ekspozycji w życiu płodowym ponosi konsekwencje zdrowotne już u progu swego życia. Badania w Krakowie są unikatowe także pod tym względem, że, jak nigdy przedtem, nie zostały przeanalizowane zagrożenia indywidualne mieszkańców Krakowa związane z zanieczyszczeniami powietrza atmosferycznego pyłem oraz związkami rakotwórczymi, do których należą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Podsumowując trzeba stwierdzić, że badania w Krakowie nie pozostawiają żadnych wątpliwości, że ujemne skutki prenatalnej ekspozycji na zanieczyszczenia atmosferyczne w Krakowie są wyraźnie widoczne. Chociaż jeszcze nie wiemy, w jakiej mierze obserwowane zmiany determinują dalszy rozwój dzieci i będą zwią-



Fot. Pomiar tlenu węgla w wydychanym powietrzu



Fot. Badanie psychometryczne



Wykres 3.8. Występowanie świstów i nawracającego zapalenia oskrzeli u dzieci w zależności od narażenia na stężenie pyłu PM2.5 w mieszkaniu

zane z odległymi skutkami tej ekspozycji, mamy nadzieję, że kontynuowanie tych badań pozwoli na udzielenie odpowiedzi także na te pytania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jedrychowski W., Whyatt R.M., Camann D.E., Bawle U.V., Peki K., Spengler J.D., Dumyahn T.S., Penar A., Perera F.F. Effect of prenatal PAH exposure on birth outcomes and neurocognitive development in a cohort of newborns in Poland. Study design and preliminary ambient data. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2003;16:21–29.
- [2] Jedrychowski W., Bendkowska I., Flak E., Penar A., Jacek R., Kaim I., Spengler J.D., Camann D., Perera F.P. Estimated risk for altered fetal growth resulting from exposure to fine particles during pregnancy: an epidemiologic prospective cohort study in Poland. *Environmental Health Perspectives* 2004;112:1398–1402.
- [3] Jedrychowski W., Maugeri U., Zembala M., Perzanowski M.S., Hajto B., Flak E., Mróz E., Jacek R., Sowa A., Perera F.P. Risk of wheezing associated with housedust mite allergens and indoor air quality among three-year-old children. Kraków inner city study. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2007;20(2):117–126
- [4] Jedrychowski W., Galas A., Pac A., Flak E., Camann D., Rauh V., Perera F. Prenatal ambient air exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and the occurrence of respiratory symptoms over the first year of life. *European Journal of Epidemiology* 2005;20:775–782
- [5] Jedrychowski W., Perera F., Maugeri U., Spengler J.D., Mroz E., Rauh V. Effect of prenatal exposure to fine particles and postnatal indoor air quality on the occurrence of respiratory symptoms in the first two years of life. *International Journal of Environment and Health* 2008;2(3/4):314–329.
- [6] Jedrychowski W., Perera F.P., Maugeri U., Mróz E., Flak E., Mrozek-Budzyn D., Edwards S., Musiał A. Length at birth and effect of prenatal and postnatal factors on Early Wheezing phenotypes. Kraków epidemiologic cohort study. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2008;21(2):111–119.
- [7] Jedrychowski W., Perera F., Mrozek-Budzyn D., Mroz E., Flak E., Spengler J.D., Edwards S., Jacek R., Kaim I., Skolicki Z. Gender differences in fetal growth of newborns exposed prenatally to airborne fine particulate matter. *Environmental Research* 2009; 109:447–456.
- [8] Jedrychowski W.A., Perera F.P., Maugeri U., Mrozek-Budzyn D., Mroz E., Klimaszewska-Rembiesz M., Flak E., Edwards S., Spengler J., Jacek R., Sowa A. Intrauterine exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons, fine particulate matter and early wheeze. Prospective birth cohort study in 4-year olds. *Pediatric Allergy and Immunology* 2010;21:e723–e732.
- [9] Jedrychowski W.A., Perera F.P., Maugeri U., Mroz E., Klimaszewska-Rembiesz M., Flak E., Edwards S., Spengler J.D. Effect of prenatal exposure to fine particulate matter on ventilatory lung function of preschool children of non-smoking mothers. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 2010.
- [10] Edwards S.C., Jedrychowski W., Butscher M., Camann D., Kiełtyka A., Mroz E., Flak E., Li Z., Wang S., Rauh V., Perera F. Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and children's intelligence at 5 years of age in a prospective cohort study in Poland. *Environmental Health Perspectives* 2010; 118(9): 1326–31.
- [11] Adibi J.J., Perera F.P., Jedrychowski W., Camann D.E., Barr D., Jacek R., Whyatt R.M. Prenatal Exposures to Phthalates among Women in New York City and Krakow, Poland. *Environmental Health Perspectives* 2003;111(14):1719–1722.
- [12] Jedrychowski W.A., Perera F.P., Whyatt R., Mroz E., Flak E., Jacek R., Penar A., Spengler J., Camann D. Wheezing and lung function measured in subjects exposed to various levels of fine particles and polycyclic aromatic hydrocarbons. *Central European Journal of Medicine* 2007; 2(1): 66–78.
- [13] Choi H., Jedrychowski W., Spengler J., Camann D.E., Whyatt R.M., Rauh V. D.E., Whyatt R.M., Tsai W.Y., Perera F.P. International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth. *Environmental Health Perspectives* 2006; 114(11): 1744–1750.

