

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. S. LESZCZYCKIEGO



**WŁAŚCIWOŚCI LECZNICZE KLIMATU  
MIELNIKA**

**AUTORZY:**

prof. dr hab. Krzysztof Błażejczyk,  
dr Magdalena Kuchcik, dr Jarosław Baranowski, dr Anna Beata Adamczyk,  
mgr Jakub Szmyd, mgr inż. Anna Błażejczyk

Warszawa, 2012

## Spis treści

	Str.
1. Wprowadzenie	3
1.1. Ogólna charakterystyka Mielnika	3
1.2. Materiały podstawowe	3
1.3. Bodźcowość warunków klimatycznych	5
2. Ogólna ocena warunków klimatycznych	12
2.1. Warunki solarne	12
2.2. Warunki termiczno-wilgotnościowe	13
2.3. Opady i zjawiska atmosferyczne	19
2.4. Warunki wietrzne i ciśnienie atmosferyczne	21
3. Warunki biotermiczne	25
3.1. Temperatura odczuwalna	26
3.2. Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych	28
3.3. Dopuszczalny poziom aktywności fizycznej	31
4. Kompleksowa ocena warunków pogodowych	33
4.1. Ocena pogody z punktu widzenia klimatoterapii	37
5. Ocena warunków bioklimatycznych w skali lokalnej	40
6. Stan sanitarny powietrza	47
7. Klimat akustyczny	51
8. Pola elektromagnetyczne	58
9. Podsumowanie	61
10. Zalecenia	64
Literatura	65

Załącznik 1 - Raport z badań pól elektromagnetycznych.

## 1. Wprowadzenie

### 1.1. Ogólna charakterystyka

Mielnik położony jest we wschodniej Polsce, na prawym brzegu rzeki Bug, na wysokości około 118-182 m n.p.m., w odległości 10 km od granicy Polski z Białorusią. Ta miejscowość, z niespełna 1000 mieszkańców, administracyjnie należy do województwa podlaskiego, powiatu siemiatyckiego. W podziale regionalnym Polski, Mielnik leży w prowincji Niż Wschodniobałtycko-Białoruski, w podprowincji Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie, makroregionie Nizina Północnopodlaska, głównie w granicach mezoregionu Wysoczyzna Drohiczyńska, ale także częściowo w Podlaskim Przełomie Bugu (Kondracki 2002).

Znaczna część Mielnika położona jest na wysokim brzegu Bugu, o ekspozycji południowo-zachodniej i zróżnicowanej rzeźbie młodoglacjalnej, co skutkuje występowaniem tutaj roślinności kserotermicznej. Od północy otacza go Puszcza Mielnicka, a jej fragmenty ujęte w rezerwaty wciąż jeszcze przypominają Puszczę Białowieską, której w przeszłości była częścią. Od południa rozciąga się szeroka dolina Bugu ze starorzeczami i typową dla dolin rzecznych roślinnością, bujniejszą w porównaniu z innymi regionami kraju.

Mielnik leży w III, północno-wschodnim regionie bioklimatycznym, najchłodniejszym poza górami w Polsce (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002). W jego klimacie przeważają cechy kontynentalne, choć duże znaczenie w dynamice procesów atmosferycznych nad tym obszarem ma także sąsiedztwo szerokiej doliny Bugu, bogatego źródła pary wodnej w powietrzu.

Mielnik nie posiada monograficznego opracowania klimatu. Ogólne informacje o klimacie regionu znajdują się jedynie w podręcznikach i atlasach dotyczących klimatu Polski.

### 1.2. Materiały podstawowe

Sieć pomiarów i obserwacji meteorologicznych na wschodzie Polski jest bardzo rzadka, a w Mielniku i jego najbliższej okolicy nie działa żadna stacja lub posterunek meteorologiczny. Dlatego też podstawą opracowania są dane ze stacji hydrologiczno-meteorologicznej w Terespolu ( $\varphi$  - 52°04' N,  $\lambda$  - 23°37' E, wys. 137 m n.p.m.), oddalonej o ok. 45 km w kierunku południowo-wschodnim. Stacja leży na obrzeżach miasta, w dolinie Bugu, na tarasie nadzalewowym, w sąsiedztwie terenów niezabudowanych, przy ul. Polnej

42. Dane z tej stacji dobrze obrazują warunki panujące w Mielniku. Opracowanie obejmuje różne okresy, zależne od dostępnych ciągów obserwacyjnych danego elementu meteorologicznego: 1986-2011, 2000-2011.

Informacje o klimacie rejonu Mielnika uzupełniono informacjami o usłonecznieniu rzeczywistym. Posłużono się danymi za lata 1976-2000 ze stacji w Terespolu (Koźmiński, Michalska 2005). Do charakterystyki warunków opadowych wykorzystano dane z okresu 1954-2000, zawarte w opracowaniu A. Wosia (2010).

W opracowaniu obok średnich dobowych wartości elementów meteorologicznych wykorzystano dane z poszczególnych terminów obserwacyjnych, zaś w opisie warunków bioklimatycznych posługiwano się terminem południowym, jako tym najlepiej prezentującym dzienne warunki pogodowe, kiedy to występuje największa aktywność kuracjuszy, a oznaczonym w tabelach i na rycinach jako 12 UTC, czyli godzina 12 Uniwersalnego Czasu Koordynowanego (odpowiednio godz. 14 czasu letniego i 13 czasu zimowego).

Z aktualnym stanem zagospodarowania Mielnika zapoznano się podczas 3 wizji terenowych: 2 kwietnia, 5 czerwca oraz 6 lipca 2012 roku. Przeanalizowano także mapy topograficzne tego terenu oraz obrazy satelitarne.

Badania terenowe lokalnego zróżnicowania warunków klimatycznych w Mielniku przeprowadzono od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 roku. Badaniami prowadzono w miejscach reprezentujących najważniejsze formy rzeźby i pokrycia terenu, a także jego zagospodarowania.

Badania natężenia hałasu wykonano w dniach 5 i 6 czerwca oraz 6 lipca 2012 roku w 9 charakterystycznych miejscach badanego terenu. Pomiarów nocne natężenia hałasu przeprowadzono w 4 punktach objętego analizą obszaru.

Oceny stanu sanitarnego powietrza dokonano na podstawie informacji pozyskanych z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Białymstoku ([www.wios.bialystok.pl](http://www.wios.bialystok.pl)).

Badania pól elektromagnetycznych w obszarze, na którym planowana jest działalność uzdrowiskowa wykonane zostały w dniu 18 sierpnia 2012 r. przez Akredytowane Laboratorium Pomiarów Pola Elektromagnetycznego Assecuro.



### 1.3. Bodźcowość warunków klimatycznych - uwagi ogólne

Przy ocenie leczniczych zasobów klimatu należy dokonać analizy rodzaju i natężenia różnych bodźców pogodowych, które oddziałują na organizm człowieka pozytywnie lub negatywnie.

Bodźce te działają w sposób nieprzerwany – jednakże z różnym natężeniem, które zmienia się w czasie i przestrzeni. Podstawowe elementy meteorologiczne oddziałujące na człowieka to: promieniowanie słoneczne i usłonecznienie, temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne oraz ruch powietrza i opady. Ważne jest także zanieczyszczenia pyłowe i gazowe powietrza oraz zawartość pierwiastków śladowych i substancji biologicznych w powietrzu.

Pod ich wpływem zachodzą w organizmie człowieka zmiany czynnościowe, metaboliczne i morfologiczne, zwłaszcza wtedy, gdy mamy do czynienia z bodźcami o silnych natężeniach, które przekraczają zdolność organizmu do zachowania równowagi psychofizycznej. Zachowanie tej równowagi utrzymuje się dzięki odpowiedniej kondycji i regulacji procesów fizjologicznych. Różne formy aktywności fizycznej w terenie otwartym są nie do przecenienia w zachowaniu i poprawianiu kondycji organizmu oraz w usprawnieniu procesów fizjologicznych.

Działanie poszczególnych bodźców może być zwiększone, między innymi przez ich współdziałanie (synergizm). Wówczas nawet mało znaczący i słaby bodziec wzmacnia efekt działania innych bodźców.

Zależnie od swej intensywności bodźce atmosferyczne docierające do człowieka wywołują w organizmie różnorodne reakcje fizjologiczne:

- bodźce słabe – mogą powodować utratę przystosowania lub wydolikacenie organizmu,
- bodźce umiarkowane – działają pobudzająco i hartująco (co sprzyja podwyższaniu kondycji i odporności organizmu), a także leczniczo,
- bodźce silne – mogą powodować obciążenie lub przeciążenie organizmu, prowadzące niekiedy do pogorszenia kondycji i odporności, a nawet do powstawania stanów chorobowych.

Bodźce te można ująć w trzy podstawowe zespoły, a mianowicie:

- zespół bodźców fizycznych,
- zespół bodźców chemicznych,
- zespół bodźców biologicznych (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997, 2004).

Bodźce klimatyczne wykorzystywane są w procesie leczenia uzdrowiskowego. Podstawowymi formami leczenia klimatycznego (klimatoterapii) są:

- helioterapia, która polega na kąpielach słonecznych (leżakowaniu lub siedzeniu), w bardzo lekkiej odzieży (szorty lub krótka spódnica, koszulka z krótkim rękawem, sandały i nakrycie głowy) w miejscu eksponowanym na promienie słoneczne,
- aeroterapia, polegająca na leżakowaniu lub siedzeniu w miejscu zacienionym (lub w dni pochmurne) w odzieży dostosowanej do temperatury otoczenia,
- kinezyterapia, czyli terapia ruchowa, podczas której pacjenci korzystają z bodźców klimatycznych będąc w ruchu; działania bodźców atmosferycznych jest wspomagane zwiększoną wentylacją płuc, a konieczność dostosowania się organizmu do zmieniających się warunków otoczenia usprawnia pracę układu oddechowego, krwionośnego i termoregulacyjnego, prowadząc do poprawy kondycji i odporności organizmu.

Do szczegółowej charakterystyki bodźców klimatycznych konieczne są codzienne informacje meteorologiczne. Tylko wtedy można poprawnie ocenić zakres tych bodźców oraz częstość występowania bodźców o różnym natężeniu.

Bodźce fizyczne obejmują: bodźce radiacyjne (promieniowanie słoneczne), termiczno-wilgotnościowe (temperatura i wilgotność powietrza), mechaniczne (wiatr, ciśnienie atmosferyczne), elektryczne (elektryczność atmosferyczna), akustyczne (hałas).

W grupie bodźców fizycznych ważną rolę odgrywa **promieniowanie słoneczne**, nazywane także promieniowaniem krótkofalowym. Natężenie energii promieniowania zależy od wysokości Słońca nad horyzontem, od wyniesienia nad poziom morza, oraz od stopnia zachmurzenia nieba i zmętnienia atmosfery.

Promieniowanie słoneczne stymuluje procesy fizjologiczne zachodzące w organizmie, co jest odpowiedzią całego organizmu na ten bodziec (Błażejczyk 1998; Kozłowska-Szczęsna i in. 1997, 2004). Intensywne działanie promieniowania słonecznego obejmuje skórę, narządy wewnętrzne, a także układ nerwowy. Ekspozycja organizmu na promieniowanie słoneczne powoduje: wzmożenie przemiany materii, pobudzenie czynności krwiotwórczej, zwiększenie odporności organizmu na zakażenie, wywołanie zmian czynnościowych układu nerwowego, pobudzenie gruczołów wydzielania wewnętrznego i gruczołów potowych. Ma ono także działanie odczulające i przeciwwkrzywiczne.

**Nadfioletowa** część promieniowania słonecznego, a przede wszystkim UV-A (o długości fali 0,281-0,315  $\mu\text{m}$ ) i UV-B (0,316-0,400  $\mu\text{m}$ ), jest najbardziej aktywna biologicznie działając bakteriobójczo i hartująco. Pobudza ono także czynności krwiotwórcze, zwiększa odporność organizmu na zakażenia, wywołuje zmiany czynnościowe układu

nerwowego, pobudza gruczoły wydzielania wewnętrznego oraz działa odczulająco. Ponadto wywołuje rumień słoneczny i pigmentację skóry, w której wytwarza się też witamina D<sub>3</sub>, przez co promieniowanie UV ma działanie przeciwnakrzywiczne. Zbyt wielkie dawki promieniowania UV mogą natomiast powodować ujemne skutki w postaci oparzeń i gorączki, przyspieszonego starzenia się skóry, a także zaburzeń immunologicznych prowadzących między innymi do rozwoju nowotworów skóry i oczu (Błażejczyk 2004).

**Widzialna** część promieniowania słonecznego (0,401-0,760  $\mu\text{m}$ ) działa przede wszystkim na światłoczułe komórki oka, a co za tym idzie, na odbieranie wrażeń wizualnych (optyczno-psychicznych) oraz pośrednio na aktywność procesów biologicznych organizmu.

**Promieniowanie podczerwone** (0,761-4,0  $\mu\text{m}$ ) ma właściwości cieplne (jest w znacznej części pochłaniane przez odzież i powierzchnię ciała). Ciepło uzyskane tą drogą przez człowieka przyspiesza reakcje chemiczne organizmu (wzrost przemiany materii, zwiększenie zapotrzebowania na tlen), a ponadto ma właściwości łagodzenia bólu różnego pochodzenia (bóle reumatyczne, pourazowe kości i stawów, z odmrożeń itp.) oraz ułatwia zachowanie równowagi cieplnej organizmu (homeotermii).

**Bodźce termiczno-wilgotnościowe** oddziałują na receptory ciepła i zimna rozmieszczone w skórze człowieka. Zależnie od intensywności bodźca może mieć on znaczenie hartujące lub oszczędzające. Organizm człowieka ma duże zdolności dostosowania swoich procesów fizjologicznych do różnych termicznych warunków otoczenia. Podstawowymi reakcjami fizjologicznymi na „zimne” warunki otoczenia są obniżenie temperatury skóry oraz zmniejszenie przepływu krwi w obrębie skóry i tkanki podskórnej. Zredukowaniu tempa oddawania ciepła do otoczenia służy zmniejszenie przepływu krwi w obrębie skóry. Niestety, efektem ubocznym tego procesu jest znaczny wzrost ciśnienia krwi, który w skrajnych sytuacjach może być niebezpieczny dla zdrowia. Fizjologiczne mechanizmy obrony przed zimnem są wspomagane przez odpowiednią odzież, dietę i zachowanie (ruch). Niemniej nie zawsze działania te są wystarczające i straty ciepła są większe niż wytwarzanie ciepła przez organizm, co prowadzi do stopniowego jego wychładzania się.

Podczas wysokiej temperatury następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych i wzrost skórno przepływu krwi, przy jednoczesnym obniżeniu ciśnienia tętniczego i zwiększeniu tętna. Podwyższeniu ulega temperatura skóry, czego bezpośrednim skutkiem jest uaktywnienie gruczołów potowych. Parujący pot obniża natomiast temperaturę skóry zwiększając w ten sposób różnicę temperatury pomiędzy wnętrzem ciała a jego powłoką.

Psychofizycznymi reakcjami organizmu na wysoką temperaturę otoczenia są: złe samopoczucie, zmniejszenie wydolności fizycznej i psychicznej oraz przyspieszenie oddechu.



Reakcje człowieka na wysoką temperaturę uzależnione są również od wilgotności powietrza. Przy dużej wilgotności otoczenia pojawia się uczucie parności, szczególnie uciążliwe dla osób z chorobami układów oddechowego i krążenia. Stan taki może także prowadzić do powstania tzw. wyczerpania cieplnego.

Odczuwalne warunki termiczne są wynikiem łącznego wpływu na człowieka temperatury i wilgotności powietrza, a także promieniowania słonecznego i prędkości wiatru. Wiatr współdziała w kształtowaniu się odczuwalnych warunków termicznych przez przyspieszenie oddawania ciepła do otoczenia. Silny wiatr zwiększa uciążliwość pogody mroźnej w zimie i łagodzi odczucie ciepła w gorące dni letnie.

**Atmosferyczne bodźce mechaniczne** związane są z dwoma elementami meteorologicznymi: ruchem powietrza i ciśnieniem atmosferycznym. W przypadku wiatru jego działanie mechaniczne ma dwojaki charakter. Z jednej strony działa on korzystnie na organizm, wykonując swoisty mikromasaż obnażonej powierzchni ciała i usprawniając w ten sposób mechanizmy termoregulacji. Z drugiej jednak strony silny ruch powietrza może utrudniać oddychanie, a nawet uniemożliwić poruszanie się człowieka. Ponadto silny wiatr zmniejsza zdolność do wysiłku, powoduje niepokój i zaburza sen. Silne wiatry są także przyczyną wzrostu agresywności oraz nasilenia zaburzeń psychicznych. Niekorzystne dla człowieka są pulsacje wiatru (przy jego dużych prędkościach).

Ważnym bodźcem mechanicznym jest także ciśnienie atmosferyczne, a właściwie jego zmiany z dnia na dzień. Okresowe zmiany ciśnienia atmosferycznego są odczuwane jako ucisk, kłucie, dzwonienie w uszach. Niekiedy obserwuje się nawet przejściowe osłabienie słuchu. Wiele osób skarży się wtedy także na zakłócenia pracy serca, wahania ciśnienia krwi oraz na uczucie zdenerwowania lub niepokoju (Jankowiak red. 1976).

Pod pojęciem **elektryczności atmosferycznej** rozumiemy: pole elektryczne i magnetyczne atmosfery, jonizację, przewodnictwo elektryczne, prądy elektryczne w atmosferze, ładunki elektryczne chmur i opadów oraz elektryczność burzową. Elektryczność atmosferyczna pochodzi zarówno ze źródeł naturalnych jak i sztucznych, skutki fizjologiczne tego oddziaływania zależą od czasu ekspozycji i budowy człowieka. Szybkie zmiany natężenia pola elektrycznego mogą być przyczyną ostrych reakcji meteorotropowych, szczególnie u osób cierpiących na choroby układu krążenia. Podkreśla się także, że nawet słabe pola elektromagnetyczne mogą oddziaływać na procesy przemiany materii w komórkach i błonach komórkowych (Kiełczewski, Bogucki 1972; Borisenkov i inni 2000; Hessmann-Kosaris 1998).

W przypadku jonizacji przewaga jonów ujemnych w powietrzu (np. w czasie pogody słonecznej), w lesie lub też w pobliżu tężni, wodospadów, strumieni górskich i na brzegu morza sprzyja dobremu samopoczuciu człowieka, wzmacnia sprawność psychiczną i fizyczną, wpływa korzystnie na czynność serca i płuc, a także stymuluje procesy oksydacyjne w organizmie i zwiększa odporność na infekcje. Duża koncentracja jonów dodatnich, cechująca m.in. zanieczyszczone miejskie powietrze wpływa natomiast niekorzystnie na układ krążenia i układ nerwowy człowieka, powoduje podrażnienie błon śluzowych górnych dróg oddechowych, a także wywołuje uczucie zmęczenia. Duże zmiany koncentracji jonów, ich biegunowości i wielkości poprzedzające zmianę pogody, zwłaszcza w czasie przemieszczania się frontów atmosferycznych, są prawdopodobnie jedną z przyczyn dolegliwości meteorotropowych (Sulman 1982; Bogucki 1988).

Bodźce **akustyczne** ze względu na uciążliwość dla narządu słuchu są brane pod uwagę w opracowaniach z zakresu biometeorologii. Szkodliwość tych bodźców zależy od ich natężenia, częstotliwości fal akustycznych, czasu działania i charakteru zmian w czasie. Długotrwały hałas działa uciążliwie na układ nerwowy, powoduje rozdrażnienie i bezsenność, zmęczenie i bóle głowy, a nawet trwałe uszkodzenie słuchu. Za próg szkodliwości hałasu przyjmuje się natężenie dźwięku 35 dB, zaś powyżej 85 dB określany jest jako hałas niebezpieczny powodujący zaburzenia układu krążenia i pokarmowego (Kalinowski 1969).

Zespół **bodźców chemicznych** obejmuje różne składniki i domieszki występujące w powietrzu o składzie normalnym bądź też zmienionym przez zanieczyszczenia naturalne (nieorganiczne i organiczne) oraz sztuczne (antropogeniczne). Właściwe stężenie i proporcje zawartości azotu, tlenu, ozonu czy dwutlenku węgla w powietrzu ma kluczową rolę w procesie oddychania i jest niezbędne do życia. W opracowaniu bodźce chemiczne reprezentowane są przez podstawowe zanieczyszczenia powietrza m.in.: dwutlenek siarki, tlenki azotu i pył zawieszony.

**Bodźce biologiczne** nie stanowią przedmiotu tego opracowania, ale należy wspomnieć, że w powietrzu unoszą się także różnego rodzaju i pochodzenia substancje chemiczne oraz cząstki roślin i zwierząt. Noszą one nazwę aerozoli organicznych. Są to m.in. drobne cząstki roślin, pyłki roślinne, lekkie nasiona oraz różne mikroorganizmy (np. bakterie, wirusy, pierwotniaki, zarodniki grzybów), czy cząstki pochodzenia zwierzęcego (np. złuszczone naskórek, fragmenty sierści). Dla człowieka szkodliwe są te składniki aerozoli, które wywołują infekcje (bakterie, wirusy) lub alergie (grzyby, pleśnie, pyłki) (Krzymowska-Kostrowicka 1997).



Tabela 1. Właściwości farmakologiczne niektórych zbiorowisk roślinnych (wg: Krzymowska – Kostrowicka 1997)

Oddziaływanie farmakologiczne	Zbiorowisko roślinne:								
	bór suchy	bór świeży	bór mieszany świerkowy	bór mieszany sosnowy	dąbrowa świetlista	grąd typowy	buczyna trawiasta	murawa kserotermiczna	łąka rajgrasowa
rozszerzające naczynia krwionośne i obniżające ciśnienie krwi	xxx	xxx	x	x	o	ooo	oo		
zwąężające naczynia krwionośne i podwyższające ciśnienie krwi	ooo	ooo			x	xx	xx		
przeciwastmatyczne	xx	xxx	x	xx			oo		
przeciwgruźlicze	xxx	xxx	xx	xx	x	x		x	
przeciwbronchitowe	xxx	xxx	xx	xx	xx	x	o	xx	
odkężające	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	x	xxx	
uspokajające	xxx	xxx	x	x	o	oo	oo		
pobudzające	ooo	ooo	o		xxx	xxx	xx	xxx	
wzmagające odporność organizmu	x	xx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xx

**działanie pozytywne:** xxx – znaczące (po 1 godz. ekspozycji), xx – umiarkowane (po 2 godz. ekspozycji), x – słabe (po 4 godz. ekspozycji)

**działanie negatywne:** ooo – znaczące (po 1 godz. ekspozycji), oo – umiarkowane (po 2 godz. ekspozycji), o – słabe (po 4 godz. ekspozycji)

Szczególne znaczenie w uzdrowiskach, w których duże tereny zajmują lasy, mają lotne substancje wydzielane przez rośliny (fitoncydy). Tę mieszaninę związków organicznych powstających w czasie przemiany materii roślin (terpeny, olejki aromatyczne i inne substancje), liczną w borach sosnowych, lasach liściastych czy różnych typach łąk, charakteryzuje silne działanie bakteriobójcze, bakteriostatyczne i grzybobójcze. Właściwości terapeutyczne szaty roślinnej są w Polsce stosunkowo mało poznane. Na podstawie nielicznych prac można podać, że bór sosnowy wydziela substancje lotne sprzyjające uspokojeniu, działające leczniczo na drogi oddechowe, a także na obniżenie ciśnienia krwi. Grądy (las liściaste) wpływają natomiast na pobudzenie układu nerwowego, wzmacniają aktywność, usuwają zmęczenie oraz podnoszą ciśnienie krwi. Inne typy lasów czy łąk mają

także specyficzne, im tylko właściwe, oddziaływanie na organizm ludzki: np. fitoncydy działają na zmysł smaku i powonienia, przyczyniając się do odczuwania świeżości powietrza. Substancje lotne lub ciekłe o działaniu bakteriobójczym wydzielają przede wszystkim drzewa iglaste, w tym szczególnie sosna, świerk, modrzew, tuja i jałowiec (Krzymowska-Kostrowicka 1997; Kostrowicki 1999). Należy jednak zaznaczyć, że nie zawsze oddziaływanie drzew na klimat jest jednoznacznie pozytywne. Niektóre gatunki np. wierzba płacząca emitują duże ilości węglowodorów, które wchodząc w reakcje z tlenkami azotu emitowanymi przez pojazdy na drogach przyczyniają się do powstania niekorzystnego dla człowieka smogu fotochemicznego (Chameides i in. 1988, Kuttler, Strassburger 1999).

## 2. Ogólna ocena warunków klimatycznych

### 2.1. Warunki solarne

Warunki solarne zajmują ważne miejsce w ocenie stosunków bioklimatycznych terenów uzdrowiskowych z uwagi na ich dużą rolę w kształtowaniu odczuwalnych warunków termicznych. Promieniowanie słoneczne działa ponadto stymulująco na skórę, narządy wewnętrzne i układ nerwowy człowieka. Nie można również pominąć roli promieniowania słonecznego w tzw. psychicznym odczuciu pogody. Nawet krótkotrwałe okresy pogody słonecznej oddziałują korzystnie na samopoczucie człowieka (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002, 2004). Działanie biologiczne promieniowania wykorzystywane jest w helioterapii (kąpielach słonecznych), która jest jedną z podstawowych form leczenia klimatycznego. Do charakterystyki warunków solarnych wykorzystano informacje o usłonecznieniu i zachmurzeniu.

Według informacji zawartych w *Atlasie klimatu Polski* (Lorenc red., 2005), w którym usłonecznienie przedstawiono za okres 1971-2000, Mielnik leży w regionie o średniej rocznej sumie około 1650 godzin ze słońcem, czyli znacznie powyżej normy dla uzdrowisk (1500 godzin).

Jak do tej pory (2012 r.) pomiary usłonecznienia w Mielniku nie były prowadzone. W związku z tym do dalszej charakterystyki warunków solarnych wykorzystano dane z Terespoła, które są reprezentatywne dla badanego obszaru (tab. 2).

Tabela 2. Średnie dzienne, maksymalne i minimalne usłonecznienie rzeczywiste (godziny) oraz roczne sumy usłonecznienia (godz.) w Terespole (1976-2000) (Koźmiński, Michalska, 2005)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	Rok (Σ)
Śr. dzienne	1,5	2,6	3,5	5,4	8,0	7,9	8,0	7,6	4,6	3,5	1,6	1,1	4,6	1680
Śr. maks.	2,3	4,5	5,1	8,2	10,9	10,3	11,7	9,6	6,6	5,6	2,9	2,0	5,3	1936
Śr. min.	0,5	1,2	1,7	3,7	5,9	4,4	4,2	5,1	2,4	1,8	0,6	0,2	3,7	1351

W okolicy Mielnika największe usłonecznienie występuje od maja do sierpnia, średnio 7,6-8,0 godzin ze słońcem dziennie. Maksimum w przebiegu rocznym przypada na maj i lipiec (8,0 godzin), zaś minimum na grudzień (1,1 godziny). Oznacza to, że suma miesięczna usłonecznienia w maju i lipcu wynosi 248 godzin, zaś w grudniu 34 godziny. Średnie roczne usłonecznienie w Terespole wynosi 1680 godzin i jest znacznie większe niż norma dla uzdrowisk (1500 godzin). Maksymalna roczna suma godzin ze słońcem w tym mieście wyniosła 1936, zaś minimalna 1351.



Na podstawie przedstawionych informacji można stwierdzić, że w Mielniku norma usłonecznienia jest zachowana.

Roczny przebieg usłonecznienia (maksimum latem, minimum zimą) jest uwarunkowany długością dnia i stopniem pokrycia nieba przez chmury, dlatego też analiza zachmurzenia jest naturalnym uzupełnieniem charakterystyki warunków solarnych. Obecność chmur dozując dopływ energii słonecznej do Ziemi w ciągu dnia, a wypromieniowania ciepła nocą do atmosfery. Dopływ promieniowania słonecznego ma istotny wpływ na stan psychofizyczny człowieka. Pogoda bezchmurna i słoneczna wpływa pobudzająco, a pogoda pochmurna nie tylko osłabia procesy biologiczne, ale wpływa także depresyjnie na człowieka.

Do scharakteryzowania warunków nefologicznych Mielnika wykorzystano dane o zachmurzeniu w Terespole (tab. 3). Średnie zachmurzenie o godzinie 12 UTC (w Polsce 13:00 czasu zimowego, 14:00 czasu letniego) wynosi 74%. Największe zachmurzenie występuje od listopada do lutego (80-85%), a najmniejsze w sierpniu i wrześniu (66-68%). Średnia liczba dni pogodnych w roku oraz dni z bezchmurnym niebem o godzinie 12 UTC jest mała (odpowiednio 23,4 i 14,4). Dość duża jest natomiast liczba dni pochmurnych oraz dni z całkowitym zachmurzeniem o godzinie 12 UTC (odpowiednio 150,5 i 100,1).

Na podstawie przedstawionych informacji można stwierdzić, że w Mielniku występują przeciętne warunki nefologiczne dla leczenia klimatycznego.

Tabela 3. Charakterystyka zachmurzenia w Terespole (2000-2011)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Śr. zachmurzenie (%) 12 UTC	83	80	72	69	69	70	71	68	66	70	81	85	74
Średnia liczba dni z $N_{12\text{ UTC}} = 0\%$	1,7	1,3	1,6	1,4	1,0	0,5	0,1	0,8	1,7	2,0	1,0	1,2	14,4
Średnia liczba dni z $N_{12\text{ UTC}} = 100\%$	16,5	13,6	9,1	5,4	3,5	3,0	3,4	2,7	4,5	7,0	13,8	17,0	100,1
Średnia liczba dni pogodnych	1,6	0,9	2,8	2,8	2,0	1,7	0,9	1,7	3,7	3,1	1,1	1,1	23,4
Średnia liczba dni pochmurnych	20,8	16,5	13,7	10,1	8,2	7,7	8,0	6,9	8,6	11,2	17,2	21,2	150,5

## 2.2. Warunki termiczno-wilgotnościowe

Do analizy warunków termicznych Mielnika wykorzystano dane z Terespola. Średnia roczna temperatura powietrza w Terespole w latach 1954-2000 wyniosła 7,4°C (tab. 4) i jest ona niższa niż na większości obszaru Polski. W roku najcieplejszym w tym okresie średnia temperatura wyniosła 11,7°C, natomiast w roku najchłodniejszym 3,2°C. W przebiegu rocznym najcieplejszy jest lipiec (średnio 18,0°C), zaś najzimniejszy styczeń (średnio - 3,7°C). W Polsce w ostatnich latach zauważalny jest wzrost średniej rocznej temperatury

powietrza. Widoczne jest to również w Terespolu, w którym lata 2001-2011 były cieplejsze o około 1°C w porównaniu do okresu 1954-2000.

Tabela 4. Charakterystyka warunków termicznych w Terespolu (1954-2000) (Woś, 2010)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Śr. dob. temp. pow. (°C)	-3,7	-2,9	1,1	7,7	13,5	16,7	18,0	17,2	12,7	7,8	2,5	-1,6	7,4
Śr. dob. temp. pow. (°C)*	-2,8	-2,1	2,2	8,9	14,1	16,9	20,0	18,6	13,3	7,9	3,5	-1,3	8,3
Śr. maks. temp. pow. (°C)	-1,0	0,3	5,1	12,7	19,0	22,2	23,5	23,0	18,1	12,3	5,0	0,7	11,7
Śr. min. temp. pow. (°C)	-6,6	-6,0	-2,6	3,1	7,9	11,1	12,5	11,7	8,1	3,9	0,0	-4,1	3,2

\*2001-2011

Zakres wahań temperatury powietrza charakteryzuje absolutna amplituda temperatury powietrza. W latach 1951-2000 w Terespolu wyniosła ona 70,1°C i należy do największych w Polsce (Woś 2010). Najwyższą temperaturę powietrza (35,8°C) zanotowano 13 lipca 1959 r., zaś najniższą (-34,3°C) 30 stycznia 1987 r. Istotnym wskaźnikiem charakteryzującym stosunki termiczne danego obszaru jest także średnia amplituda roczna temperatury powietrza, rozumiana jako różnica między temperaturą średnią najcieplejszego i najchłodniejszego miesiąca w roku. W Terespolu wynosi ona około 21,5°C i należy do największych w Polsce. Duże wartości amplitudy temperatury powietrza są charakterystyczne dla klimatu kontynentalnego.

Dni charakterystyczne, które są wskaźnikiem silnych bodźców termicznych, pomagają ocenić stopień uciążliwości warunków termicznych dla człowieka. Takim dniem jest dzień gorący (temperatura maksymalna  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), upalny (temperatura maksymalna  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ), letni (temperatura średnia dobową  $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ), mroźny (temperatura minimalna  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ) i bardzo mroźny (temperatura maksymalna  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ).

Tabela 5. Charakterystyka warunków termicznych w Terespolu (1986-2011)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Liczba dni letnich ( $t_{\text{sr dob}} \geq 15^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	2,2	11,3	19,8	27,4	25,3	8,1	1,1	.	.	95,5
Liczba dni gorących ( $t_{\text{max}} \geq 25^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	0,3	3,4	7,9	13,5	11,0	1,7	.	.	.	38,0
Liczba dni upalnych ( $t_{\text{max}} \geq 30^{\circ}\text{C}$ )	.	.	.	.	0,2	0,9	3,2	1,7	0,1	.	.	.	6,0
Liczba dni mroźnych ( $t_{\text{min}} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	7,0	5,4	2,0	.	.	.	.	.	.	.	0,8	4,3	19,5
Liczba dni b. mroźnych ( $t_{\text{max}} \leq -10^{\circ}\text{C}$ )	1,4	0,7	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	1,1	3,4

W Terespolu w latach 1986-2011 notowano średnio w roku około 96 dni letnich (tab. 5). Występowały one od kwietnia do października, najczęściej w lipcu (około 27 dni). Średnia

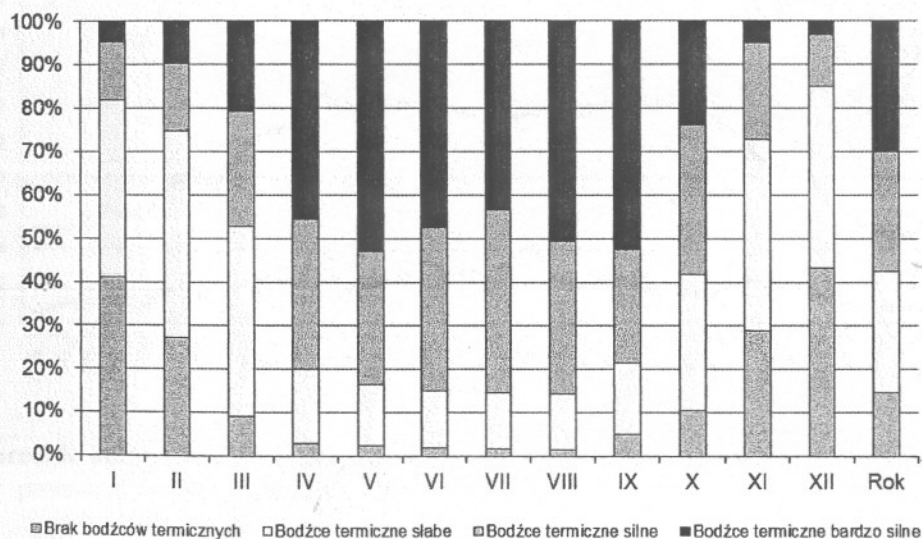


liczba dni gorących w roku wyniosła 38. Dni te notowano od kwietnia do września, najczęściej w lipcu i w sierpniu. Liczba dni upalnych w roku w Terespolu jest mała (średnio 6), występujące głównie w lipcu. Dość duża jest natomiast liczba dni mroźnych (średnio 19,5 w roku), zwłaszcza w styczniu (średnio 7). Dni bardzo mroźnych występuje w roku około 3.

Jedną z miar bodźcowości warunków termicznych jest wartość dobowej amplitudy temperatury powietrza, tzn. różnicy między temperaturą maksymalną i minimalną ( $dt = t_{max} - t_{min}$ ). Wartość  $dt$  odzwierciedla dobowe kontrasty termiczne i w istotny sposób wpływa na samopoczucie człowieka podczas rekreacji związanej z długotrwałym przebywaniem w terenie otwartym. Poszczególnym wartościom  $dt$  jest przypisane następujące natężenie bodźców termicznych:

$dt$  (°C)  
poniżej 4  
od 4 do mniej niż 8  
od 8 do mniej niż 12  
równe lub większe 12

**bodźce termiczne**  
- obojętne  
- słabo odczuwalne  
- silnie odczuwalne  
- ostre.



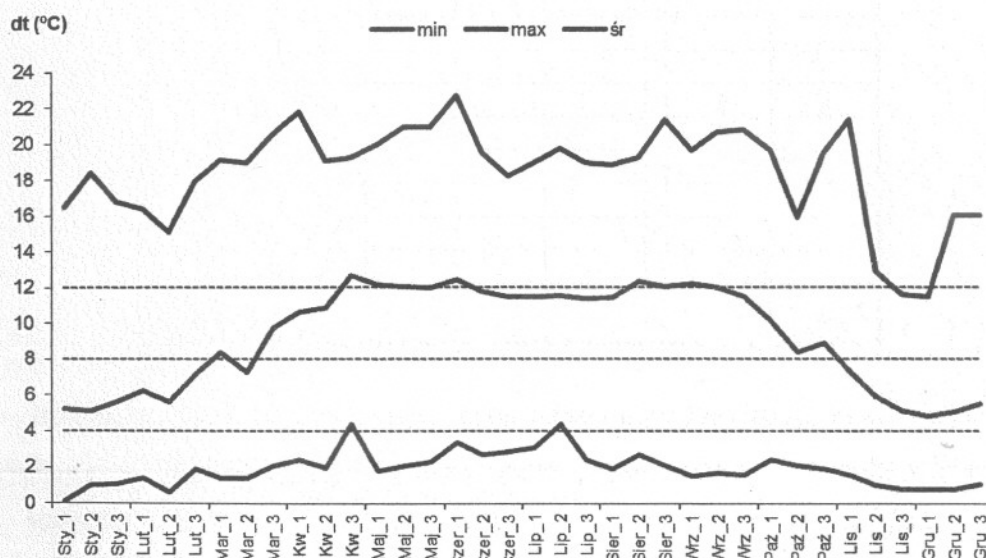
Rycina 1. Częstość (%) dni o różnym natężeniu bodźców termicznych w Terespolu (2000-2011)

W Terespolu w latach 2000-2011 najczęściej (30,0%) występowały dni, w których bodźce termiczne były bardzo silne (ryc. 1). Niewiele rzadziej występowały dni z bodźcami termicznymi słabymi (27,9%) i silnymi (27,5%). Suma częstości dni o bodźcach termicznych silnych i bardzo silnych jest nieznacznie większa niż suma częstości dni o bodźcach słabych i bardzo słabych (odpowiednio 57,5% i 42,5%).

Bardzo silne bodźce termiczne najczęściej występowały od kwietnia do września. Maksimum w przebiegu rocznym przypada na maj (53% dni), zaś minimum na grudzień (3%)

dni). Zimą bodźcowość klimatyczna wynikająca z dobowych kontrastów termicznych jest bardzo mała, jednak w okresie tym niska temperatura powietrza jest sama w sobie silnym bodźcem termicznym, przed którym bronić się musi organizm człowieka.

Średnia dekadowa wartość dobowej amplitudy powietrza w Terespolu w okresie od trzeciej dekady kwietnia do trzeciej dekady września jest mało zróżnicowana i wynosi od 11,4 do 12,7°C (ryc. 2). W pozostałej części roku wartości amplitudy są mniejsze, zwłaszcza w okresie od trzeciej dekady listopada do trzeciej dekady stycznia, kiedy to wynoszą od 4,9 do 5,6°C. Największa dobowa amplituda temperatury powietrza (22,6°C) wystąpiła w jednym z dni pierwszej dekady czerwca. Najmniejsza dobowa amplituda temperatury powietrza (0,1°C) wystąpiła natomiast w jednym z dni pierwszej dekady stycznia.



Rycina 2. Średnie dekadowe (śr), maksymalne (max) i minimalne (min) wartości dobowej amplitudy temperatury powietrza w Terespolu (2000-2011)

Ważne znaczenie dla obszarów uzdrowiskowych ma także występowanie tzw. fal zimna i fal upału, czyli następujących po sobie dni pogody szczególnie mroźnej lub gorącej, będących szczególnym obciążeniem dla organizmu człowieka. Fale zimna, definiowane jako co najmniej 3-dniowy okres z temperaturą minimalną powietrza poniżej -10°C, występują często, a pojawiają się od listopada do marca (tab. 6). 3-dniowych lub dłuższych fal zimna w Terespolu w latach 2000-2010 było aż 43. Najdłuższe fale zimna wyniosły 10 dni (w styczniu 2006 i 2010 r.).

Okresy upalne w tym rejonie Polski występują bardzo rzadko. Jedynie 12 razy wystąpiły 3-dniowe i dłuższe fale upałów, zaś najdłuższa z nich trwała 8 dni (w lipcu 2006 r.).

W Mielniku, który jest miejscowością o większej ekspozycji dosłonecznej w porównaniu z Terespołem – dni upalnych może być nieco więcej.