Fot. Analiza wyników badań



SEZON PYŁKOWY I ZARODNIKOWY W KRAKOWIE

Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej,
Wydział Lekarski, Uniwersytet Jagielloński Collegium
Medicum, Zakład Klimatologii, Instytut Geografii
i Gospodarki Przestrzennej, Wydział Biologii i Nauk
o Ziemi, Uniwersytet Jagielloński

Alergiczny nieżyty nosa jest chorobą, która ma zasięg globalny i stanowi obecnie poważny problem zdrowotny, zwłaszcza w krajach wysoko rozwiniętych, w związku ze wzrostem zachorowalności w ostatnich 50 latach (Obtułowicz 2001; Ring i in. 2001; Van Cauwenberge i in. 2005; Bousquet i in. 2008; Sofiev i in. 2009). Większość pacjentów z alergicznym nieżytem nosa uczulona jest na różne alergeny, tzw. zewnętrzne (pyłek roślin i zarodniki grzybów) i/lub wewnętrzne, czyli związane ze środowiskiem domowym (roztocze kurzu domowego, zarodniki grzybów, sierść i naskórek zwierząt).

W Polsce również od kilkadziesiątu lat notuje się wzrost zachorowalności na alergię pyłkową (Samoliński 2008; Samoliński i in. 2009), której główną przyczyną jest występowanie w powietrzu alergenów pyłku roślin wiatropylnych, przede wszystkim traw (*Poaceae*), na które jest uczulonych prawie 90% pacjentów z alergią pyłkową (Obtułowicz i in. 1990, 1991). Spośród alergenów drzew najsilniej w naszej strefie klimatycznej uczula brzoza (*Betula*), a w dalszej kolejności leszczyna (*Corylus*) i olsza (*Alnus*), natomiast głównymi alergenami występującymi późnym latem i jesienią są: bylica (*Artemisia*) i ambrozja (*Ambrosia*) (D'Amato i in. 2007).

W okresie lata objawy alergicznego nieżyty nosa są dodatkowo nasilane przez wysokie stężenia zarodników grzybów anamorficzných, zwłaszcza *Alternaria* i *Cladosporium* (Myszkowska i in. 2002). We współczesnej alergologii coraz bardziej jest podkreślany problem „mikologicznego skażenia powietrza”, gdyż czynnikiem etiologicznym powodującym wiele schorzeń alergicznych są grzyby. Ponad 80 rodzajów grzybów powoduje objawy alergii układu oddechowego, a badania kliniczne wykazują, że zarodniki *Alternaria* i *Cladosporium* są trzecią w kolejności po kurzu domowym z roztoczymi i pyłku traw, przyczyną astmy, egzemy i nieżyty nosa. W badaniach prowadzonych w Krakowie wykazano, że mniejszy procent pacjentów jest uczulonych na alergeny zarodników *Cladosporium* niż *Alternaria* (Myszkowska i in. 2002).

Za jedną z przyczyn wzrostu zachorowalności na alergię pyłkową przyjmuje się m. in. wpływ zanieczyszczeń środowiskowych, którym przypisuje się istotne znaczenie przez ich wpływ na aeroplankton i mechanizm odporności ustroju ludzkiego (Obtułowicz i in. 2001; Peternel i in. 2004). Spaliny samochodowe, tlenki azotu czy związki organiczne znajdujące się w powietrzu ułatwiają rozwój alergii. Szczególnie wyraźnie obserwuje się zwiększony udział procentowy chorych na alergię pyłkową i astmę oskrzelową z obszarów zurbanizowanych, uważa się bowiem, że zanieczyszczenie powietrza

w mieście może dodatkowo przyczyniać się do wzrostu częstości występowania chorób alergicznych i nasilenia objawów u pacjentów.

Obiektywna analiza dynamiki sezonów pyłkowych w danym regionie wymaga przedstawienia jej na tle warunków pogodowych, które w znaczący sposób wpływają na uwalnianie pyłku, co skutkuje określonym stężeniem pyłku w powietrzu oraz na czas występowania sezonów pyłkowych. W zależności od badanego taksonu, główną rolę przypisuje się wpływowi temperatury powietrza, wilgotności względnej, usłonecznienia i zachmurzenia oraz opadom deszczu.

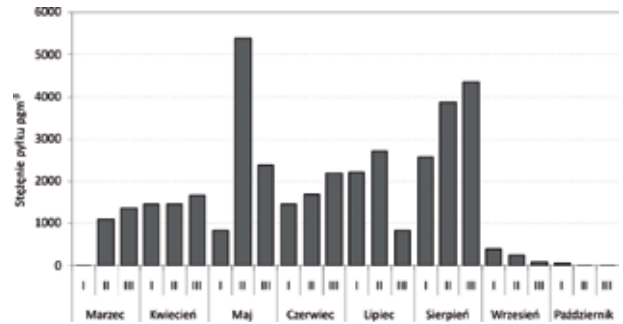
Powyższe przesłanki stały się podstawą do prowadzenia stałego monitoringu biologicznego powietrza, zwłaszcza w dużych miastach i aglomeracjach przemysłowych. Wymiernym efektem prowadzonego monitoringu jest przekaz informacji o aktualnym i prognozowanym stężeniu pyłku roślin dla uczulonych pacjentów w ramach działań profilaktycznych. W Krakowie stały monitoring biologiczny powietrza jest prowadzony od 1991 roku, a informacje dla pacjentów podawane są na stronach internetowych: Katedry Toksykologii i Chorób Środowiskowych UJCM www.toksy-alergo.cm-uj.krakow.pl; Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska www.krakow.pios.gov.pl; Polskiego Towarzystwa Zwalczenia Chorób Alergicznych www.ptzca.pl; a także na portalach ogólnopolskich alergen.info.pl oraz aero.cm-uj.krakow.pl. Cotygodniowe komunikaty są przekazywane także przez media: „Dziennik Polski”, Radio Kraków i na stronach jednostek medycznych, np. Med-All.