Duża częstość ciągów dni bardzo mroźnych jest konsekwencją położenia geograficznego Mielnika, oddziaływania zimowych wyzów azjatyckich i świadczy o znacznej bodźcowości tego klimatu i jego cechach hartujących organizm człowieka.

Tabela 6. Fale zimna ( $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ) oraz fale upałów ( $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) w Terespolu w latach 2000-2010.

	$t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$				$t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$	
	3 dni	5 dni	8 dni	10 dni	3 dni	5 dni
I	14	6	3	2	.	.
II	14	6	.	.	.	.
III	5	1	.	.	.	.
IV	.	.	.	.	.	.
V	.	.	.	.	.	.
VI	.	.	.	.	.	.
VII	.	.	.	.	9	2
VIII	.	.	.	.	3	.
IX	.	.	.	.	.	.
X	.	.	.	.	.	.
XI	1	.	.	.	.	.
XII	9	5	2	.	.	.
okres 2000-2010	43	18	5	2	12	2

Na rodzaj odczucia termicznego, obok temperatury powietrza, duży wpływ ma też jego wilgotność. Średnia roczna wilgotność względna powietrza w Terespolu w latach 2000-2011 wyniosła 76% (tab. 7). Maksimum w przebiegu rocznym przypada na okres październik-luty (81-88%), zaś minimum na kwiecień-czerwiec (63-64%). Średnia wilgotność względna powietrza o godzinie 12 UTC jest mniejsza od wartości średniej dobowej, zwłaszcza w półroczu ciepłym. W Mielniku warunki wilgotnościowe powinny być zbliżone do tych, które występują w Terespolu, jednak ze względu na położenie Mielnika w dolinie rzecznej oraz w otoczeniu dużych kompleksów leśnych prawdopodobne jest jednak występowanie tam większej wilgotności.

Tabela 7. Charakterystyka warunków wilgotnościowych w Terespolu (2000-2011)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Śr. dob. wilg. wzgl. (%)	86	84	74	63	63	64	69	70	77	81	87	88	76
Śr. wilg. wzgl. (%) 12UTC	83	78	63	49	52	54	57	55	59	67	80	84	65
Liczba dni parnych ( $e \geq 18,8\text{hPa}$ )	.	.	.	.	0,5	2,3	8,5	5,4	0,1	0,1	.	.	16,3



W Terespolu występuje średnio w roku około 16 dni parnych, rozumianych jako dni, w których ciśnienie pary wodnej w każdym terminie obserwacyjnym wynosi co najmniej 18,8 hPa. Dni parne są dość częste jedynie w lipcu i sierpniu (średnio 8,5 i 5,4). Mogą one także być notowane w czerwcu oraz sporadycznie w maju, wrześniu i październiku.

Wskaźnikiem natężenia uciążliwości bodźców termiczno-wilgotnościowych jest wskaźnik stresu cieplnego (*HSI*, %) (Belding, Hatch, 1955; Błażejczyk, 2004). Poszczególnym wartościom *HSI* są przypisane następujące efekty fizjologiczne:

<i>HSI</i> (%)	efekt fizjologiczny
równe lub mniejsze od 10	- brak obciążenia termiczno-wilgotnościowego,
więcej od 10 aż do 30	- łagodny lub umiarkowany stres termiczno-wilgotnościowy (możliwe słabe uczucie parności u osób z chorobami krążenia),
więcej od 30 aż do 70	- silny stres termiczno-wilgotnościowy (umiarkowane uczucie parności u większości osób),
więcej od 70 aż do 90	- bardzo silny stres termiczno-wilgotnościowy (silne uczucie parności u większości osób),
więcej od 90 aż do 100	- maksymalny stres termiczno-wilgotnościowy, tolerowany jedynie przez młode, zaaklimatyzowane osoby (bardzo silne uczucie parności),
więcej od 100	- niebezpieczeństwo przegrzania organizmu.

Od maja do października średnio przez około 52% dni, warunki termiczno-wilgotnościowe w Terespolu nie powodują żadnych obciążeń cieplnych i uczucia parności (tab. 8). W przypadku osób starszych i z chorobami układu krążenia niewielkie obciążenie termiczno-wilgotnościowe występuje średnio w około 38% dni w półroczu, z czego najczęściej w sierpniu (około 53% dni). W odniesieniu do pozostałych grup kuracjuszy niewielkiego uczucia parności można się spodziewać tylko w około 9% dni półrocza ciepłego, z czego najczęściej w lipcu (około 25% dni). Silne uczucie parności, które występuje przy wysokiej temperaturze i wilgotności powietrza oraz przy braku ruchu powietrza, wystąpiło zaledwie w 0,1% dni półrocza ciepłego.

Tabela 8. Częstość (%) dni o różnym natężeniu uczucia parności w półroczu ciepłym w Terespolu (2000-2011)

Natężenie uczucia parności	V	VI	VII	VIII	IX	X	Półrocze
Brak uczucia parności	59,0	49,6	25,0	32,6	59,2	87,6	52,4
Możliwe słabe uczucie parności u osób z chorobami krążenia	36,3	41,5	50,0	53,1	36,4	11,0	38,1
Umiarkowane uczucie parności u większości osób	4,4	8,3	24,7	14,0	4,4	1,4	9,4
Silne uczucie parności	0,3	0,6	0,3	0,3	.	.	0,1

Analiza charakterystyk temperatury i wilgotności powietrza wykazuje, że pod względem stosunków termiczno-wilgotnościowych Mielnik spełnia warunki stawiane miejscowościom uzdrowskim.

Rozpatrując warunki termiczno-wilgotnościowe Mielnika o istotnym znaczeniu dla leczenia pozytywnymi cechami są rzadkie stany parności oraz duże dobowe kontrasty termiczne, zwłaszcza w półroczu ciepłym, mające istotne znaczenie dla klimatoterapii (charakter hartujący). Negatywną cechą klimatu Mielnika jest natomiast dość częste występowanie dni mroźnych i bardzo mroźnych.

### 2.3. Opady i zjawiska atmosferyczne

Opady atmosferyczne są czynnikiem ograniczającym możliwości leczenia klimatycznego, wypoczynku i uprawiania turystyki. Średnia roczna suma opadów w Terespolu w latach 1954-2000 wyniosła 527 mm (tab. 9). Wartość ta na tle Polski jest mała. Największa roczna suma opadów w tym okresie wyniosła 777 mm, natomiast najmniejsza 335 mm. W przebiegu rocznym maksimum opadów przypada na lipiec (średnio 74 mm), zaś minimum na styczeń, luty i marzec (średnio w każdym miesiącu 25 mm). Suma opadów w półroczu ciepłym przewyższa sumę opadów w półroczu chłodnym. Na lato przypada około 39% sumy rocznej opadów, podczas gdy na zimę tylko około 16%.

Tabela 9. Opady atmosferyczne w Terespolu (1954-2000) (Woś 2010)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Śr. suma opadów (mm)	25	25	25	38	53	66	74	64	49	36	38	34	527
Maks. suma opadów (mm)	71	51	61	80	121	149	195	159	116	225	86	84	777
Min. suma opadów (mm)	3	0	4	12	8	8	4	17	10	1	7	3	335
Liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm	14	14	13	12	13	13	14	12	12	11	14	17	157

Z punktu widzenia potrzeb klimatoterapii, turystyki i wypoczynku istotna jest liczba dni z opadem. Zgodnie z normami stosowanymi w bioklimatologii na terenach uzdrowskich i wypoczynkowych nie powinno występować więcej niż 183 dni z opadem w roku, czyli nie więcej niż co drugi dzień roku. Średnia roczna liczba dni z opadem w Terespolu wynosi 157 i jest znacznie niższa od dopuszczonej normy. Liczba dni z opadem jest mało zróżnicowana w przebiegu rocznym. Najwięcej takich dni występuje w grudniu (17), najmniej w październiku (11).

Konsekwencją niewielkiej liczby dni z opadem, która jest jedną z cech kontynentalizmu klimatu Mielnika, jest duża liczba ciągów dni bez opadów. Okresy te



sprzyjają uprawianiu aktywnych form klimatoterapii, ale mogą także przyczyniać się do wzrostu zapylenia powietrza przez pyły unoszone z gruntu. Niemniej jednak, położenie Mielnika wśród lasów, które zatrzymują pyły, oraz w sąsiedztwie szerokiej doliny, która gwarantuje dobrze przewietrzanie sprawia, że długie okresy bezopadowe nie stanowią zagrożenia dla czystości powietrza. Szczególnie uprzywilejowane pod względem małej liczby dni z opadem są wrzesień i październik, kiedy to najdłuższe okresy bez opadu sięgają 20 dni (tab. 10).

Pięciodniowych okresów z opadem w kolejnych dniach jest ponad dwukrotnie mniej niż okresów bez opadów, dominują w styczniu i litym, są one także krótsze i nie przekraczają 15 dni.

Tabela 10. Okresy bezopadowe oraz okresy z opadem ( $\geq 0,1$  mm) w Terespolu w latach 2000-2010.

	Okresy bezopadowe				Okresy z opadem		
	5 dni	10 dni	15dni	20 dni	5 dni	10	15 dni
I	13	1	.	.	15	1	1
II	11	4	.	.	11	1	.
III	21	5	.	.	9	.	.
IV	18	4	2	1	3	.	.
V	17	6	2	.	6	.	.
VI	15	1	.	.	8	.	.
VII	9	.	.	.	6	.	.
VIII	22	4	2	1	6	.	.
IX	22	9	3	.	4	.	.
X	20	6	1	.	4	1	1
XI	13	5	.	.	7	.	.
XII	10	4	1	.	9	2	.
okres 2000-2010	191	49	11	2	88	5	2

Opady, zwłaszcza letnie, są często związane z występowaniem burz, które przez zmiany pola elektrycznego w czasie wyładowań oddziałują na człowieka, zwykle pogarszając jego samopoczucie. Średnia roczna liczba dni z burzą w Terespolu w latach 1986-2011 wyniosła 20,4 (tab. 11). Burze występowały od marca do października, najczęściej w lipcu (średnio w około 6 dniach).

Tabela 11. Burze, mgły i pokrywa śnieżna w Terespolu (1986-2011)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Liczba dni z burzą	.	.	0,1	0,7	3,6	4,3	6,1	4,1	1,1	0,1	.	.	20,4
Liczba dni z mgłą	3,8	3,5	2,7	2,6	2,3	2,2	2,5	3,5	6,1	5,0	5,3	3,8	43,3
Liczba dni z pokrywą śnieżną	13,5	13,0	7,0	0,4	.	.	.	.	.	0,1	2,9	10,1	46,9

Mgły są niekorzystnym zjawiskiem atmosferycznym dla klimatoterapii. Sprzyjają one utrzymywaniu się zanieczyszczeń pyłowych i gazowych w powietrzu, ograniczają dopływ promieniowania słonecznego, zmniejszają widzialność, co razem powoduje pogorszenie samopoczucia człowieka i sprzyja zaostrzeniu wielu chorób. W Terespolu w latach 1986-2011 średnio w roku wystąpiło około 43 dni z mgłą (tab. 11). Mgły powstawały w ciągu całego roku, najczęściej od września do listopada, kiedy to były obserwowane średnio w 5-6 dniach w miesiącu.

Zgodnie z przyjętą normą dla uzdrowisk Europy Środkowej liczba dni z mgłą nie może przekraczać w uzdrowisku 50 w okresie od października do marca oraz 15 w okresie od kwietnia do września. W Terespolu w latach 1986-2011 było ich średnio w tych półroczach 24,1 i 19,2 dni. W Mielniku mgły prawdopodobnie występują nie rzadziej niż w Terespolu, o czym można przypuszczać, podobnie jak w przypadku wilgotności powietrza, na podstawie położenia Mielnika w dolinie rzecznej i w otoczeniu dużych kompleksów leśnych. **Podsumowując, w rejonie Mielnika liczba dni z mgłą w półroczu chłodnym jest wyraźnie mniejsza niż norma dla uzdrowisk, natomiast w półroczu ciepłym jest większa niż norma.**

Pokrywa śnieżna jest ważnym elementem klimatu z uwagi na możliwość terapii ruchowej zimą. Dodatkowym jej atutem jest to, że tłumi hałas i silnie odbija promieniowanie słoneczne wzmagając udział czynnych biologicznie promieni nadfioletowych w helioterapii, a także korzystnie oddziałuje na stan psychiczny człowieka. W Terespolu w latach 1951-1990 średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną wyniosła około 75 (Woś, 2010), natomiast w latach 1986-2011 około 47 (tab. 11). Znaczne zmniejszenie się liczby tych dni prawdopodobnie związane jest z występującym w ostatnich latach wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza. Dni z pokrywą śnieżną mogą występować od października do kwietnia, najczęściej w styczniu i lutym (średnio około 13 dni w miesiącu) oraz w grudniu (średnio około 10 dni).

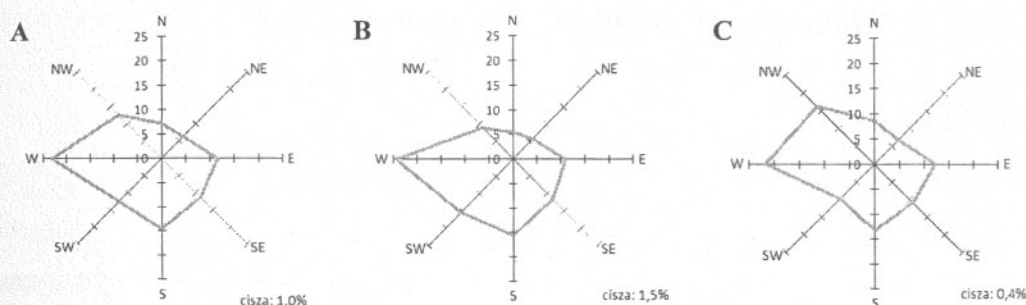
#### **2.4. Warunki wietrzne i ciśnienie atmosferyczne**

Ruch powietrza jest ważnym czynnikiem kształtującym subiektywne odczucia komfortu lub dyskomfortu termicznego. Ruch powietrza odgrywa istotną rolę w procesie wymiany ciepła między organizmem człowieka a otoczeniem (Błażejczyk 2004, Kozłowska-Szczęsna i in. 2002) oraz oddziałuje na stan psychofizyczny osób, wzmagając pobudliwość i stany depresyjne, czy powodując niepokój (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004).

Kierunek wiatru w Mielniku jest uwarunkowany głównie ogólną cyrkulacją atmosferyczną, a lokalne ukształtowanie i pokrycie terenu są tu mało znaczące. Do przedstawienia rozkładu kierunków wiatru w Mielniku wykorzystano dane z Terespoła z lat 2000-2011 z godziny 12 UTC.

Najczęściej występuje tu wiatr zachodni (23,1%) (ryc. 3). Duży udział ma także wiatr południowy (14,5%). Najrzadziej występuje wiatr północno-wschodni i północny (odpowiednio 6,3 i 7,1%). Cisze stanowią zaledwie 1% przypadków.

Zróżnicowanie rozkładu kierunków wiatru między półroczem chłodnym i półroczem ciepłym jest niewielkie. Największe różnice to częstsze występowanie w półroczu chłodnym cisz atmosferycznych i wiatru południowo-zachodniego oraz rzadsze wiatru północno-zachodniego.



Rycina 3. Rozkład kierunków wiatru (%) w Terespołu (2000-2011): (A) średni roczny, (B) w półroczu chłodnym, (C) w półroczu ciepłym

Średnia dobowa prędkość wiatru w Terespołu wynosi ok.  $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (tab. 12). Największe średnie prędkości wiatru występują od grudnia do kwietnia ( $3,1\text{-}3,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), najmniejsze zaś od lipca do września ( $2,3\text{-}2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Średnia prędkość wiatru rano ( $2,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) i wieczorem ( $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) jest wyraźnie mniejsza niż w godzinach okołopołudniowych ( $3,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Liczba dni z wiatrem słabym, rozumianych jako dni ze średnią dobową prędkością wiatru mniejszą od  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , jest dość duża (średnio około 96 dni w roku). Najmniej takich dni występuje w lutym (średnio około 5), natomiast najwięcej w sierpniu (średnio około 12). Bardzo rzadkie są natomiast dni z wiatrem silnym (maksymalna prędkość wiatru co najmniej  $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Średnia roczna liczba takich dni wynosi około 7. Wiatr silny występuje najczęściej w zimie i wczesną wiosną, najrzadziej w lecie. Okresy następujących po sobie dni z wiatrem silnym praktycznie nie występują – w okresie 2000-2010 – tylko raz, w styczniu 2002 r. zanotowany taki przypadek.



Tabela 12. Charakterystyki prędkości wiatru w Terespolu (1986-2011)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Śr. dob. pręd. wiatru ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	3,1	3,2	3,2	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,4	2,6	2,9	3,1	2,8
Śr. pręd. wiatru 06 UTC ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )*	3,0	2,9	3,0	2,8	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1	2,3	2,8	2,9	2,7
Śr. pręd. wiatru 12 UTC ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )*	3,5	3,7	4,3	4,0	3,8	3,8	3,4	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,7
Śr. pręd. wiatru 18 UTC ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )*	3,1	3,0	2,9	2,4	2,2	2,3	1,9	1,7	1,8	2,2	2,9	3,1	2,5
Liczba dni z śr. dob. pręd. wiatru $< 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	7,3	5,2	5,6	5,6	7,5	8,7	10,6	11,6	11,2	9,5	7,0	5,8	95,7
Liczba dni z maks. pręd. wiatru $\geq 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	0,9	1,1	0,8	1,0	0,6	0,6	0,2	0,1	0,3	0,5	0,8	0,5	7,4

\* 2000-2011

Na podstawie przedstawionych informacji można stwierdzić, że warunki wiatrowe w Mielniku są bardzo wyrównane w ciągu roku i korzystne dla klimatoterapii. Średnia prędkość wiatru jest mała, ale niewiele jest też dni z ciszą atmosferyczną. Dni z wiatrem silnym występują bardzo rzadko. Korzystne jest również to, że częstość wiatru silnego w lecie jest niewielka.

Oprócz ruchu powietrza ważnym bodźcem mechanicznym jest także ciśnienie atmosferyczne, a właściwie jego zmiany z dnia na dzień. Stopień odczucia wahań ciśnienia atmosferycznego zależy od ich wielkości. Zmiany średniej dobowej wartości ciśnienia ( $dp$ ) są odczuwane następująco (Bokša, Boguckij, 1966):

$dp$ (hPa)	odczucie zmian ciśnienia atmosferycznego:
$\leq 4,0$	- słabe,
4,1-8,0	- umiarkowane,
8,1-12,0	- silne,
$> 12,0$	- bardzo silne.

W Terespolu dominują małe ( $\leq 4$  hPa) zmiany ciśnienia atmosferycznego z dnia na dzień (tab. 13). Średnio w roku stanowią one około 59% przypadków. Międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego odczuwane jako słabe występują częściej w lecie niż w zimie (odpowiednio 75-79 i 44-46% przypadków). Zmiany ciśnienia atmosferycznego odczuwane jako silne stanowią średnio w roku około 9% przypadków, zaś jako bardzo silne około 4%. Bardzo silne bodźce mechaniczne związane ze zmianami ciśnienia atmosferycznego mają wyraźne minimum w okresie od maja do września (średnia miesięczna częstość poniżej 1%) oraz maksimum zimowe. Międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego odczuwane jako bardzo silne najczęściej występują w grudniu (około 11%). Oznacza to, że w miesiącu tym występują średnio ok. 3 przypadki bardzo dużej zmiany ciśnienia atmosferycznego z dnia na dzień.



Tabela 13. Częstość międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego (dp, hPa) w Terespolu (1986-2011)

dp (hPa)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
≤4,0	46,0	45,1	50,4	60,1	68,4	74,7	78,6	75,9	62,5	53,3	51,3	43,8	59,3
4,1-8,0	31,5	28,6	28,7	26,5	27,2	20,2	19,3	21,6	29,1	31,9	29,2	30,2	27,0
8,1-12,0	13,2	15,6	15,2	10,3	3,8	4,5	2,1	2,5	7,5	10,4	13,4	15,1	9,4
>12,0	9,3	10,7	5,7	3,1	0,6	0,6	.	.	0,9	4,4	6,1	10,9	4,3

### 3. Warunki biotermiczne

Na człowieka oddziałują nie pojedyncze elementy, ale cały ich zespół. Wywołują one w organizmie określone reakcje, które mają doprowadzić do stanu względnej równowagi bilansu cieplnego, czyli przychodów i strat ciepła. Natężenie tych reakcji zależy od aktualnego stanu atmosfery oraz stanu organizmu (zwłaszcza jego aktywności fizycznej). Do kompleksowej oceny warunków bioklimatycznych zastosowano kilka wskaźników biotermicznych, będących wynikiem analizy bilansu cieplnego człowieka. Są to: temperatura odczuwalna (*STI*), uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (*UTCI*) oraz wskaźnik dopuszczalnego poziomu aktywności fizycznej (*MHR*) (Błażejczyk 2003, 2004, Błażejczyk, Kunert 2011).