W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione wyniki pomiarów stężenia pyłku roślin i zarodników grzybów prowadzonych w Krakowie w 2011 roku. Pomiaru były wykonywane metodą wolumetryczną przy zastosowaniu aparatu stacjonarnego VPPS 2000 firmy Lanzoni. Aparat jest umieszczony na dachu budynku Collegium Śniadeckiego, na wysokości około 20 m n.p.g. Analiza materiału odbywa się za pomocą standardowych metod zalecanych przez IAA (Międzynarodową Organizację Aerobiologii). Stężenie ziaren pyłku i zarodników grzybów podaje się w przeliczeniu na 1 m³ powietrza na 24 godziny. Identyfikowane są ziarna pyłku około 50 taksonów roślin oraz 2 typy zarodników grzybów (*Alternaria* i *Cladosporium*). Dla wszystkich zliczeń pyłku roślin przedstawiono zbiorcze wykresy stężenia pyłku w poszczególnych dekadach sezonu. Do szczegółowego omówienia w ramach opracowania wybrano 14 taksonów roślin oraz zarodniki *Alternaria* i *Cladosporium*. Dane meteorologiczne zastosowane w opracowaniu pochodzą ze Stacji Naukowej Zakładu Klimatologii UJ. Bardzo istotny jest fakt, że stacja pomiarów aerobiologicznych znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie stacji meteorologicznej założonej w 1792 roku, na której prowadzi się szczegółowe pomiary i obserwacje pogody.

W Krakowie w 2011 roku najwyższe stężenia pyłku zanotowane w II dekadzie maja i w II-III dekadzie sierpnia (wykres 3.9). Wysoka koncentracja pyłku w maju wynika głównie z występowania pyłku drzew, głównie sosny i dębu (wykres 3.10) oraz pyłku roślin zielnych,

w tym traw, babki, szczawiu. Natomiast na drugi okres wysokich stężeń nakłada się przede wszystkim stężenie pyłku pokrzywy, w znacznie mniejszym stopniu bylicy i zanikające już w tym okresie stężenie pyłku traw. Okres drugiej połowy czerwca oraz przełomu czerwca i lipca, w którym dominuje w powietrzu pyłek traw (wykres 3.10) to czas występowania najsilniejszych objawów u pacjentów uczulonych na te alergeny, jednak poziom objawów wynika przede wszystkim z wysokiej reaktywności alergenów, a nie z wysokości stężenia pyłku.

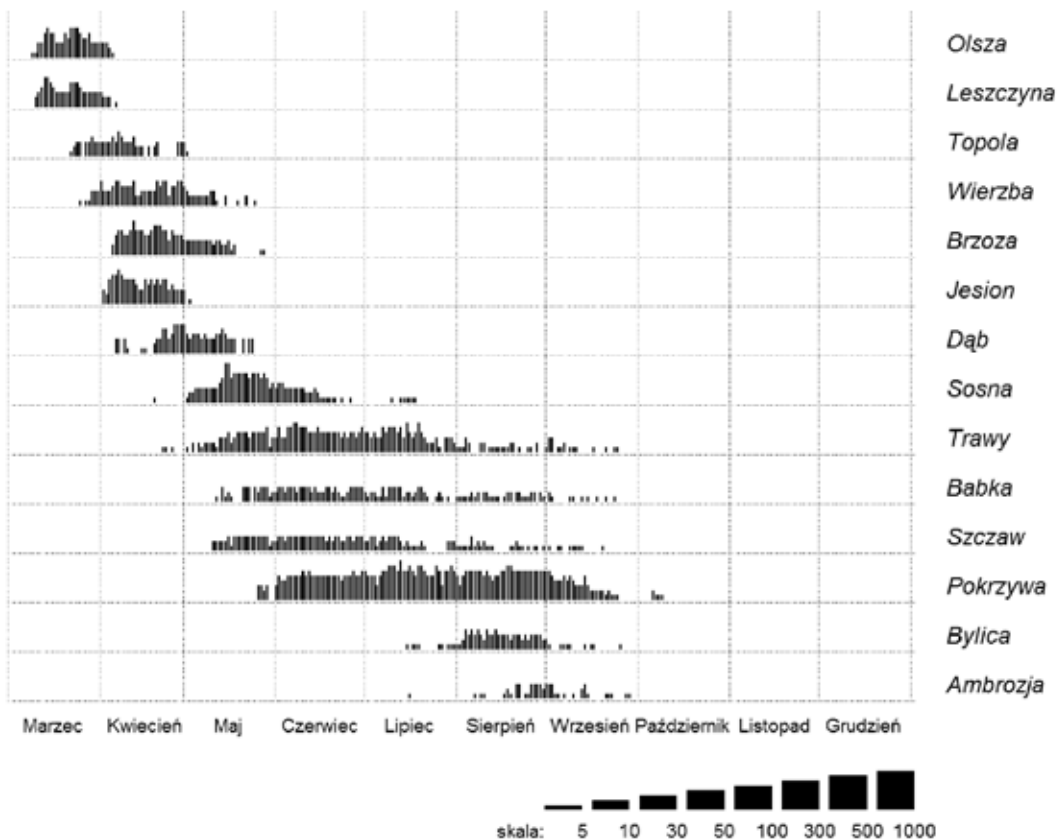
W 2011 roku jako pierwsze – w drugiej dekadzie marca – pojawiły się w powietrzu ziarna pyłku **olszy** i **leszczyny** (wykres 3.10). Tak późne kwitnienie tych drzew wczesnowiosennych było spowodowane występowaniem niskiej temperatury powietrza w styczniu i lutym (wykres 3.11) oraz utrzymywaniem się pokrywy śnieżnej aż do pierwszych dni marca. Dopiero w drugiej dekadzie marca średnia dobowa temperatura powietrza przekroczyła wartość 10°C, a temperatura maksymalna 15°C, co przyczyniło się do intensywnego kwitnienia olszy i leszczyny. Dobowe stężenie ziaren tych taksonów w 2011 roku nie odbiegało od średniej wieloletniej, natomiast długość trwania tych sezonów pyłkowych należała do jednego z najkrótszych od 1991 roku (tabela 3.1). W przypadku olszy wynosiła 23 dni, a leszczyny 22 dni. Ponownie potwierdziła się prezentowana poprzednio przez autorki opracowania teza (Piotrowicz i Myszkowska 2006, 2008), że ziarna pyłku leszczyny pojawiają się w powietrzu dopiero po całkowitym ustąpieniu pokrywy śnieżnej oraz to, że jeśli sezon rozpocznie się stosunkowo późno, to najczęściej jest on krótki.



Wykres 3.9. Stężenie pyłku roślin w Krakowie w poszczególnych dekadach 2011 roku

W trzeciej dekadzie marca rozpoczął się sezon pyłkowy **topoli** i **wierzby**. W przypadku dat początku, końca i, co za tym idzie, również długości trwania nie wykazywał on znaczących zmian w stosunku do lat poprzednich (Myszkowska i Piotrowicz 2009, 2011). Dla topoli wartości stężenia rocznego (SPI) i stężenia maksymalnego ziaren pyłku nie wykazały dużych odchyśleń od wartości średniej z wielolecia, natomiast stężenie roczne pyłku wierzby (1287 pgm⁻³) i stężenie maksymalne w ciągu doby (96 pgm⁻³) było w 2011 roku ponad 3-krotnie wyższe od średniej z okresu 1991-2010. Nie były to jednak rekordowe wartości, gdyż takie odnotowano m.in. w 2008 roku. Przyczyn tak wysokich wartości należy bardziej szukać w fizjologii pylenia wierzby, aniżeli w warunkach meteorologicznych panujących w 2011 roku.

W kwietniu w powietrzu nad Krakowem dominowały ziarna pyłku **brzozy** i **jesionu**. Początek sezonu tych taksonów roślin przypadła na pierwszą dekadę kwiet-



Wykres 3.10. Kalendarz pyłkowy dla Krakowa, sezon 2011

nia – jesionu 4 kwietnia, a brzozy 7 kwietnia. Warunki meteorologiczne panujące w tym miesiącu 2011 roku spowodowały, że jesion nieco wcześniej w stosunku do lat wcześniejszych rozpoczął kwitnienie, a stężenia jego ziaren w powietrzu, i to zarówno maksymalne dobowe jak i sumy roczne, były kilkakrotnie wyższe od średnich z wielolecia. W przypadku brzozy data początku, końca i długość sezonu były zbliżone do wartości przeciętnych z wielolecia. Natomiast wartość stężenia pyłku tego taksonu w analizowanym sezonie była jedną z najniższych w całym okresie pomiarowym, czyli od 1991 roku. Wysokie dobowe stężenia brzozy ($>80 \text{ pgm}^{-3}$) wystąpiły głównie w drugiej połowie kwietnia (wykres 3.12). Był to okres dość ciepły. Temperatura maksymalna powietrza przekraczała 15°C , a w niektórych dniach nawet 20°C . Niewiele jednak było dni bardzo słonecznych (21-23.04 usłonecznienie przekraczało 10 godzin dziennie), a zdecydowanie więcej było z umiarkowanym i dużym zachmurzeniem. W analizowanym okresie w pięciu dniach występowały opady (wykres 3.12), przy czym miały one charakter opadów przelotnych, w tym również intensywnych, związanych z burzami.

Na kwiecień przypadał również początek sezonu pyłkowego **dębu**. Parametry charakteryzujące sezon tego taksonu nie odbiegały znacząco od wartości przeciętnych obliczonych dla ostatnich 20 lat (1991-2010) z wyjątkiem długości trwania. Sezon pyłkowy dębu był o około 1,5 razy dłuższy niż średnio (29 dni) w wieloleciu. Wynosił 41 dni.