Człowiek jest istotą stałocieplną. Podstawą prawidłowego funkcjonowania takich organizmów jest utrzymanie temperatury wewnętrznej na stałym poziomie. U człowieka poziom ten wynosi około 37°C. Dlatego też procesy termoregulacyjne istoty stałocieplnej dążą do zrównoważenia przychodów i strat ciepła, aby stan równowagi cieplnej był zachowany. Wszelkie odchylenia od tego stanu powodują niebezpieczeństwo dla organizmu (przegrzania lub wychłodzenia) oraz stanowią duże jego obciążenie. Różnorodne procesy aklimatyzacyjne mają na celu zminimalizowanie różnic pomiędzy ilością ciepła docierającego do skóry i tkanki podskórnej (w wyniku przemian metabolicznych i pochłaniania promieniowania słonecznego) a ilością ciepła odprowadzanego do otoczenia (na drodze parowania, oddychania, przewodzenia, unoszenia i wypromieniowania długofalowego). Ogólne równanie bilansu cieplnego człowieka ma postać:

$$M + Q + E + C + Res + Kd = S$$

gdzie: *M* oznacza metaboliczną produkcję ciepła,

*Q* – bilans radiacyjny człowieka, na który składają się: pochłonięte promieniowanie słoneczne (*R*) oraz wymiana ciepła poprzez promieniowanie długofalowe (*L*)

$$Q = R + L,$$

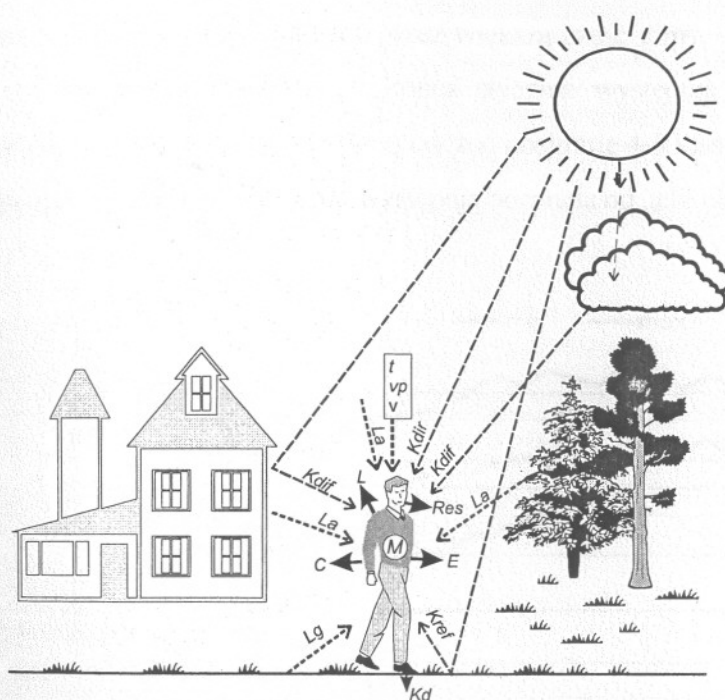
*E* – straty ciepła w wyniku parowania, czyli turbulentnego unoszenia ciepła utajonego,

*C* – wymiana ciepła przez unoszenie, czyli poprzez turbulentną wymianę ciepła jawnego,

*Res* – straty ciepła w wyniku oddychania,

*Kd* – wymiana ciepła poprzez przewodzenie.

Wynikiem wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem jest saldo wymiany ciepła ( $S$ ). W warunkach chwilowych obserwuje się bowiem bądź to przewagę zysków, bądź też – strat ciepła z organizmu, co prowadzi do zmian ilości ciepła, którym organizm dysponuje (ryc. 4). Wspomniane wyżej wskaźniki biotermiczne uwzględniają wszystkie procesy wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem oraz intensywność procesów termoregulacyjnych.



Rycina 4. Człowiek i jego środowisko termiczne:

**elementy meteorologiczne:**

$t$  – temperatura powietrza,

$e$  – ciśnienie pary wodnej,

$v$  – prędkość wiatru,

**promieniowanie słoneczne:**

$K_{dir}$  – bezpośrednie,

$K_{dif}$  – rozproszone,

$K_{ref}$  – odbite,

**promieniowanie ciepłe:**

$L_a$  – promieniowanie zwrotne atmosfery i emitowane przez obiekty otoczenia,

$L_g$  – emisja ciepła podłoża,

**strumienie ciepła:**

$M$  – metaboliczny,

$E$  – ewaporacyjny,

$C$  – konwekcyjny,

$K_d$  – kondukcyjny,

$L$  – radiacyjny,

$Res$  – respiracyjny

### 3.1. Temperatura odczuwalna

Temperatura odczuwalna ( $STI$ , w  $^{\circ}C$ ) jest wskaźnikiem odczuć cieplnych człowieka. Powstają one w wyniku oddziaływania bodźców termicznych otoczenia na receptory ciepła i zimna rozmieszczone w skórze. Wskaźnik  $STI$  informuje o natężeniu tych bodźców oraz o subiektywnie odbieranych odczuciach cieplnych:

$STI$  ( $^{\circ}C$ )

Subiektywne odczucie cieplne:

poniżej -38,0

- mroźnie

od -38,0 do -20,0

- bardzo zimno

od -20,0 do -0,5

- zimno

od -0,4 do 22,5

- chłodno

od 22,6 do 32,0

- komfortowo

od 32,1 do 46,0

- ciepło

od 46,1 do 55,0

- gorąco

od 55,1 do 70,0

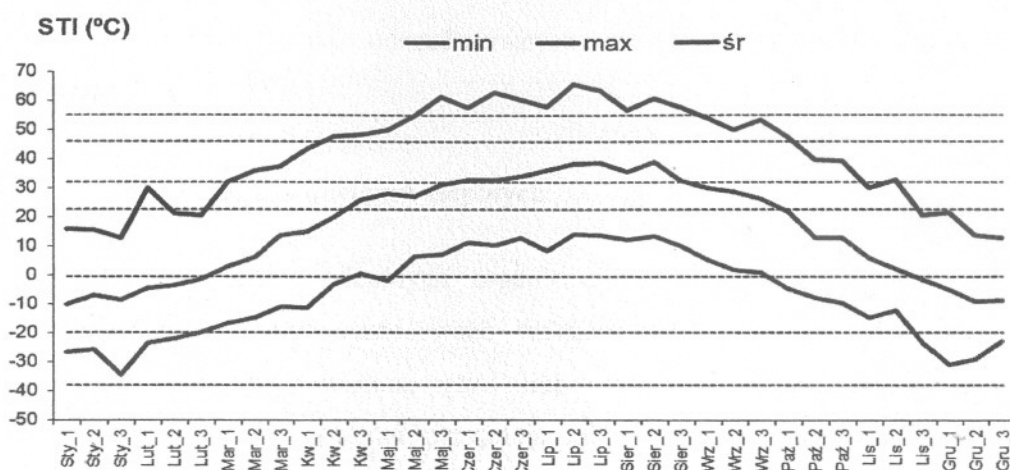
- bardzo gorąco

więcej niż 70,0

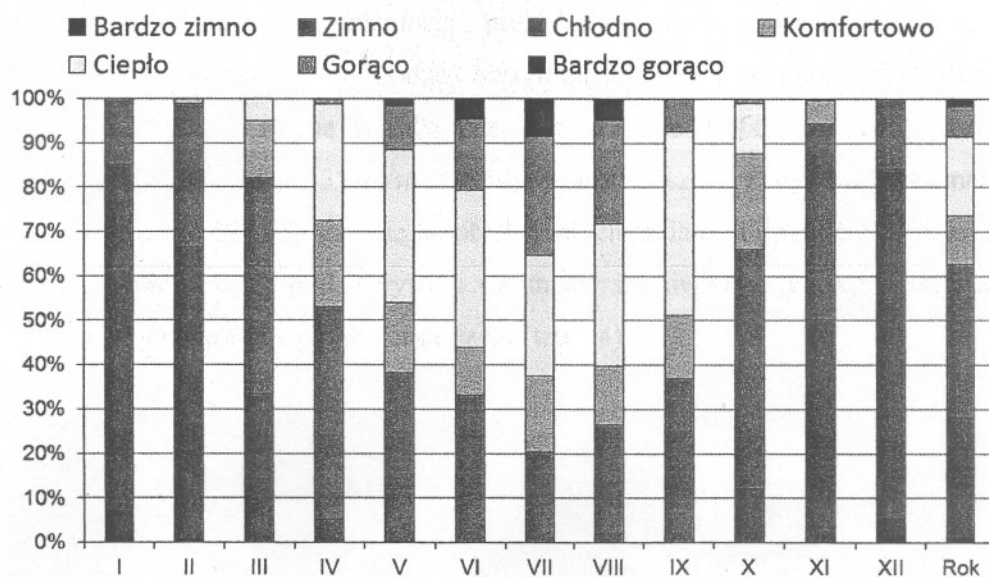
- upalnie.



Średnie wartości *STI* w Terespolu wahają się od  $-10,0^{\circ}\text{C}$  na początku stycznia do  $39,1^{\circ}\text{C}$  w połowie sierpnia, co odpowiada czterem klasom w skali odczuć cieplnych od „zimno” do „ciepło”. Maksymalna wartość *STI* rozszerza ten zakres do odczucia „bardzo gorąco” latem (max wartość  $65,8^{\circ}\text{C}$  – w połowie lipca), a minimalna ( $-34,6^{\circ}\text{C}$  – pod koniec stycznia) lokuje się na skali odczucia w klasie „bardzo zimno”. W sumie, w Terespolu w poszczególnych miesiącach rozpiętość odczuć cieplnych obejmuje od 2 pod koniec lutego (odczucia „zimno” i „chłodno”), przez 3 klasy odczucia panujące przez większą część zimy, do 5 klas w większości miesięcy w roku. Od końca listopada do końca stycznia występują odczucia od „bardzo zimno” po „chłodno”. Wiosną i jesienią zakres odczuć obejmuje 4-5 klasy odczucia: od „zimno” po „ciepło” i „gorąco”. Latem w Terespolu występują odczucia od „chłodno” po „bardzo gorąco” (ryc. 5).



Rycina 5. Średnie dekadowe (śr), maksymalne (max) i minimalne (min) wartości temperatury odczuwalnej (*STI*) w Terespolu (2000-2011).



Rycina 6. Częstość (%) różnych odczuć cieplnych (*STI*), Terespol, 2000-2011

Na wschodzie Polski, podobnie jak na większości obszaru Polski, dominującym typem odczucia ciepłego jest „chłodno”, które występuje w każdym miesiącu roku, 34,5% dni w roku, w październiku osiągając częstość 54%. Następne w kolejności występowania jest odczucie „zimno” notowane w 27% dni w roku, a zdecydowanie dominujące od listopada do lutego. Łącznie odczucia najbardziej „sprzyjające” człowiekowi, czyli od „chłodno” przez „komfortowo” po „ciepło” panują przez 63,2% dni w roku. Od marca do października ich częstość przewyższa 66%, osiągając 94% w kwietniu. W rejonie Mielnika odczucia „gorąco” i „bardzo gorąco” pojawiają się od kwietnia do października, łącznie 8,6% dni w roku. W lipcu, przez średnio 2,5 dnia, kuracjusze mogą w godzinach okołopołudniowych subiektywnie odczuwać „bardzo gorąco”, w czerwcu i sierpniu – odpowiednio przez półtora dnia (ryc. 6).

Rejon Mielnika wyróżnia spośród innych rejonów Polski zmniejszony udział odczucia komfortu, zaś zwiększony udział odczuć skrajnych, co wskazuje na zwiększoną bodźcowość klimatyczną.

### 3.2. Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych

Do oceny obciążeń cieplnych organizmu wywołanych warunkami termiczno-wilgotnościowymi powietrza zastosowano wskaźnik *UTCI*. Jest on definiowany jako ekwiwalentna temperatura powietrza, przy której w warunkach referencyjnych podstawowe parametry fizjologiczne organizmu przyjmują takie same wartości, jak w warunkach rzeczywistych. Mówiąc inaczej zakłada się, że wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem zależy tylko od temperatury powietrza, przy stałym poziomie pozostałych parametrów meteorologicznych. Jako referencyjne warunki meteorologiczne przyjmuje: brak promieniowania słonecznego i ciepłego, prędkość wiatru na wysokości 10 m nad gruntem równą 0,5 m/s, ciśnienie pary wodnej odpowiadające 50% wilgotności względnej (przy temperaturze  $<29^{\circ}\text{C}$ ) i równą 20 hPa przy temperaturze wyższej od  $29^{\circ}\text{C}$ , metaboliczną produkcję ciepła ( $M$ ) równą  $135\text{ W/m}^2$  (co odpowiada marszowi z prędkością 4 km/godz.).

Skala oceny *UTCI* opiera się na obiektywnych zmianach parametrów fizjologicznych organizmu, zachodzących pod wpływem warunków środowiskowych, a wartości wskaźnika *UTCI* są miarą obciążeń cieplnych organizmu (tab. 14).

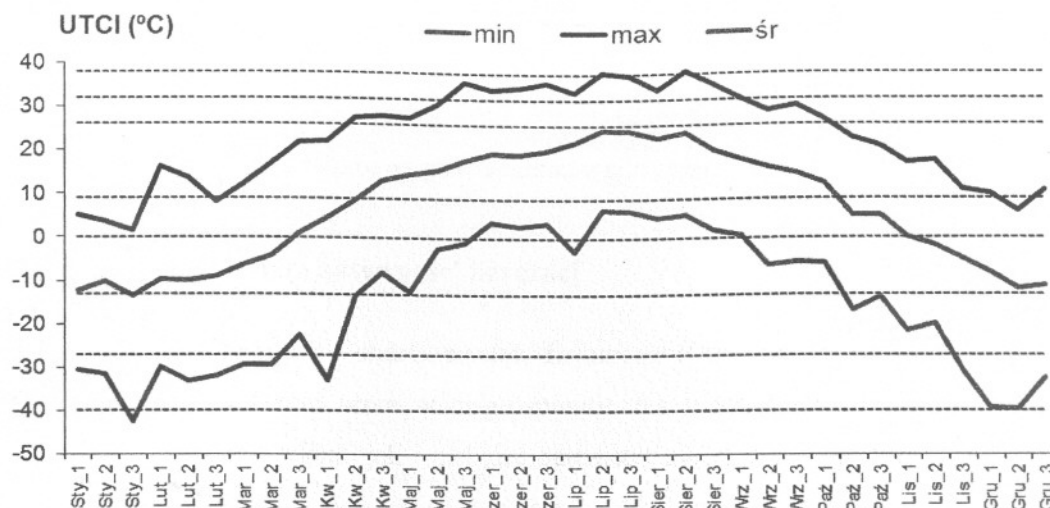
Tabela 14. Skala oceny obciążeń cieplnych organizmu według wskaźnika *UTCI*

<i>UTCI</i> (°C)	Obciążenie cieplne	Sposób przeciwdziałania
> +46	Nieznosny stres ciepła	Niezbędne okresowe schładzanie organizmu i uzupełnianie płynów > 0,5 l/godz. Należy unikać dużego wysiłku fizycznego.
+38 do +46	Bardzo silny stres ciepła	Konieczne okresowe korzystanie z pomieszczeń klimatyzowanych i/lub miejsc zacienionych oraz uzupełnianie płynów > 0,5 l/godz. Należy ograniczyć wysiłek fizyczny.
+32 do +38	Silny stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l/godz., pożądane korzystanie z miejsc zacienionych i okresowe zmniejszanie wysiłku fizycznego.
+26 do +32	Umiarkowany stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l/godz.
+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 kończyny i twarz przed wychłodzeniem.
-27 do -13	Silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Pożądane zwiększenie termoizolacyjności odzieży.
-40 do -27	Bardzo silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności odzieży i ograniczenie czasu przebywania w terenie otwartym.
< -40	Nieznosny stres zimna	Czas przebywania ograniczyć do niezbędnego minimum. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności i wiatrochronności odzieży

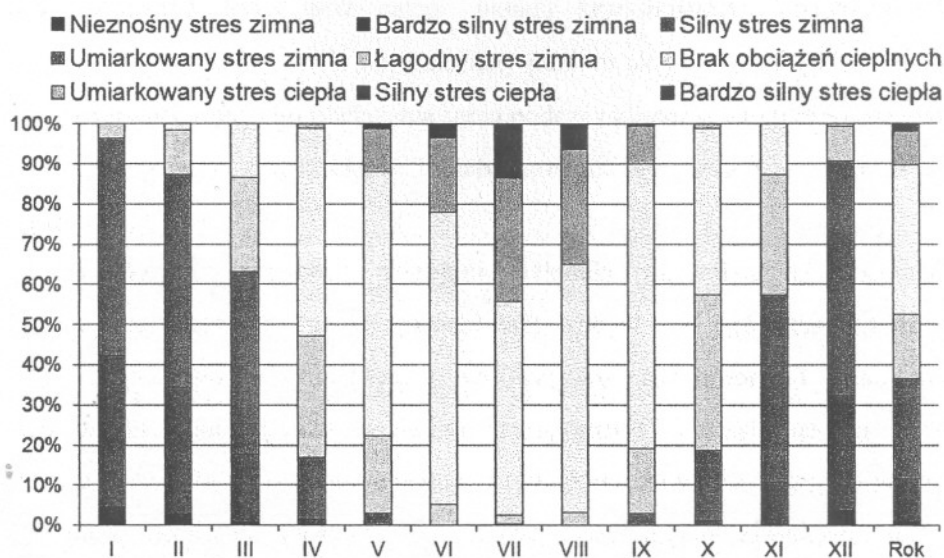
W analizowanym okresie 2000-2011 średnie wartości *UTCI* w rejonie Mielnika wahały się od -13,4°C (silny stres zimna) pod koniec stycznia po 25°C (brak obciążeń cieplnych) w połowie lipca. Maksymalne obciążenie cieplne organizmu stresem zimna występuje pod koniec stycznia (-42,5°C) i jest to stres zimna zbliżony do notowanego w północnej części Europy, a wynika tu głównie z bardzo niskiej temperatury powietrza, której może aczkolwiek nie musi towarzyszyć duża prędkość wiatru, która wzmacnia oddawanie ciepła z organizmu. Największe obciążenie organizmu związane z wysoką temperaturą powietrza występuje w lipcu i sierpniu, i oznacza zazwyczaj silny stres ciepła, niegroźny dla zdrowego organizmu (ryc. 7).

Skala obciążeń cieplnych jest zatem w rejonie Mielnika bardzo szeroka, a obejmuje praktycznie wszystkie występujące w Europie zakresy obciążeń cieplnych, z wyjątkiem nieznosnego stresu ciepła (ryc. 8).





Rycina 7. Średnie miesięczne (śr), maksymalne (max) i minimalne (min) wartości Uniwersalnego Wskaźnika Obciążeń Ciepłych (UTCI) w Terespolu (2000-2011)



Rycina 8. Częstość (%) różnych obciążeń cieplnych (UTCI) w Terespolu, 2000-2011

W rejonie Mielnika w roku dominują dni charakteryzujące się brakiem obciążeń cieplnych. Ich udział sięga 73% w czerwcu, w okresie od kwietnia do września przewyższa 50%, a średnio w roku wynosi 37% (ryc. 8). Od listopada do marca w ponad 45% dni w miesiącu dominuje umiarkowany stres zimna, zaś ogólnie obciążenia stresem zimna (umiarkowanego do bardzo silnego) występuje z częstością powyżej 57%, osiągając 96% dni w styczniu. Łącznie średnio w roku jest ich 36,5%. Obciążenia cieplne związane ze stresem ciepła (od umiarkowanego po bardzo silny) obejmują średnio 10,3% dni w roku, a ich udział waha się od 1% w kwietniu i październiku po 44% dni w lipcu. W okresie 2000-2011 zanotowano 1 dzień z nieznośnym obciążeniem stresem zimna oraz 2 dni z bardzo silnym

stresem ciepła, które to obciążenia mogą być niebezpieczne nawet dla zdrowych osób. W takich dniach osoby chore i starsze powinny pozostać w domach, zaś zdrowe – stosować do wskazówek odpowiednich służb, rozpowszechnianych w mediach.

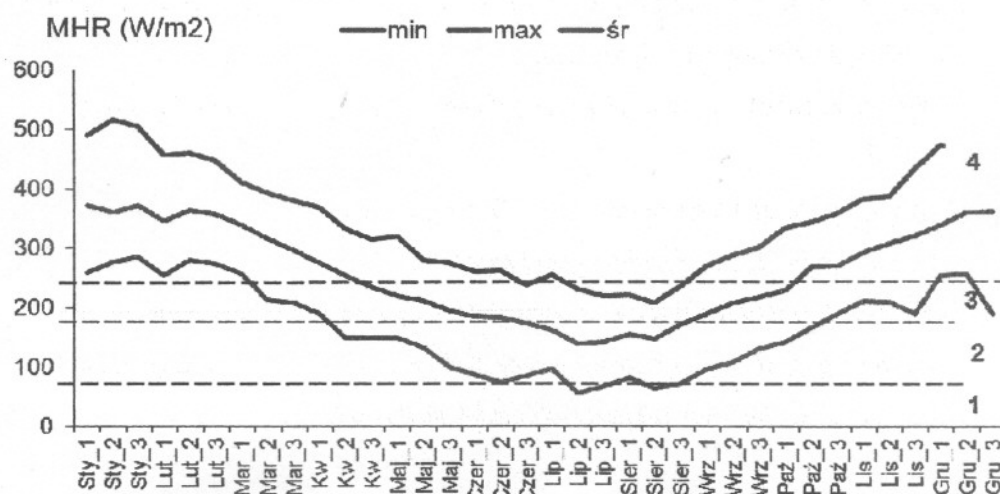
### 3.3. Dopuszczalny poziom aktywności fizycznej

Jedną z ważniejszych charakterystyk fizjologicznych jest częstotliwość tętna (*HR*). Określa ona liczbę uderzeń serca w ciągu minuty. Na wartość *HR* mają wpływ zarówno aktywność fizyczna człowieka, jak i niektóre parametry meteorologiczne. Częstotliwość tętna wzrasta wraz ze wzrostem temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej oraz ze wzrostem wysiłku fizycznego. Prawidłowe tętno wynosi u mężczyzny 70-72 uderzenia na minutę, a u kobiet 78-82 uderzenia na minutę. Wraz ze wzrostem *HR* powyżej 90 uderzeń na minutę, wzrasta obciążenie serca oraz całego układu krwionośnego. Znając aktualne warunki meteorologiczne można określić dopuszczalny poziom aktywności fizycznej (*MHR*, w  $W \cdot m^{-2}$ ) niepowodujący nadmiernego obciążenia serca podczas klimatycznej terapii ruchowej. Tabela 16 zawiera informacje o ilości ciepła metabolicznego wytwarzanego podczas różnych form aktywności fizycznej.

Warunki bioklimatyczne w rejonie Mielnika pozwalają na stosowanie zabiegów klimatoterapeutycznych o zróżnicowanej aktywności. W półroczu chłodnym warunki termiczno-wilgotnościowe umożliwiają wprowadzanie różnorodnych form terapii ruchowej (np. gimnastyka, spacer, jazda rowerem, gry sportowe) bez nadmiernego obciążenia serca. Warunki termiczno-wilgotnościowe panujące tu w półroczu letnim sprzyjają helio- i aeroterapii, korzystaniu z łagodnych form terapii ruchowej bez żadnych ograniczeń. Jednak w lipcu i sierpniu występują dni, w których należałoby wykluczyć stosowanie wszelkiej terapii ruchowej. Przez kilka dni w roku, pojawiających się zazwyczaj w lipcu, należy także wykluczyć helioterapię na terenie otwartym. Przebywanie kuracjuszy powinno się wtedy ograniczyć do obszarów zadrzewionych i klimatyzowanych budynków. Intensywną kinezyterapię, podobnie jak i inne formy terapii prowadzone na zewnątrz pomieszczeń w okolicach Mielnika można zatem stosować bez przeszkód średnio od drugiej połowy września do połowy czerwca (ryc. 9).

Tabela 15. Metaboliczna produkcja ciepła przy różnej aktywności fizycznej człowieka  
(wg Błażejczyk 2004)

Rodzaj czynności	Metaboliczne wytwarzanie ciepła ( $W \cdot m^{-2}$ )	Prędkość poruszania się ( $m \cdot s^{-1}$ )
Helioterapia i aeroterapia:		
leżąc	50	0
siedząc	60	0
stojąc	70	0
Kinezyterapia:		
Marsz bez obciążenia:		
po równinie (km/godz)		
3,2	115	0,9
4,0	135	1,1
5,6	185	1,6
8,0	290	2,2
w górę przy nachyleniu		
(%) km/godz		
5 3,2	175	0,9
5 4,0	210	1,1
5 5,6	295	1,6
15 3,2	270	0,9
15 4,0	340	1,1
15 5,6	450	1,6
25 1,6	210	0,6
25 3,2	390	0,9
Marsz z obciążeniem po równinie		
(4 km/godz)		
10 kg	195	0,9
30 kg	255	0,9
Zajęcia rekreacyjne i sportowe		
gimnastyka	175-235	0,5-2,0
tenis	270	0,5-2,0
gra w piłkę	410	1-3
Koszykówka	440	1,3



Rycina 9. Średnie dekadowe (śr), maksymalne (max) i minimalne (min) wartości dopuszczalnej aktywności fizycznej (MHR) w Terespolu, 2000-2011  
poziomy aktywności fizycznej podczas: 1 – helio- i aeroterapii, 2 – łagodnych spacerów, 3 – łagodnej gimnastyki i gier, 4 – intensywnych spacerów i gier.



#### 4. Kompleksowa ocena warunków pogodowych

Jednym ze sposobów opisu oraz oceny warunków bioklimatycznych jest analiza całego zespołu elementów meteorologicznych, składających się na aktualne warunki pogodowe. Dla scharakteryzowania warunków pogodowych z punktu widzenia ich oddziaływania na organizm człowieka i na możliwość długotrwałego przebywania na otwartym powietrzu wykorzystano cechy biotermiczne pogody oraz niektóre charakterystyki meteorologiczne.

Jednym z podstawowych elementów oceny pogody są obciążenia cieplne i odczucia cieplne organizmu, powodowane przez aktualną sytuację atmosferyczną (temperaturę i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne i wiatr). Zabiegi lecznictwa klimatycznego: helioterapia, aeroterapia i kinezyterapia powinny służyć regeneracji sił i profilaktyce zdrowia oraz wspomagać inne formy leczenia uzdrowiskowego. Jednym z podstawowych warunków jaki musi być spełniony, aby osiągnąć te cele, jest zachowanie równowagi cieplnej organizmu przy jak najmniejszym obciążeniu układu termoregulacyjnego.

Do uwzględnionych biotermicznych cech warunków pogodowych należą:

- odczucia cieplne człowieka, kształtujące się w wyniku oddziaływania warunków meteorologicznych i specyficznych reakcji dostosowawczych organizmu,
- intensywność bodźców radiacyjnych,
- rodzaj stresu termofizjologicznego,
- natężenie uczucia parności.

Cechy biotermiczne pogody są określane na podstawie analizy bilansu cieplnego człowieka. Do obliczenia poszczególnych składników i charakterystyk bilansu cieplnego używa się modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem, MENEX\_2005 (Błażejczyk 2004).

Na możliwość stosowania zabiegów klimatoterapeutycznych wpływają także bezpośrednio niektóre elementy meteorologiczne: kontrastowość warunków termicznych w ciągu dnia, występowanie opadów atmosferycznych, występowanie pokrywy śnieżnej.

W zastosowanej klasyfikacji pogody posłużono się cyfrowym zapisem analizowanych składników pogody. Kolejne cyfry zapisu określają kolejno: typ, podtyp i klasę pogody. Przy określaniu cech pogody korzystano z programu BioKlima©2.6 ([www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm](http://www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm)).

## Typy pogody

Podstawową cechą warunków pogodowych są subiektywne odczucia ciepłe człowieka, związane z przebywaniem w konkretnych warunkach otoczenia. Do oceny odczuć ciepłych zastosowano wskaźnik temperatury odczuwalnej (*STI*). Wartości tego wskaźnika są podstawą zaliczenia danych warunków pogodowych do jednego z poniższych typów:

Typ pogody	<i>STI</i> (°C)	Charakterystyka opisowa pogody:
-3	poniżej -38,0	- pogoda bardzo zimna
-2	od -38,0 aż do -0,5	- pogoda zimna
-1	od ponad -0,5 aż do 22,5	- pogoda chłodna
0	od ponad 22,5 aż do 32,0	- pogoda komfortowa
1	od ponad 32,0 aż do 46,0	- pogoda ciepła
2	od ponad 46,0 aż do 55,0	- pogoda gorąca
3	ponad 55,0	- pogoda bardzo gorąca.

Oznaczenie typu pogody znajduje się na pierwszej pozycji zapisu cyfrowego.

## Podtypy pogody

W każdym z typów pogody wydziela się szereg jej podtypów, na podstawie intensywności: bodźców radiacyjnych, stresu termofizjologicznego oraz uczucia parności. Każdej z tych charakterystyk pogody przypisano odpowiednio: drugi, trzeci i czwarty znak zapisu cyfrowego.

Do oceny intensywności bodźców radiacyjnych zastosowano wartość promieniowania pochłoniętego przez człowieka ( $R'$ ). Przyjęto następujące przedziały  $R'$ :

Drugi znak zapisu:	$R'$ ( $W\ m^{-2}$ )	Bodźce radiacyjne:
1	poniżej 75	– słabe
2	od 75 do 150	– umiarkowane
3	ponad 150	– silne.

Trzeci znak zapisu informuje o rodzaju stresu termofizjologicznego, związanego z przebywaniem w terenie otwartym. Dokonuje się tego na podstawie wartości wskaźnika *PhS*:

Trzeci znak zapisu	<i>PhS</i>	Rodzaj stresu termofizjologicznego:
H	< 0,75	- stres gorąca
T	od 0,75 do 1,5	- warunki termoneutralne
C	ponad 1,5	- stres zimna

Czwarty znak zapisu cyfrowego oznacza natężenie uczucia parności, związanego z aktualnymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi. Posłużono się w tym celu wartościami wskaźnika stresu cieplnego (*HSI*):

Czwarty znak zapisu	<i>HSI</i> (%)	Intensywność parności:
0	do 30	- brak
1	od ponad 30 aż do 70	- umiarkowana
2	ponad 70	- duża.

Ostatecznie więc, w każdym typie pogody może potencjalnie wystąpić 18 jej podtypów (tab. 16). W praktyce jednak, pewne kombinacje elementów pogody wykluczają się (np. silne odczucie parności nie współwystępuje z fizjologicznym stresem zimna) lub też w pewnych typach pogody nie mogą pojawić się określone jej podtypy (np. w typie pogody zimnej i bardzo zimnej nie występują podtypy związane z fizjologicznym stresem gorąca i odczuciem parności).

Tabela 16. Podtypy pogody wyróżniane w obrębie każdego z siedmiu typów pogody i ich zapis cyfrowy. Schemat ogólny

Bodźce radiacyjne	Termofizjologiczny stres zimna			Warunki termoneutralne			Termofizjologiczny stres gorąca		
	Intensywność parności			Intensywność parności			Intensywność parności		
	brak	umiarkowana	duża	brak	umiarkowana	duża	brak	umiarkowana	duża
słabe	1C0	1C1	1C2	1T0	1T1	1T2	1H0	1H1	1H2
umiarkowane	2C0	2C1	2C2	2T0	2T1	2T2	2H0	2H1	2H2
silne	3C0	3C1	3C2	3T0	3T1	3T2	3H0	3H1	3H2

### Klasy pogody

Poza wymienionymi wyżej charakterystykami biotermicznymi na możliwość pobytu w terenie otwartym i efektywność klimatoterapii wpływają bowiem bezpośrednio także niektóre elementy i zjawiska meteorologiczne.

Dla tych form aktywności człowieka, które wiążą się z całodobowym lub długotrwałym przebywaniem w terenie otwartym, ważna jest informacja o kontrastach termicznych w ciągu dnia, określonych poprzez dobową amplitudę temperatury (*dt*):

Piąty znak zapisu	<i>dt</i> (°C)	Dobowe kontrasty termiczne:
0	8 i mniej	- małe
1	ponad 8	- duże.



Ważnym elementem meteorologicznym, bardzo silnie oddziałującym na możliwość i przebieg klimatoterapii i rekreacji w terenie otwartym, są opady atmosferyczne. Do oceny tego elementu pogody zastosowano dobową sumę opadu (*RR*). Przyjęto, że opad o sumie dobowej wynoszącej co najmniej 1 mm ma istotne znaczenie dla efektywności klimatoterapii i rekreacji w terenie otwartym:

Szósty znak zapisu	<i>RR</i> (mm)	Dzień:
0	poniżej 1	- bez opadu
1	1 i więcej	- z opadem.

Kolejnym elementem pogody jest pokrywa śnieżna (*SC*). Przyjęto, że warunki przydatne dla uprawiania narciarstwa występują dopiero wtedy, gdy grubość pokrywy śnieżnej wynosi co najmniej 10 cm:

Siódmy znak zapisu	<i>SC</i> (cm)	Dzień:
0	poniżej 10	- bez śniegu
1	10 i więcej	- ze śniegiem.

Tak więc, w każdym z podtypów pogody można wyróżnić osiem jej klas, związanych z występowaniem wymienionych wyżej cech warunków meteorologicznych (tab. 17). W przypadku Mielnika brak było informacji o pokrywie śnieżnej, dlatego siódmy znak zapisu cyfrowego zastąpiono symbolem x.

Tabela 17. Klasy pogody występujące w każdym z podtypów pogody

Dobowe	Dzień bez opadu		Dzień z opadem	
kontrasty termiczne	Dzień bez pokrywy śnieżnej	Dzień z pokrywą śnieżną	Dzień bez pokrywy śnieżnej	Dzień z pokrywą śnieżną
małe	00x	00x	01x	01x
duże	10x	10x	11x	11x

Pełny cyfrowy zapis warunków pogodowych składa się z siedmiu znaków, a pełne rozwinięcie charakterystyki pogody wymaga „rozszyfrowania” znaczenia poszczególnych znaków zapisu. Na przykład:

- zapis -2\_2C0\_01x oznacza pogodę zimną, z umiarkowanymi bodźcami radiacyjnymi i termofizjologicznym stresem zimna i brakiem uczucia parności, a także z małymi dobowymi kontrastami termicznymi, wystąpieniem opadu przy braku informacji o pokrywie śnieżnej,
- zapis 2\_3H1\_10x oznacza pogodę gorącą, z silnymi bodźcami radiacyjnymi i termofizjologicznym stresem gorąca oraz umiarkowanym uczuciem parności, a także

z dużymi dobowymi kontrastami termicznymi, bez opadu i braku informacji o pokrywie śnieżnej.

#### 4.1. Ocena pogody z punktu widzenia klimatoterapii

Poszczególne sytuacje pogodowe, w każdym dniu badanego okresu, oceniono z punktu widzenia ich przydatności dla głównych form klimatoterapii uzdrowiskowej:

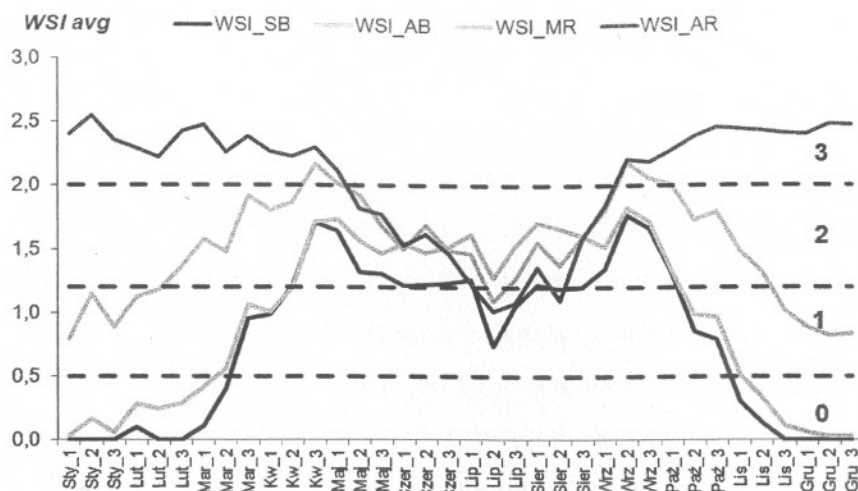
- helioterapii (kąpiele słonecznych, SB),
- aeroterapii (kąpiele powietrznych, AB),
- łagodnej kinezyterapii (spacerów i spokojnych zajęć terenowych, MR),
- intensywnej kinezyterapii (gier terenowych i intensywnych zajęć w terenie otwartym, AR).

Zastosowano trzystopniowy wskaźnik oceny pogody ( $WSI$ ): pogoda przydatna bez ograniczeń ( $WSI = 3$ ), pogoda przydatna z ograniczeniami ( $WSI = 1$ ), pogoda nieprzydatna ( $WSI = 0$ ).

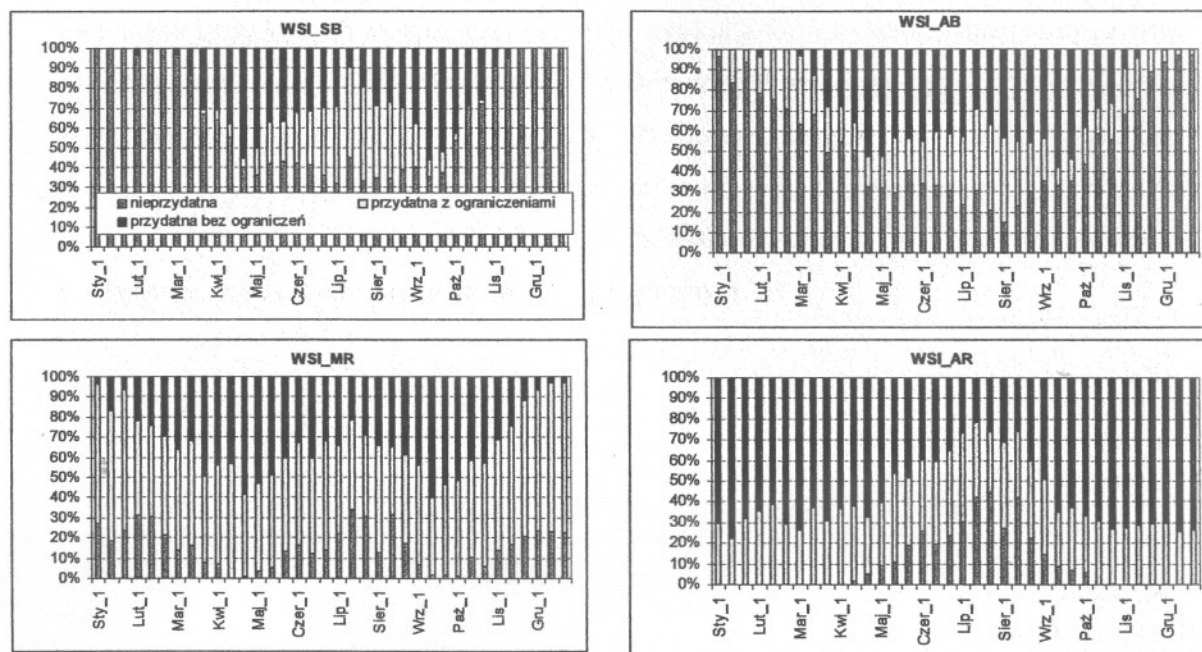
Kolejnym etapem oceny było określenie średnich wartości wskaźników oceny ( $WSI_{avg}$ ) dla poszczególnych miesięcy i uśrednienie tych wartości dla całego badanego okresu. Na podstawie średnich wartości wskaźników oceny przyjęto następującą klasyfikację przydatności poszczególnych okresów:

$WSI_{avg}$	Przydatność pogody w badanym okresie do poszczególnych form aktywności człowieka (SB, AB, MR, AR):
poniżej 0,5	- pogoda niekorzystna,
od 0,5 do mniej niż 1,2	- pogoda umiarkowanie korzystna,
od 1,2 do mniej niż 2,0	- pogoda korzystna,
od 2,0	- pogoda bardzo korzystna.

Jako przydatne dla wybranych form klimatoterapii można traktować te okresy, w których wartość  $WSI_{avg}$  przekracza wartość 1,2. Na rycinie 10 zestawiono informacje o przydatności pogody, podczas kolejnych miesięcy, do helioterapii, aeroterapii i kinezyterapii. Do oceny warunków pogodowych w Mielniku wykorzystano codzienne obserwacje meteorologiczne z okresu 2002-2010 ze stacji meteorologicznej w Terespolu, leżącej w dolinie Bugu, w niewielkiej odległości od Mielnika.



Rycina 10. Ocena przydatności pogody dla różnych form klimatoterapii (*WSI avg*) w Mielniku  
0 – warunki niekorzystne, 1 – warunki mało korzystne, 2 – warunki korzystne, 3 – warunki bardzo korzystne.