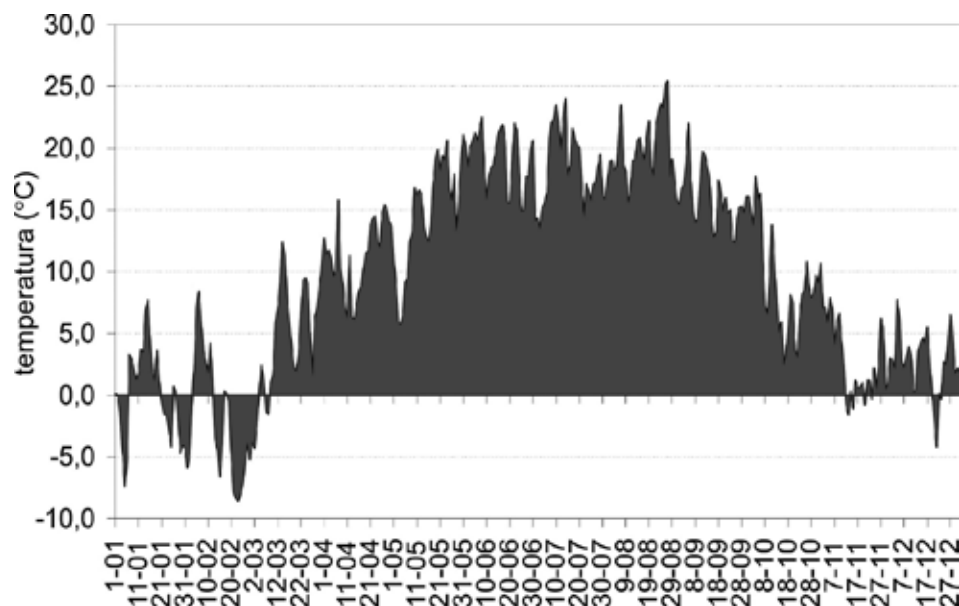
Maj charakteryzował się temperaturą powietrza w granicach normy, przy czym znacznie cieplejsza była druga połowa miesiąca (wykres 3.11). Początek maja był stosunkowo chłodny. Średnia dobowa temperatura powietrza rzadko przekraczała 10°C . Pod względem opadów atmosferycznych miesiąc ten należał również do przeciętnych. Suma opadów miesięcznych była zbliżona do średniej wieloletniej, ale liczba dni z opadem była niewielka (jedynie 8 dni). Miały one głównie charakter intensywnych opadów przelotnych. W miesiącu tym

w powietrzu nad Krakowem występowały jeszcze ziarna pyłku wierzby, brzozy i dębu oraz dopiero rozpoczął się sezon pylenia sosny, traw, babki, szczawiu i pokrzywy. Z wyjątkiem sosny, te cztery pozostałe taksony maksimum stężenia miały jeszcze w kolejnych miesiącach, m.in. w czerwcu i lipcu.

Zgodnie z wieloletnimi obserwacjami sezon pyłkowy **sosny** poprzedza sezon pyłkowy traw, których ziarna są bardzo silnie alergizujące. Pojawienie się więc ziaren pyłku sosny jest ostrzeżeniem dla alergików przed zbliżającym się niebezpieczeństwem. W 2011 roku różnica między początkiem tych dwóch analizowanych taksonów roślin wynosiła 4 dni. Warto jednak również podkreślić, że w ostatnich latach obserwuje się wzrost stężenia ziaren pyłku sosny w sezonie. Wprawdzie parametr ten był niższy niż w roku poprzednim – 2010, ale i tak był podwyższony i wynosił $3\,817 \text{ pgm}^{-3}$.

W okresie pylenia traw istotnymi czynnikami wpływającymi na stężenia ziaren pyłku tych roślin są: temperatura powietrza, zachmurzenie, usłonecznienie, wilgotność powietrza, opady atmosferyczne i wiatr. Pod względem warunków termicznych czerwiec 2011 roku był o ponad 1°C cieplejszy niż przeciętnie, ale jednak był to miesiąc bardzo suchy. Suma miesięczna opadów była prawie dwukrotnie niższa niż średnio w wieloleciu. Nie były to więc dogodne warunki do rozwoju i intensywnego kwitnienia traw. Również lipiec nie sprzyjał wysokim stężeniom. Był bowiem dość chłodny i wilgotny. Najbardziej sprzyjające warunki dla rozwoju i pylenia traw były w sierpniu. Miesiąc ten charakteryzował się wyższymi temperaturami powietrza niż przeciętnie, a pod względem opadów był zbliżony do średniej wieloletniej. O ile początek, koniec, długość i maksymalne stężenia traw nie odbiegały od normy, to jednak suma ziaren traw w sezonie 2011 roku była wyższa niż przeciętnie.

Najbardziej charakterystyczną cechą sezonu pyłkowego w 2011 roku w Krakowie była duża intensywność pylenia roślin zielnych, zwłaszcza: **babki**, **pokrzywy** i **szczawiu**. Stężenie roczne ziaren było w przypadku:



Wykres 3.11. Średnia dobowa temperatura powietrza w Krakowie w 2011 roku

- babki – 4-krotnie wyższe od średniej wieloletniej i najwyższe od 1991 roku,
- pokrzywy – 2,5-krotnie wyższe,
- szczawiu – 3-krotnie wyższe.

W porównaniu z trawami warunki meteorologiczne panujące w sezonie letnim były więc zdecydowanie bardziej korzystne dla roślin zielnych.