Rycina 11. Częstość występowania sytuacji pogodowych o różnej przydatności dla poszczególnych form klimatoterapii w Mielniku

Pogoda przydatna do stosowania zabiegów helioterapeutycznych, w odzieży dostosowanej do aktualnej temperatury powietrza, panuje od połowy marca do początku października (ryc. 10). Częstość dni z pogodą przydatną do helioterapii przekracza 40% dwukrotnie w roku: od połowy kwietnia do połowy maja oraz we wrześniu i w pierwszej dekadzie października. W lipcu i sierpniu częstość pogody przydatnej dla helioterapii spada do 20-30% na skutek wyraźnego wzrostu zachmurzenia (ryc. 11). Z aeroterapii, czyli przebywania w miejscach zacienionych w stroju dostosowanym do panującej temperatury

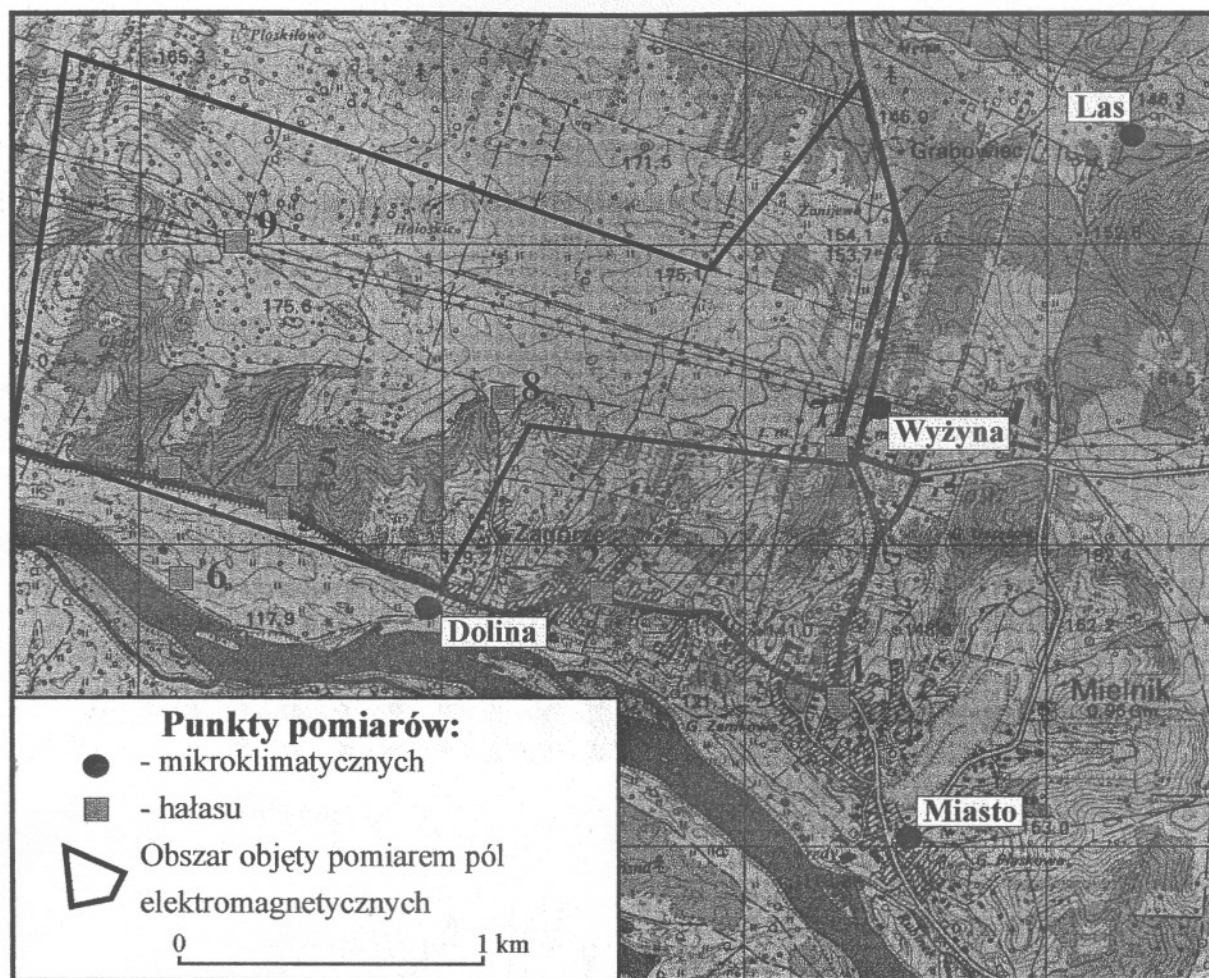


powietrza, można korzystać od początku marca do końca października (ryc. 10). Częstość sytuacji pogodowych dogodnych dla aeroterapii waha się wtedy od około 45% na początku kwietnia do około 80% od połowy lipca do połowy sierpnia. Łagodne formy kinezyterapii, czyli leczenia ruchem w terenie otwartym, mogą być praktykowane praktycznie przez cały rok (ryc. 10). Jedynie od listopada do lutego oraz w lipcu i sierpniu przez 15-20% dni pogoda nie sprzyja tej formie klimatoterapii (ryc. 11). Także z intensywnych form kinezyterapii można korzystać przez cały rok. Jednakże od połowy maja do końca sierpnia, przez 20-40% dni, obserwuje się pogodę nieprzydatną dla tych form leczenia klimatycznego, z uwagi na pojawiające się wtedy obciążające warunki termiczno-wilgotnościowe.

Tak więc, z różnorodnych form leczenia klimatycznego można w Mielniku korzystać przez cały rok. **Okres najdogodniejszy dla klimatoterapii trwa od kwietnia do połowy października**, kiedy to, zależnie od aktualnych warunków solarnych, termicznych, wietrznych i opadowych można stosować jedną lub kilka form leczenia klimatycznego przez większość kuracjuszy. Uciążliwość warunków pogodowych mogą wtedy okresowo odczuwać osoby cierpiące na astmę, przewlekłe stany chorobowe górnych dróg oddechowych oraz zaburzenia kardiologiczne. W pozostałej części roku warunki bioklimatyczne mogą być wykorzystywane do leczenia, rehabilitacji i profilaktyki osób w sile wieku, o sprawnie działającym układzie termoregulacyjnym i krwionośnym.

## 5. Ocena warunków bioklimatycznych w skali lokalnej

W świetle braku literatury dotyczącej klimatu Mielnika w celu oceny lokalnego zróżnicowania jego warunków klimatycznych przeprowadzono serię pomiarów mikroklimatycznych w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 roku. Badaniami prowadzono w miejscach reprezentujących najważniejsze formy rzeźby i pokrycia terenu, a także jego zagospodarowania (ryc. 12).



Rycina 12. Lokalizacja punktów pomiarów mikroklimatycznych, natężenia hałasu oraz natężenia pól elektromagnetycznych w Mielniku.

Stanowiska pomiarowe zlokalizowano następująco:

**Dolina** – łąka w dolinie Bugu, w odległości ok. 70 m ok. koryta rzeki, wysokość ok. 120 m n.p.m.;

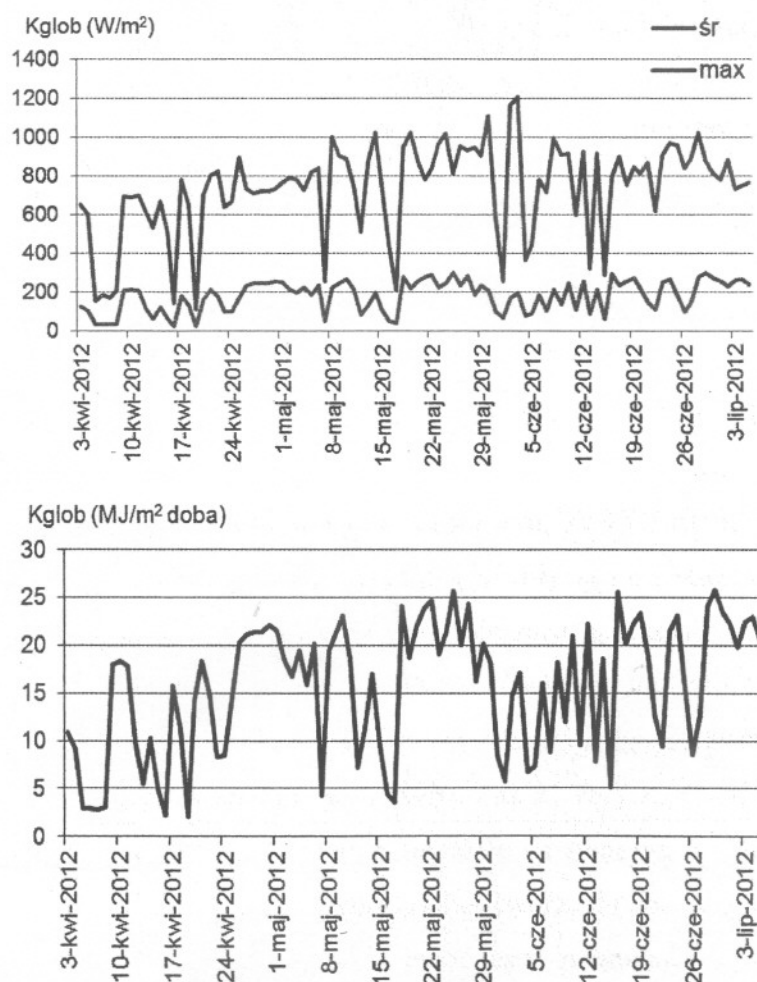
**Miasto** – centrum Mielnika, teren parku na tyłach budynku gminy, mały skwer przy parkingu, ul. Piaskowa 38, wysokość ok. 130 m n.p.m.;

**Wyżyna** – trawnik na terenie placówki Straży Granicznej w Mielniku, wysokość ok. 180 m n.p.m.;

**Las** – polana w lesie, w pobliżu osady Mielnik-Grabowiec, na północ od Mielnika, wysokość ok. 145 m n.p.m.

Pomiary obejmowały: temperaturę powietrza na wysokości 1,5 m nad gruntem (na wszystkich stanowiskach), wilgotność powietrza (**Dolina, Wyżyna, Miasto**) oraz promieniowanie całkowite (**Wyżyna**). Pomiary prowadzono za pomocą minirejestratorów HOBO Pro firmy Onset Computers.

W badanym okresie średnie dobowe natężenie promieniowania całkowitego ( $K_{glob}$ ) wahało się od 24,4 do 298,4  $W \cdot m^{-2}$ , zaś sumy dobowe promieniowania wyniosły od 2,1 do 25,8  $MJ \cdot m^{-2}$ , którą to wartość zanotowano 29 czerwca (ryc. 13). Sumy miesięczne promieniowania nie odbiegają od typowych dla obszaru wschodniej Polski.

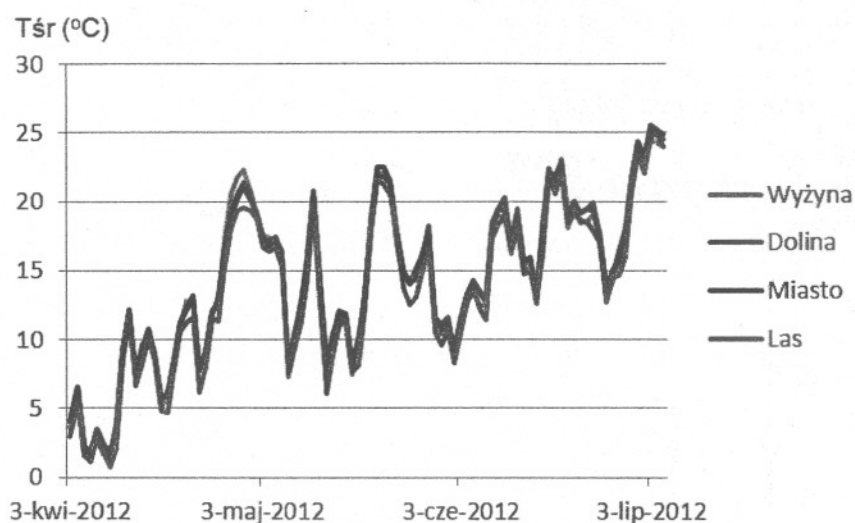


Rycina 13. Średnie i maksymalne dobowe natężenie promieniowania całkowitego ( $W/m^2$ ) oraz sumy dobowe promieniowania całkowitego ( $MJ/m^2$ ) w Mielniku w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 r.



Analizę danych termiczno-wilgotnościowych przeprowadzono z podziałem na dni pogodne i pochmurne. Za wartość graniczną, która klasyfikowała dzień do danej grupy przyjęto sumę dobową promieniowania równą  $10 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ . Wartości wyższe klasyfikowały dzień jako pogodny, niższe – jako pochmurny.

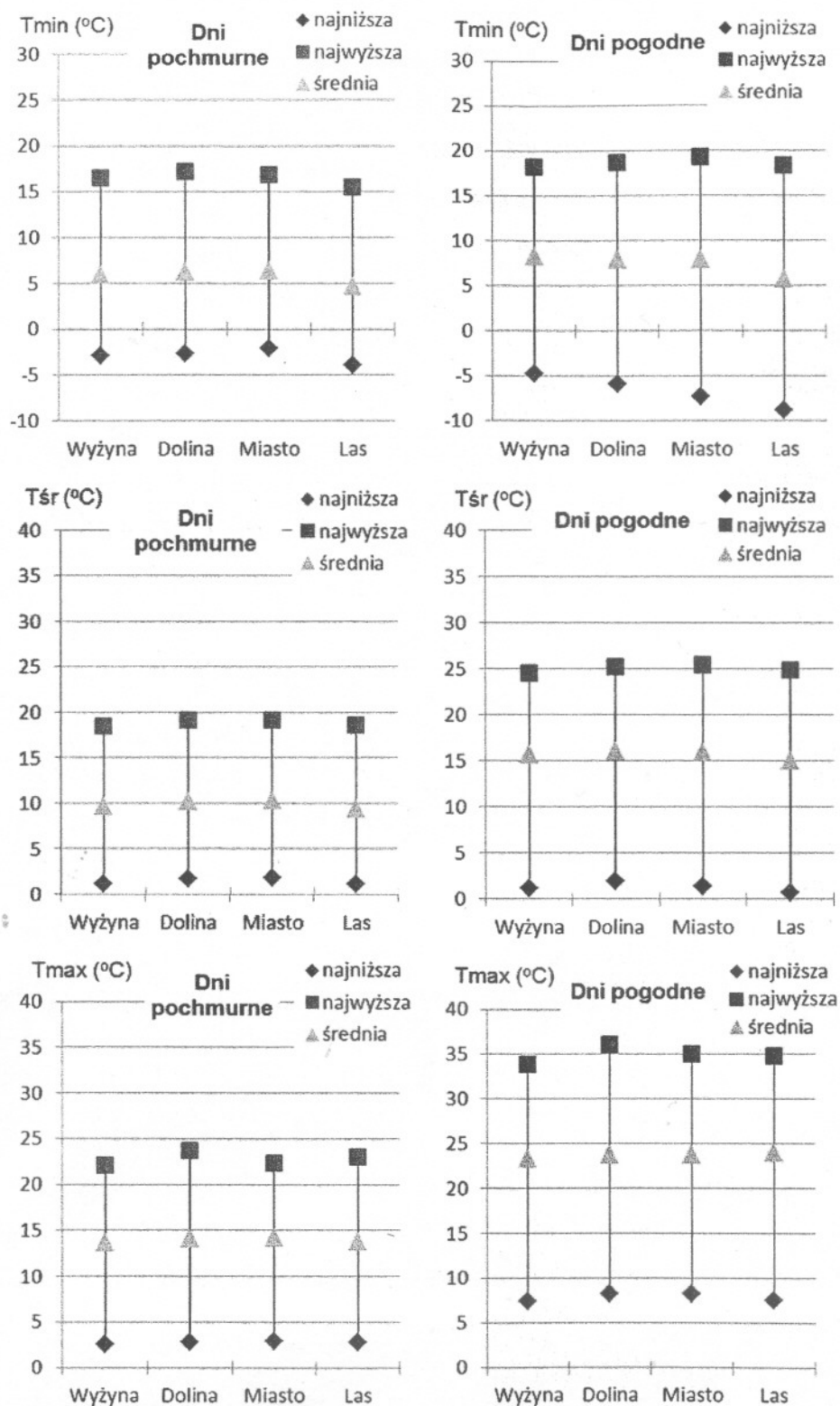
Średnia dobowa temperatura powietrza w okresie badań terenowych wahała się od  $0,7^{\circ}\text{C}$  w pierwszych dniach kwietnia do  $25,5^{\circ}\text{C}$  na początku lipca, kiedy to całą Polskę objęła fala upałów. Na każdym ze stanowisk, reprezentujących różne rodzaje klimatu lokalnego, warunki termiczno-wilgotnościowe były nieco odmienne, choć czasem różnice te były niewielkie (ryc. 14). Dlatego też analizę przeprowadzono z podziałem na dni pogodne, kiedy nagrzewanie się powierzchni jest najmniej ograniczone i różnice termiczne między różnymi powierzchniami są najwyraźniejsze oraz dni pochmurne.



Rycina 14. Średnia temperatura powietrza 1,5 m nad powierzchnią gruntu w Mielniku w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 r.

W dni pogodne najniższą temperaturę powietrza ( $-8,8^{\circ}\text{C}$ ) zanotowano na stanowisku **Las**, na niewielkiej polanie śródleśnej, która sprzyja spływaniu i stagnacji wychładzającego się nocą powietrza. W grupie dni pochmurnych najniższą temperaturę zanotowano także na stanowisku **Las**, jednak wynosiła ona  $-3,9^{\circ}\text{C}$ . Ogólnie, ujemną minimalną dobową temperaturę powietrza w okresie obserwacji zanotowano dziewięciokrotnie na stanowiskach **Wyżyna** i **Dolina**, 10 razy na stanowisku **Miasto** i aż 21 razy na stanowisku **Las**. Ciekawe jest, że niską temperaturę minimalną notuje się także na stanowisku **Miasto**, co świadczy o tym, że układ budynków na tyłach Urzędu Gminy tworzy także rodzaj studni miejskiej, w której dochodzi do powstania zastoiska chłodnego powietrza. Najwyższą minimalną

temperaturę powietrza, która oznacza najmniejsze nocne wychłodzenie, obserwowano w dni pogodne na stanowisku **Miasto**, zaś w dni pochmurne na stanowisku **Dolina** (ryc. 15).



Rycina 15. Najniższe, najwyższe oraz średnie wartości temperatury minimalnej ( $T_{min}$ ), średniej dobowej ( $T_{sr}$ ) oraz maksymalnej ( $T_{max}$ ) temperatury powietrza w Mielniku w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 r.

Do najsilniejszego nagrzania powietrza dochodzi, niezależnie od zachmurzenia, na wyeksponowanym na promieniowanie słoneczne stanowisku w **dolinie**. Najwyższa maksymalna dobowa temperatura powietrza sięgnęła tu w dni pogodne 36,1°C, zaś w dni pochmurne 23,8°C (ryc. 15).

Średnia dobowa amplituda temperatury powietrza na poszczególnych stanowiskach jest zdecydowanie większa w dni pogodne i waha się od 15,0°C w **lesie** do 16,1°C w **dolinie**, w porównaniu do dni pochmurnych kiedy to wynosi od 9,5°C w **lesie** po 10,3°C na stanowisku **Miasto**. Pomimo, że średnia dobowa amplituda temperatury powietrza jest na stanowisku **Las** najmniejsza, to już absolutny zakres amplitudy temperatury powietrza, czyli zakres notowanej temperatury w całym okresie obserwacji, był na polanie śródleśnej – największy i sięgnął aż 43,6 °C (tab. 18).

Ogólnie, w ciągu dnia najbardziej uprzywilejowane termicznie są centrum Mielnika oraz obszary w dolinie rzeki, zaś najchłodniejsze są obszary leśne okalające Mielnik od północy.