W 2011 roku najpóźniej rozpoczął się sezon pyłkowy bylicy i ambrozji. Maksimum stężenia tych taksonów przypadało na sierpień, a w przypadku ambrozji również na wrzesień. Wartości parametrów charakteryzujących sezon pyłkowy bylicy nie odbiegały od średniej wieloletniej, natomiast stężenie ziaren ambrozji w analizowanym sezonie było 2-krotnie wyższe od średniej wieloletniej. Było to niewątpliwie związane z warunkami meteorologicznymi występującymi z końcem sierpnia 2011 roku. Pyłek ambrozji pojawia się bowiem w powietrzu nad Krakowem wskutek tzw. dalekiego transportu. Jak stwierdzono we wcześniejszych badaniach autorek prowadzonych na terenie Krakowa (Smith i in. 2008; Stępalska i in. 2008; Kasprzyk i in. 2011), stężenie ambrozji wzrasta przy adwekcji mas powietrza polarnego kontynentalnego (PPk) ze wschodu lub zwrotnikowego (PZ) z południa. Pogoda kształtowana przez tego typu masy powietrza jest ciepła lub nawet bardzo ciepła, słoneczna, z niewielkim zachmurzeniem i bez opadów. Występowała ona w okresie od 24 do 27 sierpnia oraz od 3 do 5 września 2011 roku.

Sezon występowania zarodników grzybów w powietrzu zewnętrznym trwa zazwyczaj od marca do paździer-

nika. Zarodniki *Cladosporium* mogą występować w powietrzu nawet podczas zimy, gdy temperatura powietrza nie spada poniżej 10°C. Stwierdzono, że w 2011 roku wartości sezonu i stężenie pyłku nie odbiegało znacznie od średniej wieloletniej (tabela 3.1), natomiast najwyższe stężenia dla *Alternaria* zostały osiągnięte w II połowie sierpnia, natomiast dla *Cladosporium* w połowie lipca. Generalnie okres wysokich stężeń zarodników *Cladosporium* wyprzedza okres wysokich stężeń zarodników *Alternaria* (Stępalska i in. 1999).

Sezon zarodnikowy był więc typowy dla Krakowa, a sprzyjające warunki pogodowe w okresie lata wpłynęły na osiągnięcie wysokich stężeń dobowych (wykres 3.13). Okres wysokich stężeń zarodników *Alternaria* pokrywa się z wysokimi stężeniami pyłku pokrzywy i bylicy, natomiast okres wysokich stężeń zarodników *Cladosporium*, to jednocześnie okres stosunkowo jeszcze wysokich stężeń pyłku traw i pierwsza faza okresu wysokich stężeń pokrzywy.

Taka obserwacja dotycząca współwystępowania wysokich stężeń zarodników i pyłku roślin alergizujących wskazuje na możliwość zaostrzenia objawów alergicznych u osób uczulonych na pyłek traw i innych roślin zielnych przez alergeny grzybów. Jest to jednocześnie okres żniw w rejonie Małopolski, z czym wiąże się uwalnianie zarodników występujących na zbożach i ich rozprzestrzenianie się z wiatrem nad terenem Krakowa. Wysokie stężenia zarodników grzybów w aglomeracjach miejskich w stosunku do terenów podmiejskich podawane są w literaturze fachowej (Gioulekas i in. 2003).

Tabela 3.1. Cechy sezonu pyłkowego dla 14 taksonów roślin dla Krakowa oraz dla 2 rodzajów zarodników grzybów w roku 2011

Takson	Cechy sezonu pyłkowego i zarodnikowego					
	Początek sezonu*	Koniec sezonu*	Długość sezonu (dni)	Stężenie maksymalne		SPI**
	Data	Data		pgm ⁻³	Data	
Pyłek roślin						
Olsza	12.03	3.04	23	115	22.03	1181
Leszczyna	11.03	1.04	22	221	13.03	998
Topola	24.03	29.04	37	60	7.04	557
Brzoza	7.04	11.05	35	309	12.04	2052
Wierzba	30.03	9.05	41	96	22.04	1287
Jesion	4.04	27.04	24	418	7.04	1996
Dąb	9.04	19.05	41	171	27.04	1336
Sosna	8.05	6.06	30	956	13.05	3817
Trawy	12.05	17.08	98	198	6.06	3156
Babka	14.05	30.08	109	28	8.06	817
Szczaw	12.05	25.08	106	25	9.07	944
Pokrzywa	5.06	4.09	92	510	11.07	13778
Bylica	28.07	29.08	33	35	12.08	536
Ambrozja	8.08	19.09	43	26	20.08	244
Zarodniki grzybów						
<i>Alternaria</i>	16.04	26.09	164	365	21.08	16330
<i>Cladosporium</i>	25.04	3.10	162	8376	8.07	398727

*początek i koniec sezonu wyznaczono metodą 95% sumy rocznej

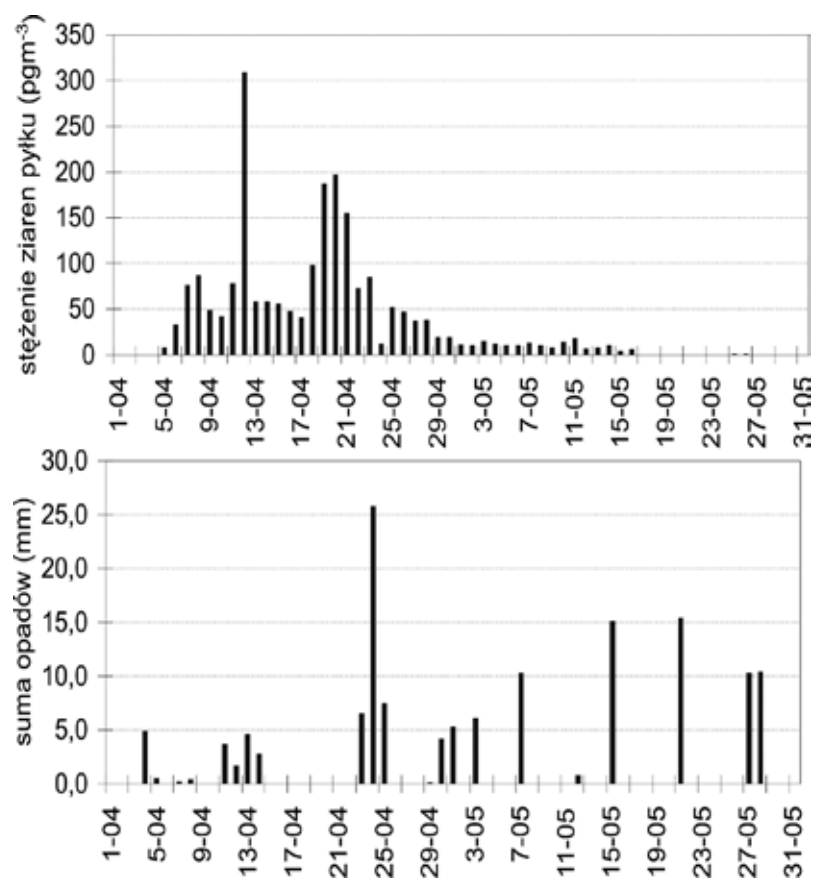
**Seasonal Pollen Index – stężenie pyłku w sezonie oznaczonym metodą 95% sumy rocznej
Wartości wytłuszczone – poza 95% przedziałem ufności średniej wieloletniej.

PODSUMOWANIE

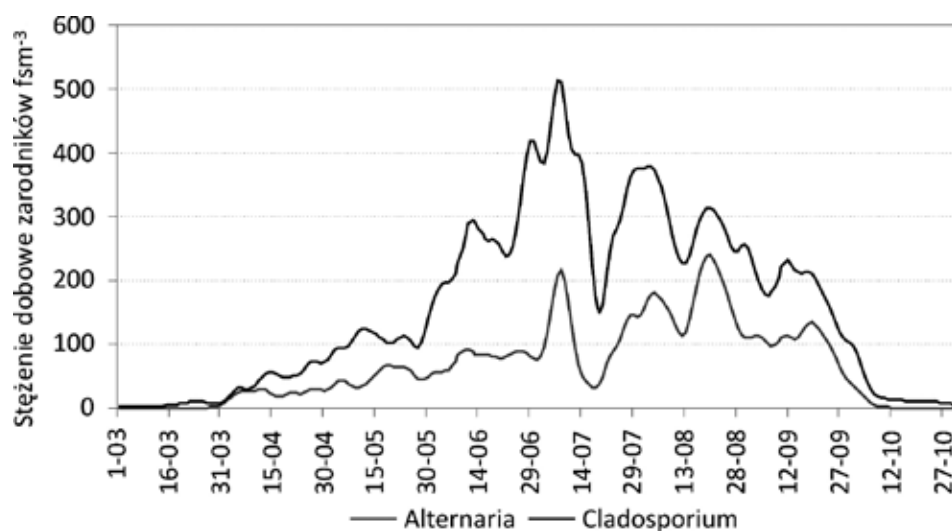
Charakterystyczną cechą sezonu pyłkowego w 2011 roku w Krakowie było:

- późne pojawienie się w powietrzu ziaren pyłku leszczyny i olszy – dopiero w drugiej dekadzie marca; było to spowodowane utrzymującą się dość długo niską temperaturą powietrza i pokrywą śnieżną; sezon pyłkowy tych roślin był w związku z tym stosunkowo krótki (im później rozpoczyna się sezon tych roślin, tym zwykle krócej trwa),
- stężenie pyłku brzozy było zdecydowanie niższe niż przeciętnie, natomiast daty początku i końca tego sezonu były zbliżone do średnich z wielolecia,

- stężenie pyłku traw, a zwłaszcza innych roślin zielnych (babki, pokrzywy i szczawiu) wykazało wysokie wartości, co mogło być związane z bardziej dogodnymi warunkami pogodowymi panującymi w lecie: ciepłym i suchym czerwcem, chłodniejszym i wilgotniejszym lipcem, oraz stosunkowo ciepłym i zbliżonym do średniej wieloletniej pod względem opadów sierpniem,
- stężenia pyłku ambrozji było 2-krotnie wyższe niż średnio w wieloleciu, na co wpływ miały warunki pogodowe panujące z końcem sierpnia,
- sezon występowania zarodników grzybów *Alternaria* i *Cladosporium* był typowy dla terenu Krakowa.