Tabela 18. Średnia minimalna, dobowa i maksymalna temperatura powietrza (°C) oraz zakres wahań w okresie badań w różnych miejscach Mielnika

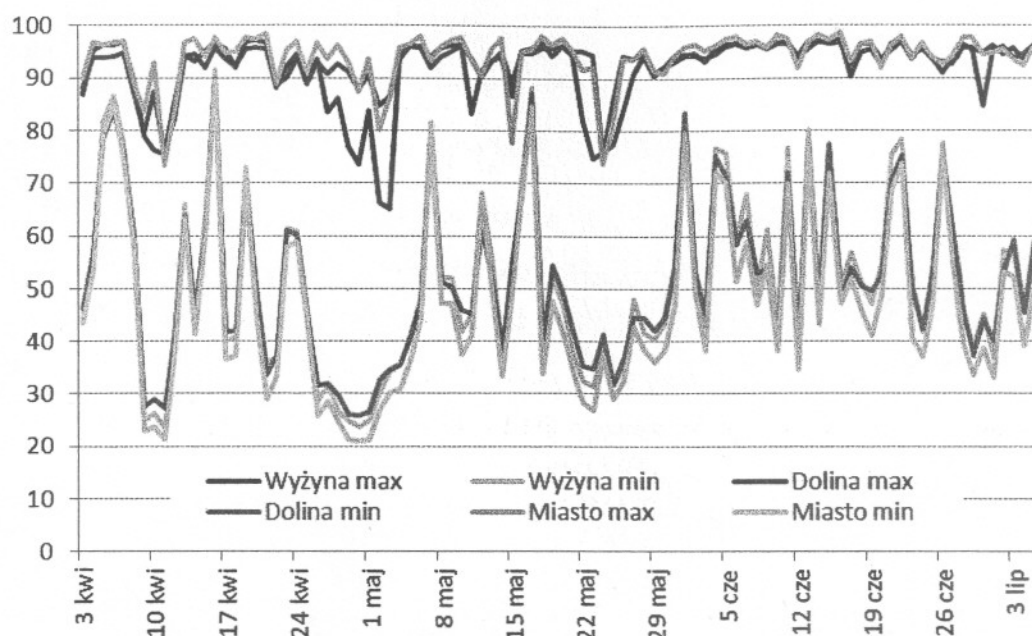
Stanowisko		Dolina	Miasto	Wyżyna	Las
MIN	min	-5,9	-7,3	-4,8	<b>-8,8</b>
	śr	7,4	7,4	7,6	5,4
	max	18,7	<b>19,2</b>	18,2	18,4
ŚREDNIA	min	1,7	1,4	1,2	0,7
	śr	14,4	14,4	14,1	13,5
	max	25,3	25,5	24,5	24,9
MAX	min	2,8	2,9	2,6	2,8
	śr	21,0	21,1	20,5	21,1
	max	<b>36,1</b>	35,0	33,9	34,9
Zakres wahań w okresie badań		41,9	42,4	38,7	<b>43,6</b>

Ważnym elementem klimatu, wpływającym nie tylko na odczuwanie bodźców termiczno-wilgotnościowych, ale także na tworzenie się niekorzystnych zjawisk pogodowych i aerosanitarnych (mgły radiacyjne, inwersje temperatury powietrza, stagnacja zanieczyszczeń w przygruntowej warstwie powietrza) jest wilgotność powietrza. Jej wielkość obserwowano na stanowiskach **Wyżyna**, **Dolina** oraz **Miasto** (ryc. 16).

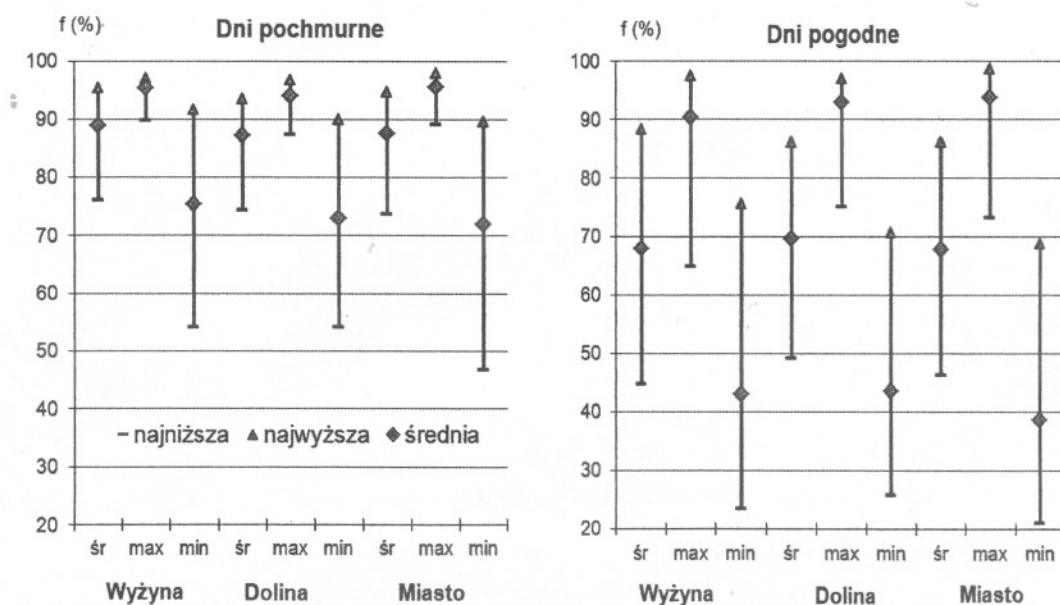
W okresie badań wilgotność względna powietrza wahała się od 21% do blisko 99%. Średnia dobowa wilgotność z okresu pomiarów wyniosła 73% na stanowisku **Miasto** i niewiele więcej, bo tylko 74% w **dolinie**, co świadczy o dobrym przewietrzaniu szerokiej doliny Bugu. W przebiegu maksymalnej wilgotności względnej przedstawionym na rycinie



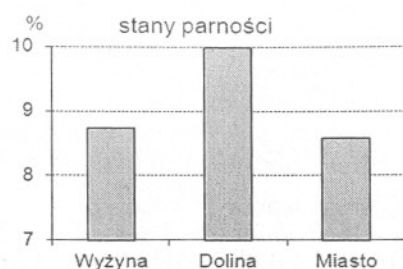
16 wyraźnie widać, że na stanowisku Wyżyna, oddalonym od Bugu – wraz z nadchodzącym ociepleniem następował szybki spadek wilgotności względnej powietrza, zaś nie był tak wyraźny i znaczny na stanowiskach leżących bliżej rzeki.



Rycina 16. Przebieg dobowy wilgotności powietrza w Mielniku w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 r.



Rycina 17. Najniższe, najwyższe oraz średnie wartości wilgotności względnej powietrza w Mielniku w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 r.



Rycina 18. Częstość stanów parności w Mielniku w okresie od 3 kwietnia do 5 lipca 2012 r.

Zróżnicowanie wilgotności powietrza jest znacznie większe w dni pogodne w porównaniu z dniami pochmurnymi. Zmienność maksymalnej wilgotności względnej powietrza notowanej w dniach pochmurnych wynosi jedynie 9%, podczas gdy w dni pogodne sięga ona 32% (ryc. 17). Dobre przewietrzanie doliny powoduje, że częstość stanów parności (kiedy to ciśnienie pary wodnej jest równe lub większe od 18,8 hPa), które są jednoznacznie negatywne dla organizmu człowieka, jest ogólnie niewielka i tylko nieznacznie większa w porównaniu z innymi miejscami (ryc. 18).

## 6. Stan sanitarny powietrza

Jakość powietrza w miejscowościach uzdrowiskowych jest bardzo ważnym elementem kuracji sanatoryjnej. Skuteczność zabiegów uzdrowiskowych mających na celu poprawę zdrowia i samopoczucia kuracjuszy wzmacniana jest poprzez stosowanie metod aeroterapii i spacerów na „świeżym” powietrzu. Powietrze jest jednym z naturalnych zasobów stosowanych do terapii, której skuteczność zależy od jakości wdychanego powietrza. Stężenia niektórych zanieczyszczeń w istotny sposób wpływają na zdrowie i samopoczucie człowieka. Liczne badania wskazują, że **pyły** zawieszone w powietrzu obniżają wydolność i odporność układu oddechowego na choroby takie jak astma, bronchit czy inne infekcje. Dodatkowym niebezpieczeństwem są **metale ciężkie** czy substancje rakotwórcze zawarte w pyłach. Czynnikiem silnie drażniącym jest **dwutlenek siarki**, który wywołuje kaszel i osłabia funkcje płuc. Długotrwałe wystawienie organizmu na działanie dwutlenku siarki powoduje między innymi istotne osłabienie układu odpornościowego człowieka. Zwiększona zawartość **dwutlenku azotu** wpływa niekorzystnie na astmatyków uczulonych na kurz i pyłki. Ponadto zwiększa podatność ludzi zdrowych na infekcje wirusowe. Wysokie stężenia tego gazu powodują obrzęki, zapalenia oskrzeli oraz płuc. Obniżenie zdolności przenoszenia tlenu przez krew w wyniku dużego stężenia **tlenu węgla** w powietrzu osłabia koncentrację, powoduje senność, omdlenia a nawet śmierć. Razem z innymi zanieczyszczeniami atakuje układ oddechowy i krążenia, co zwiększa śmiertelność. **Benzen** ma silne właściwości rakotwórcze, wpływa także na centralny układ nerwowy powodując depresję, pobudzenie, a także niewydolność układu oddechowego a nawet zgon. Duże stężenia **ozonu** w przyziemnej warstwie atmosfery działają toksycznie na organizm. Podrażnione zostają oczy i system oddechowy powodując kaszel, duszenie, a także osłabienie funkcji płuc. Długotrwały kontakt z tym gazem przyspiesza starzenie organizmu, osłabia system odpornościowy.

Biorąc powyższe pod uwagę należy podkreślić jak bardzo istotne jest monitorowanie jakości powietrza na terenach przeznaczonych dla lecznictwa uzdrowiskowego. Normy stężeń niektórych zanieczyszczeń powietrza są tam bardziej rygorystyczne niż w pozostałej części kraju.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 17 grudnia 2008 (Dz. U. 2009, 5, 31), poziom zanieczyszczenia powietrza na terenie planowanego uzdrowiska w Mielniku, został określony na podstawie pomiarów z istniejących punktów monitoringu zanieczyszczeń, analogii oraz innych obiektywnych metod szacowania. Materiały te służą do oceny jakości powietrza w obrębie istniejących jednostek administracyjnych województwa podlaskiego. W



związku z tym, że Mielnik może stać się miejscowością o statusie uzdrowiska, to obowiązywać będą tu zaostrzone dopuszczalne poziomy niektórych substancji w powietrzu.

Tabela 19. Dopuszczalne i docelowe poziomy niektórych substancji na obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów na 2010 rok.

Substancja	Okres uśredniania pomiarów	Dopuszczalny poziom substancji w powietrzu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oraz dopuszczalna częstość przekraczania poziomu dopuszczalnego w roku kalendarzowym (D).	
		Tereny uzdrowiskowe	Pozostałe tereny kraju
Dwutlenek siarki	jedna godzina	350	350+24D
	24 godziny	125	125+3D
Dwutlenek azotu	jedna godzina	200	200+18D
	rok kalendarzowy	35	40
Pył zawieszony (PM10)	24 godziny	50+35D	50+35D
	rok kalendarzowy	40	40
Benzen	rok kalendarzowy	4	5
Ołów	rok kalendarzowy	0,5	0,5
Tlenek węgla	8 godzin	5000	10000
Ozon	8 godzin	120+ 25D	120+ 25D
Substancja	Okres uśredniania pomiarów	Docelowy poziom substancji w powietrzu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Docelowy rok
Benzo(a)piren	rok kalendarzowy	0,001	2013
Arsen	rok kalendarzowy	0,006	2013
Kadm	rok kalendarzowy	0,005	2013
Nikiel	rok kalendarzowy	0,020	2013

Dopuszczalne stężenia substancji zawartych w powietrzu, które powinny być monitorowane w strefie uzdrowiskowej, określone są w tabeli 19. Należy zaznaczyć, że do 2006 r. normowany poziom ozonu wynosił  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dopiero od 2007 r. wprowadzono poziomy docelowe i długoterminowe dla ozonu oraz docelowe dla metali ciężkich i organicznych związków chemicznych zawartych w pyłe. Od 2010 do 2020 roku norma mówi, że przy powyższym poziomie stężeń ozonu dopuszczalne jest w roku kalendarzowym przekroczenie tej wartości nie więcej niż w ciągu 25 dni. Po 2020 r. przekroczenia 8-godzinne stężeń ozonu nie będą tolerowane. W 2007 r. wprowadzono poziomy docelowe dla metali ciężkich i organicznych związków chemicznych zawartych w pyłe. Będą one obowiązywały od 2013 r.

Zgodnie z ustawą Prawo Ochrony Środowiska (Dz. U. 2001, 62, poz. 627) do 31 maja każdego roku, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska dokonuje oceny poziomu substancji chemicznych zawartych w powietrzu w wyznaczonych na terenie województwa strefach. Na terenie województwa podlaskiego obecnie znajdują się 2 strefy. Do 2006 r. było

17 stref, a Mielnik należał do strefy powiatu siemiatyckiego. W 2007 r. utworzono nowy układ, zmniejszając liczbę stref do dziesięciu (Mielnik należał do strefy bielsko-siemiatyckiej). W 2010 r. zredukowano liczbę stref do 2 obejmujących strefę miasta Białystok i strefę podlaską, do której należy Mielnik.

Tabela 20. Klasy stref w zależności od poziomów stężeń zanieczyszczenia.

Poziom stężeń	Klasa strefy
Nie przekraczający wartości dopuszczalnej	A
Powyżej wartości dopuszczalnej lecz nie przekraczający tej wartości powiększonej o margines tolerancji	B
Powyżej wartości dopuszczalnej powiększonej o margines tolerancji	C

Klasyfikacja strefy, w której leży Mielnik wykonywana jest na podstawie kryteriów przedstawionych w tabeli 20, bez uwzględnienia surowszych kryteriów dotyczących obszarów ochrony uzdrowiskowej, jako że miejscowość ta nie jest obecnie uzdrowiskiem. W porównaniu z wartościami normatywnymi dotyczącymi danego zanieczyszczenia, określonymi dla terenu kraju, w przypadku wielu zanieczyszczeń w uzdrowiskach obowiązują niższe poziomy dopuszczalne, bez możliwości ich przekroczeń oraz bez marginesów tolerancji. Wartości normatywne ozonu i pyłu zawieszonego są jednakowe dla uzdrowisk i reszty kraju.

Zaliczenie strefy do określonej klasy zależy od stężeń zanieczyszczeń występujących na jej obszarze. Nakłada równocześnie obowiązek zaplanowania i podjęcia określonych działań w celu poprawy jakości powietrza (w przypadku jeśli nie są dotrzymane dopuszczalne poziomy) lub utrzymania tej jakości (jeśli spełnia ona przyjęte normy).

Tabela 21. Klasyfikacja strefy podlaskiej (w 2006 r. strefa powiatu siemiatyckiego, a od 2007 do 2009 strefa bielsko-siemiatycka) dla poszczególnych zanieczyszczeń.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Dwutlenek siarki	A	A	A	A	A	A
Dwutlenek azotu	A	A	A	A	A	A
Pył (PM10)	A	A	A	A	C <sup>1</sup>	C <sup>1</sup>
Ołów	A	A	A	A	A	A
Benzen	A	A	A	A	A	A
Tlenek węgla	A	A	A	A	A	A
Ozon	A	A	A	A	A	A
Arsen	-	A	A	A	A	A
Kadm	-	A	A	A	A	A
Nikiel	-	A	A	A	A	A
Benzo(a)piren	-	A	A	A	A	A

<sup>1</sup> przekroczenia normy w m. Łomża

W tabeli 21 przedstawiono oceny roczne zanieczyszczeń pyłowych i gazowych w rejonie obejmującym planowany obszar uzdrowiskowy Mielnika. Kolorem czarnym określone są substancje, których dotrzymanie norm jest wymagane zgodnie z cytowanym wcześniej Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 3 marca 2008 roku (Dz. U. 47, 281). Kolorem czerwonym przedstawiono te substancje, których poziom docelowy będzie obowiązywał od 2013 roku. Jednakże obecnie prezentowane wyniki pomimo tego, że nie są prawnie wiążące, świadczą o stanie sanitarnym powietrza i powinny być impulsem do opracowania przez odpowiednie władze województwa programu poprawy warunków aerosanitarnych w ciągu najbliższych lat.

Jak wynika z tabeli 21 stan sanitarny powietrza w Mielniku jest dobry. W latach 2007 oraz 2010 rozszerzono omawianą strefę klasyfikacji zanieczyszczeń. Obecnie w strefie warmińsko-mazurskiej znajduje się także Łomża, w której wystąpiło przekroczenie norm stężeń pyłu zawieszonego w powietrzu.

Analiza stanu zagospodarowania Mielnika wykazała, że na terenie miejscowości nie ma większych lokalnych źródeł zanieczyszczeń. Miejscowość jest całkowicie zgazyfikowana, a niewielki ruch tranzytowy nie przyczynia się do zwiększenia zanieczyszczeń pyłowych. Jedynym źródłem emisji pyłów do atmosfery jest kopalnia kredy znajdująca się we wschodniej części Mielnika. Przy dominujących wiatrach zachodnich zakład ten nie powinien przyczynić się do zwiększenia zapylenia terenu projektowanego uzdrowiska. Wniosek ten potwierdzają symulacje wykonane na potrzeby Mielnickich Zakładów Kredowych. Przewidywane, przy istniejącej wielkości produkcji kredy, 1-godzinne stężenia dwutlenku azotu i dwutlenku siarki są wielokrotnie niższe od dopuszczonych normą dla uzdrowisk. Przewidywane 1-godzinne stężenie pyłu PM<sub>10</sub> (3,1 µg/m<sup>3</sup>) wskazują, że nawet przy 16-godzinnej pracy kopalni dobową normę stężenia pyłu nie powinna być przekroczona (Wniosek o wydanie pozwolenia na wprowadzenie gazów lub pyłów do powietrza...).

**Podsumowując należy podkreślić bardzo dobrą jakość powietrza na terenie planowanego uzdrowiska w Mielniku.** Ocena jakości powietrza dla strefy, w której znajduje się Mielnik pokazała, że nie ma przekroczeń norm zanieczyszczeń powietrza w badanym okresie za wyjątkiem pyłu zawieszonego w powietrzu w 2010 i 2011 roku. Jednakże pomiary te są wykonywane na terenie Łomży, znacznie oddalonej od Mielnika. Z uwagi na wielkość i sposób zagospodarowania Łomży i Mielnika stan zanieczyszczenia powietrza z Łomży nie jest reprezentatywny dla Mielnika. Dlatego też należy przeprowadzać stałe lub okresowe pomiary jakości powietrza na terenie planowanego uzdrowiska.



## 7. Klimat akustyczny Mielnika

Wpływ hałasu na człowieka jest często minimalizowany gdyż rzadko powoduje on natychmiastowe negatywne skutki zdrowotne. Nadmierny hałas powoduje zmęczenie, drażliwość, podwyższenie ciśnienia krwi, ból i zawroty głowy a nawet uszkodzenie słuchu (Kalinowski 1969). Stosowana w Polsce definicja hałasu mówi, że są to wszystkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe lub szkodliwe drgania mechaniczne ośrodka sprężystego działające za pośrednictwem powietrza na organ słuchu i inne elementy organizmu człowieka.

Pomiary hałasu w Mielniku przeprowadzono głównie na obszarze planowanej strefy A ochrony uzdrowskiej, jak również w strefie B ze szczególnym uwzględnieniem warunków klimatu akustycznego panującego w bliskim sąsiedztwie głównej ulicy Mielnika.

Do pomiarów hałasu wykorzystano całkujące mierniki poziomu dźwięku SON-50 oraz DSA-50 firmy SONOPAN, a wykonano je w spełniających zasady pomiaru warunkach meteorologicznych.

Z uwagi na specyfikę terenów objętych niniejszymi badaniami, oraz bardziej rygorystycznymi normami dotyczącymi dopuszczalnych poziomów hałasu na terenach przeznaczonych do prowadzenia działalności uzdrowskiej, w opracowaniu skoncentrowano się nie tylko na pomiarach wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych, ale również wykonywano je w pewnym oddaleniu od nich w celu wychwycenia zasięgu oddziaływania hałasu komunikacyjnego, komunalnego oraz innych jego źródeł.

W niniejszym opracowaniu klimat akustyczny został opisany za pomocą równoważnego poziomu dźwięku A wyrażonego w decybelach. Jest to skorygowany według krzywej korekcyjnej A poziom ciśnienia akustycznego ciągłego ustalonego dźwięku. Równoważny poziom dźwięku A dla przedziału czasu T jest także zwany średnim poziomem dźwięku LAeq. Dla poszczególnych poziomów LAeq określono L<sub>Amax</sub> oraz L<sub>Amin</sub>. Do badań wykorzystano metodę bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie.

Pomiary przeprowadzono w dniach 5 i 6 czerwca oraz 6 lipca 2012 roku w 9 charakterystycznych miejscach badanego terenu. Oprócz pomiarów dziennych przeprowadzono w czterech punktach pomiary nocne.

Stanowisko pomiarowe nr 1 usytuowane w centrum Mielnika przy krawędzi ul. Brzeskiej, charakteryzowało klimat akustyczny panujący w centrum miejscowości, stanowiącej w przyszłości zaplecze i bazę obsługującą przyszłe uzdrowsko, a zarazem opisywało warunki akustyczne panujące w miejscu najbardziej narażonym na hałas

komunalny i komunikacyjny. Ulica Brzeska stanowi główny ciąg komunikacyjny Mielnika, oraz znajdują się przy niej główne obiekty użyteczności publicznej. Głównym czynnikiem modelującym klimat akustyczny tego miejsca jest ruch samochodów oraz dźwięki związane z funkcjonowaniem miejscowości. Natężenie ruchu pojazdów w czasie pomiarów było niewielkie i w zależności od pory dnia wynosiło od 40 do 70 pojazdów na godzinę, przy czym około 10-15% pojazdów stanowiły samochody ciężarowe. W okresie nocnym ruch samochodowy jest znikomy, obserwowano pojedyncze samochody.