Wykres 3.12. Dobowe stężenie ziaren pyłku brzozy (pgm^{-3}) i sumy dobowe opadów atmosferycznych (mm) w Krakowie w kwietniu i maju 2011 roku



Wykres 3.13. Dynamika sezonowa zarodników-grzybów *Alternaria* i *Cladosporium* w Krakowie w 2011 roku (2-stopniowa krzywa Gaussa)

BIBLIOGRAFIA

- Bousquet J., Khaltaev N., Cruz A.A. et al., 2008, Allergic Rhinitis and Its Impact on Asthma (ARIA 2008), *Allergy*, 68 (Suppl 86), 8-160.
- D'Amato D., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H., Liccardi G., Popov T., van Cauwenberge P. 2007. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 62(9), 976-990.
- Gioulekas D., Damialis A., Papakosta D., Syrigou A., Mpaka G., Saxoni F., Patakas D. 2003. 15-year aeroallergen records. Their usefulness in Athens Olympics, 2004. *Allergy* 58, 933-938.
- Kasprzyk I., Myszkowska D., Grewling Ł., Stach A., Šikoparija B., Skjøth C.A., Smith M. 2011. The occurrence of Ambrosia pollen in Rzeszów, Kraków and Poznań, Poland: investigation of trends and possible transport of Ambrosia pollen from Ukraine. *Int J Biometeorol*, 55(4), 633-644.
- Myszkowska D., Stępalska D., Obtulowicz K., Porębski G. 2002. The relationship between airborne pollen and fungal spore concentrations and seasonal pollen allergy symptoms. *Aerobiologia* 18, 153-161.
- Myszkowska D., Piotrowicz K. 2009. Dynamika sezonu pyłkowego na tle warunków meteorologicznych w Krakowie, w roku 2009. *Alergologia. Immunologia* 6 (4), 136-140.
- Myszkowska D., Piotrowicz K. 2011. Charakterystyka sezonu pyłkowego w Krakowie w 2010 roku na tle warunków meteorologicznych. 2011. *Alergologia. Immunologia* 8(1-2), 22-26.
- Obtulowicz K., Szczepanek K., Szczeklik A. 1990. The value of pollen count for diagnosis and therapy of pollen allergy in Poland, *Grana* 29, 318-320.
- Obtulowicz K., Szczepanek K., Radwan J., Grzywacz M., Adamus K., Szczeklik A. 1991. Correlation between airborne pollen incidence, skin prick tests and serum immunoglobulin in allergic people in Cracow, Poland. *Grana* 30, 136-141.
- Obtulowicz K. 2001. Choroby alergiczne – problem zdrowotny współczesnej Europy i świata. *Przegląd Lekarski* 58, Suppl. 5, 5-7.
- Peternel R., Smec L., Culig J., Zaninović K., Mitić B., Vukusić I. 2004. Atmospheric pollen season in Zagreb (Croatia) and its relationship with temperature and precipitation. *Int. J. Biometeorol.* 48, 186-191.
- Piotrowicz K., Myszkowska D. 2006. Początek sezonów pyłkowych leszczyny na tle zmienności klimatu Krakowa. *Alergologia. Immunologia* 3(3-4), 86-89.
- Piotrowicz K., Myszkowska D. 2008. Charakterystyka sezonów pyłkowych wybranych taksonów roślin w Krakowie na tle warunków meteorologicznych, [w:] *Klimat i bioklimat miast*, K. Kłysik, J. Wibig, K. Fortuniak (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ, Łódź, 301-311.
- Ring J., Krämer U., Schäfer T., Behrendt H. 2001. Why are allergies increasing? *Current Opinion in Immunology* 13, 701-708.
- Samoliński B. 2008. Epidemiologia chorób alergicznych w Polsce (ECAP). Raport z badań przeprowadzonych w latach 2006-2008. Warszawa
- Samoliński B., Sybilski A.J., Raciborski F., Tomaszewska A., Samel-Kowlaik P., Walkiewicz A., Lusawa A., Borowicz J., Gutowska-Ślesik J., Trzpił L., Marszałkowska J., Jakubik N., Krzych E., Komorowski J., Lipiec A., Gotlib T., Samolińska-Zawisza U., Hałat Z. 2009. Prevalence of rhinitis in Polish population according to the ECAP (Epidemiology of Allergic Disorders in Poland) study, *Otolaryngol. Pol.* 63 (4), 324-330.
- Smith M., Skjøth C.A., Myszkowska D., Uruska A., Puc M., Stach A. i in. 2008. Long-range transport of Ambrosia pollen to Poland. *Agricultural and Forest Meteorology* 148, 1402-1411.
- Sofiev M., Bousquet J., Linkosalo T., Ranta H., Rantio-Lehtimäki A., Siljamo P., Valovirta E., Damialis A. 2009. Pollen, allergies and adaptation, [w:] *Biometeorology for adaptation to climate variability and change*, K.L. Ebi et al. (red.), Springer, 75-106.
- Stępalska D., Myszkowska D., Wołek J., Piotrowicz K., Obtulowicz K. 2008. The influence of meteorological factors on Ambrosia pollen loads in Kraków, Poland, 1995-2006. *Grana* 47, 297-304.
- Stępalska D., Harmata K., Kasprzyk I. i in. 1999. Occurrence of airborne *Cladosporium* and *Alternaria* spores in Southern and Central Poland in 1995-1996. *Aerobiologia*, 15, 39-47.
- Van Cauwenberge P., Watelet J.B., Van Zele T., Bousquet J. i in. 2005. Spreading excellence in allergy and asthma: the Gallen Project, *Allergy* 60, 858-864.