Stanowisko pomiarowe nr 2 znajdowało się przy skrzyżowaniu ul. Brzeskiej i Sadowej, w odległości 2 m od krawędzi jezdni. Dostatecznie luźna zabudowa sprzyja korzystnym warunkom akustycznym, a jedynie niewielki ruch samochodów jest głównym elementem kształtującym klimat akustyczny tego miejsca.

Stanowisko pomiarowe nr 3 usytuowano na obrzeżach Mielnika, na terenie planowanego uzdrowiska przy wjeździe na camping. W miejscu tym będzie się koncentrował ruch samochodów zmierzających zarówno do Mielnika, jak i kuracjuszy przyjeżdżających do uzdrowiska. Punkt pomiarowy znajdował się 2 m od krawędzi drogi.

Stanowisko pomiarowe nr 4 charakteryzowało również klimat akustyczny wzdłuż drogi wylotowej z Mielnika stanowiącej przedłużenie ul. Brzeskiej w okolicy oczyszczalni ścieków. W miejscu tym ruch samochodów jest niewielki, w okresie pomiarów średnio w ciągu godziny przejeżdżało wtedy około 60 samochodów, zaś niewielki procent stanowiły samochody dowożące nieczystości płynne do oczyszczalni ścieków.

Stanowisko pomiarowe nr 5 usytuowano w centralnej części uzdrowiska, na terenie campingu. Punkt pomiarowy znajdował się w odległości 200 m od głównej drogi. W miejscu tym wciąż dochodzi szum od pojazdów z drogi, jednak jest on bardzo dobrze tłumiony przez porastającą dość gęsto roślinność.

Stanowisko pomiarowe nr 6, znajdowało się na łące w pobliżu Bugu w odległości 300 m od drogi. Miejsce to z uwagi na bardzo korzystne walory przyrodnicze może w przyszłości stanowić cel spacerów, wycieczek oraz jako obszar do prowadzenia terapii ruchowej. Panowały tu bardzo korzystne warunki akustyczne, a hałas komunikacyjny pomimo niewielkiej odległości od drogi był słyszalny w postaci odległego szumu, co znalazło odzwierciedlenie w uzyskanych wynikach pomiaru.

Stanowisko pomiarowe nr 7 znajdowało się w pobliżu jednostki straży granicznej, przy skrzyżowaniu ul. Sadowej i drogi prowadzącej do punktu widokowego. Punkt pomiarowy znajdował się w odległości 5 m od krawędzi ulicy. Klimat akustyczny związany jest z ruchem na drodze z Mielnika do Radziwiłłówki oraz funkcjonowaniem placówki straży

granicznej i okolicznych gospodarstw. Ruch samochodowy w miejscu pomiaru był niewielki i wynosił kilka do kilkunastu samochodów w ciągu godziny.

Stanowisko pomiarowe nr 8 usytuowano z dala od ruchliwych ciągów komunikacyjnych, w pobliżu wieży widokowej, w otoczeniu pól, gdzie hałas może pochodzić od turystów oraz maszyn pracujących na polach.

Stanowisko pomiarowe nr 9 charakteryzowało klimat akustyczny w pobliżu linii wysokiego napięcia, przecinającej teren planowanej strefy A ochrony uzdrowiskowej. Punkt pomiarowy znajdował się bezpośrednio pod linią wysokiego napięcia.

Ponadto na stanowiskach nr 1, 2, 3 i 7 wykonano nocne pomiary hałasu.

Wartości dopuszczalnych poziomów hałasu są zależne od funkcji urbanistycznej, jaką spełnia dany teren. Dla terenów wymagających intensywnej ochrony przed hałasem, jakim są tereny w strefie A ochrony uzdrowiskowej, określone są najniższe poziomy dopuszczalne (tab. 22).

Tabela 22. Dopuszczalne poziomy hałasu wyrażone równoważnym poziomem dźwięku A w dB

L.p.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe źródła hałasu	
		Dzień 16 godzin	Noc 8 godzin	Dzień <sup>1</sup>	Noc <sup>2</sup>
1.	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska, b) Tereny szpitali poza miastem	50	45	45	40

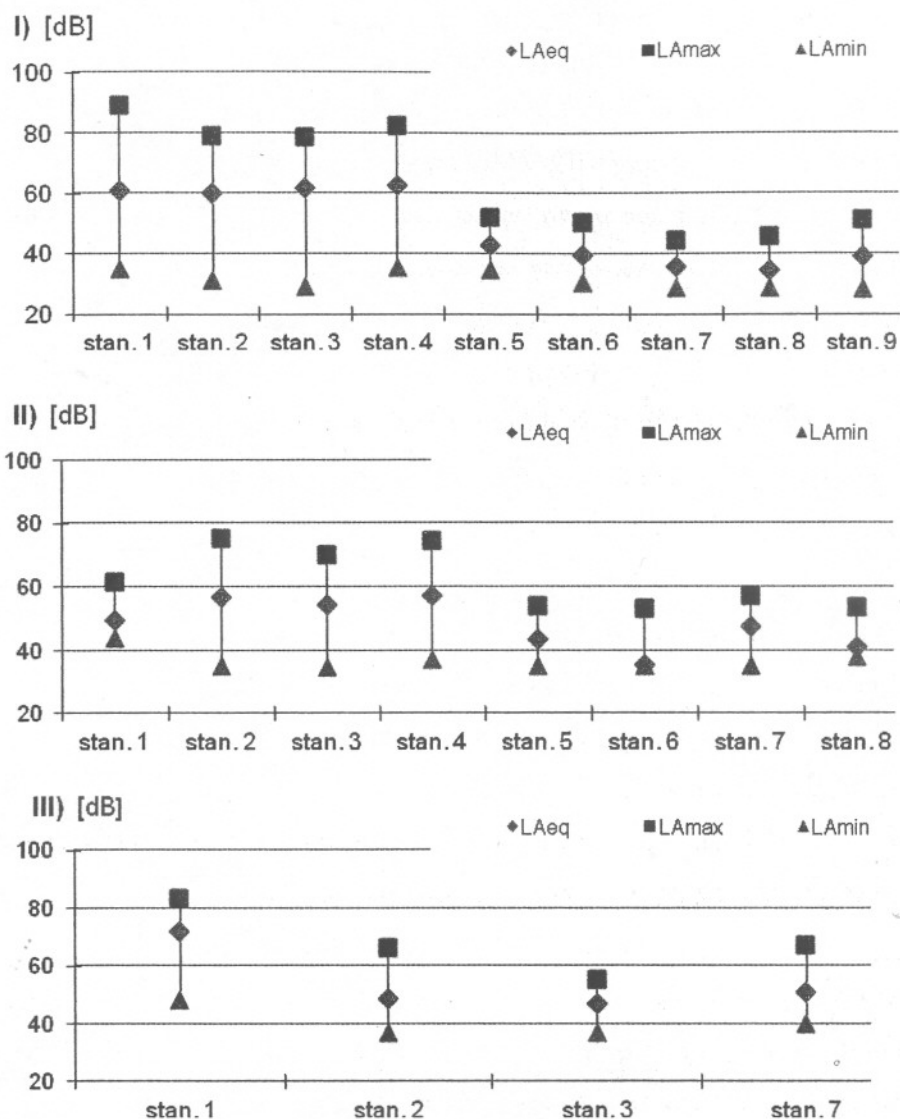
<sup>1</sup> przedział czasu obejmujący 8 najmniej korzystnych godzin dnia

<sup>2</sup> przedział czasu obejmujący 1 najmniej korzystną godzinę nocy

Na rycinie 19 przedstawiono wartości równoważnego poziomu dźwięku A w różnych miejscach planowanej strefy ochrony uzdrowiskowej oraz w samej miejscowości Mielnik, jak również jego wartości maksymalne i minimalne.

Uwzględniając położenie punktów pomiarowych oraz uzyskane wartości poziomu hałasu można stwierdzić, że najwyższe wartości równoważnego poziomu dźwięku notowane są wzdłuż drogi wylotowej z Mielnika stanowiącej przedłużenie ul. Brzeskiej. W punktach pomiarowych nr 3 i 4 w rejonie campingu i oczyszczalni ścieków zanotowano hałas kształtujący się na poziomie 55 – 62 dB. Droga ta będzie w przyszłości stanowiła główną trasę dojazdową do uzdrowiska. W chwili obecnej teren ten znajduje się poza obszarem zabudowanym z dozwoloną prędkością 90 km/h. Wartości równoważnego poziomu dźwięku rzędu 60 dB[A] są charakterystyczne dla dróg o niewielkim natężeniu ruchu samochodowego. Wprowadzenie ograniczenia prędkości do 50 km/h z chwilą rozpoczęcia działalności

uzdrowiska spowoduje obniżenie hałasu. Wartości 60 dB[A] notowano również na stanowiskach 1 i 2 znajdujących się na terenie Mielnika, wzdłuż ul. Brzeskiej.



Rycina 19. Wartości równoważnego poziomu dźwięku w różnych miejscach planowanej strefy A i B ochrony uzdrowskiej w Mielniku: I) 5 i 6 czerwca, II) 6 lipca, III) w nocy 5/6 czerwca,

Niewielkie różnice warunków akustycznych na terenie Mielnika są związane z dojazdami do pracy i powrotami. W porze nocnej z uwagi na lepszą propagację dźwięku zakres oddziaływania hałasu był nieco większy i wahał się w przedziale od 49 do 70 dB[A] (stan. 1 i stan. 2).

W punkcie pomiarowym nr 5 położonym na campingu w odległości 150 m od krawędzi drogi zanotowano hałas na poziomie 43 dB(A). Zasięg ponadnormatywnego oddziaływania hałasu właściwego dla dróg i linii kolejowych w strefie A ochrony uzdrowskiej (50 dB w ciągu dnia i 45 dB w okresie nocy) przebiega w odległości około 20



od krawędzi drogi. Jednakże to oddziaływanie hałasu jest w dużej mierze uzależnione od topografii terenu oraz zasłonięcia przez szatę roślinną. Pomiar natężenia hałasu został przeprowadzony również na tarasie zalewowym Bugu, mogącym w przyszłości stanowić zaplecze do prowadzenia rekreacji przez kuracjuszy. Notowane tam wartości równoważnego poziomu dźwięku w ciągu dnia nie przekraczały 40 dB[A] (stan. 6). W pozostałych punktach pomiarowych (stan. 7, 8, 9), znajdujących się na obrzeżach planowanej strefy A ochrony uzdrowskiej, równoważy poziom dźwięku nie przekroczył 40 dB(A) podczas pomiarów przeprowadzonych 5 czerwca (I seria pomiarowa). Niewiele wyższe wartości średniego poziomu hałasu zanotowano w dniu 6 lipca na stanowisku 7 – 47 dB[A]. Na stanowisku tym w porze nocnej równoważny poziom dźwięku wynosił 50 dB[A]. Pomiary przeprowadzone pod linią wysokiego napięcia cechują się również niskimi wartościami hałasu, co jednoznacznie wskazuje na kształtowanie klimatu akustycznego głównie przez środowisko przyrodnicze.

Zarówno podczas pomiarów nocnych, jak i dziennych wyraźnie zaznacza się obszar przylegający do ul. Brzeskiej jako teren najbardziej narażony na hałas o natężeniu 60 dB. Tutaj też obserwuje się największy zakres zmian średniego poziomu dźwięku, od 30 do 80 dB. W pozostałych punktach Mielnika oraz na terenach planowanych pod przyszłe uzdrowsko zakres zmian średniego poziomu dźwięku jest niewielki, o dość płynnym przebiegu i niewielkiej amplitudzie, co świadczy o tym, że pojedyncze impulsy dźwiękowe zlewają się w tym miejscu i są odbierane jako jednostajny szum.

Istotnym czynnikiem decydującym o natężeniu hałasu komunikacyjnego jest stan nawierzchni dróg. Ciągły wzrost natężenia ruchu w ostatnich latach pociąga za sobą pogorszenie ich nawierzchni. Powoduje to wtórną emisję hałasu komunikacyjnego pochodzącego od drgań elementów pojazdów. Maksymalne zmierzone wartości pochodzą głównie od tych samochodów, których stan techniczny jest niezadowalający. Istotny jest fakt, że chwilowe wartości średniego poziomu dźwięku na wszystkich stanowiskach usytuowanych przy ruchliwych ciągach komunikacyjnych przekraczały czasami 80 dB(A). Największe wartości maksymalne średniego poziomu dźwięku zanotowano na stanowisku 1 przy ul. Brzeskiej (89 dB) oraz stanowisku 4 – 82(A) dB. Wartości maksymalne przekraczające 70 dB(A) zanotowano w punktach 2 i 3.

Nocą maksymalne wartości na stanowisku 1 również przekroczyły 80 dB(A). W przypadku wartości minimalnych największy ich poziom zanotowano także w punkcie 1 i 3 (powyżej 35 dB(A)). Podczas pomiarów nocnych wartości minimalne wyraźnie przekraczające 40 dB(A) zanotowano również na stanowisku 1.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w przypadku badanego terenu dominujący jest hałas komunikacyjny. Pozostałe czynniki w postaci hałasu komunalnego czy przemysłowego są mniej znaczące.

Istotnym elementem w kształtowaniu klimatu akustycznego jest czas trwania dźwięków o określonym natężeniu. W przypadku terenów uzdrowiskowych poziom 50 dB(A) został przyjęty w ustawie jako poziom dopuszczalny przy ciągach komunikacyjnych.

Tabela 23. Czas trwania poziomu hałasu powyżej 50 dB [%].

Nr stan	5-6 VI	6 VII	Noc 5/6 VI
1	49,4	x	4,6
2	0	14,3	10,8
3	27,5	x	0
4	15	21,8	x
5	0	0	x
6	0	x	x
7	0	21	0
8	0	0	x
9	0	x	x

x – brak pomiarów

Przeprowadzone badania wykazały, że tylko w 1 punkcie pomiarowym dźwięk o natężeniu przekraczającym 50 dB utrzymywał się przez blisko 50% czasu pomiaru (tab. 23). W pozostałych punktach pomiarowych wartość 50 dB nie jest notowana w ogóle lub występuje przez mniej niż 20% czasu pomiaru.

Podsumowując przeprowadzone badania można stwierdzić, że **najmniej korzystne warunki akustyczne występują tylko wzdłuż ul. Brzeskiej. Na pozostałej części badanego obszaru obserwowane są bardzo korzystne warunki akustyczne dla leczenia klimatycznego.**

Zgodnie ze skalą zagrożenia hałasem komunikacyjnym opracowaną przez Państwowy Zakład Higieny, która wykorzystuje również oceny subiektywne, większa część terenu projektowanej strefy A ochrony uzdrowiskowej cechuje się małą uciążliwością hałasu ( $L_{Aeq} \leq 52$ ), jedynie wzdłuż pasa przylegającego do ul. Brzeskiej (stan. 1, 2, 3, 4) odnotowano średnią uciążliwość hałasu ( $52 \leq L_{Aeq} \leq 62$  dB).

W związku z powyższym, w celu ograniczenia oddziaływania ruchu samochodowego na klimat akustyczny planowanej strefy A ochrony uzdrowiskowej, należy przeprowadzić działania w zakresie:

- ograniczenia emisji akustycznej podstawowych źródeł hałasu, głównie komunikacji samochodowej poprzez ograniczenie prędkości na terenie planowanej strefy A ochrony uzdrowiskowej,
- zastosowanie ekranów akustycznych składających się z drzew i krzewów - wpływ zieleni na tłumienie hałasu jest znaczący tylko w przypadku bardzo gęstej zieleni o szerokości pasa przynajmniej 30 m,
- z uwagi na to, że zasięg oddziaływania hałasu obejmuje strefę około 20 m po obu stronach drogi, w strefie tej nie należy lokalizować obiektów podlegających ochronie przed hałasem (sanatoria, zakład przyrodolecznicy).

## 8. Pola elektromagnetyczne

Zaledwie ponad 100 lat temu pojawiły się sztuczne pola elektromagnetyczne, związane z działalnością człowieka. Intensywny rozwój i wprowadzanie do użytku codziennego nowych technologii wykorzystujących prąd elektryczny (telefon, stacje telewizyjne, lodówka, linie przesyłowe energii elektrycznej) powodują, że pola te występują wszędzie tam gdzie pojawia się człowiek. Źródłem promieniowania jest każda instalacja elektryczna czy urządzenie, w którym następuje przepływ prądu, począwszy od urządzeń elektrycznych wykorzystywanych w gospodarstwach domowych, a na stacjach bazowych telefonii komórkowej skończywszy.

Od ponad 20-tu lat prowadzone są intensywne badania wpływu promieniowania niejonizującego na zdrowie człowieka. Międzynarodowa Organizacja Zdrowia (WHO) w swoich raportach ogłasza rezultaty tego typu badań. W zakresie wartości dopuszczalnych natężeń należy stwierdzić, że w naturalnych warunkach na terenie naszego kraju nie należy obawiać się zagrożenia dla ludzi i środowiska ze strony pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez układy elektroenergetyczne wysokiego napięcia budowane zgodnie z normami krajowymi (Mosiński, Wira 2002).

Podstawową ochroną prawną przed polami elektromagnetycznymi jest rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30.10.2003 r. o dopuszczalnych poziomach pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobach sprawdzania dotrzymania tych poziomów (tab. 24).

Tabela 24. Dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych.

Zakres częstotliwości pola elektromagnetycznego	Składowa elektryczna	Składowa magnetyczna	Gęstość mocy
dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową			
50 Hz	1 kV/m	60 A/m	-
dla miejsc dostępnych dla ludności			
od 0,5 do 50 Hz	10 kV/m	60 A/m	-
od 0,001 do 3 MHz	20 V/m	3 A/m	-
od 3 do 300 MHz	7 V/m	-	-
od 300 MHz do 300GHz	7 V/m	-	0,1 W/m <sup>2</sup>

Badanie poziomu pól elektromagnetycznych na terenie planowanego obszaru uzdrowiskowego wykonane zostało przez Akredytowane Laboratorium Pomiarów Pola Elektromagnetycznego Assecuro. Laboratorium to posiada Certyfikat Akredytacji



Laboratorium Badawczego AB384 Polskiego Centrum Akredytacji w zakresie pomiarów pól elektromagnetycznych dla celów ochrony środowiska i bezpieczeństwa i higieny pracy w paśmie do 50 GHz.

Pomiary wykonano 18 sierpnia 2012 roku. Do badań zastosowano miernik oraz sondy zapewniające odpowiednie parametry pomiaru dla wybranych wcześniej częstotliwości (załącznik 1). Urządzenia te posiadają odpowiednie świadectwa pozwalające na wykonywanie tego rodzaju pomiarów.

Wzdłuż linii przesyłowych prądu wysokiego napięcia od 110kV, a taka linia przebiega przez planowany obszar uzdrowiska, znajdują się pola ochronne utworzone zgodnie z zasadami ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem. Zasady te wynikają z rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. oraz normy PN-E-05100-1:1998 o projektowaniu i budowie elektroenergetycznych linii napowietrznych. Na terenie stref ochronnych usytuowanych pod liniami wysokiego napięcia 110kV zabroniona jest lokalizacja budynków mieszkalnych, szpitali, żłobków i przedszkoli.

Z badań natężenia promieniowania elektromagnetycznego przeprowadzonych na potencjalnym obszarze uzdrowskowym w pobliżu Mielnika wynika, że w zakresie badanych częstotliwości (załącznik nr 1) w otoczeniu linii przesyłowej nie występują przekroczenia dopuszczalnych wartości promieniowania elektromagnetycznego dla miejsc dostępnych dla ludności, natomiast norma dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową w wielu miejscach została przekroczona. Na tej podstawie można stwierdzić, że eksploatacja linii przesyłowej nie zagraża zdrowiu ludzi i środowisku przy założeniu, że zachowane zostaną wymienione wcześniej pola ochronne. Wyniki badań prowadzonych na pozostałym planowanym terenie strefy uzdrowskowej A pokazują, że nie występują wartości promieniowania większe od dopuszczalnych, a tym samym spełnione są normy dotyczące poziomu pól elektromagnetycznych w środowisku określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów.

Z mapy pokazującej miejsca przeprowadzonych pomiarów wynika, że linia przesyłowa znajduje się w środku planowanej strefy uzdrowskowej A. Zgodnie z ustawą o lecznictwie uzdrowskowych na obszarze strefy A oraz B zabrania się budowy urządzeń emitujących fale elektromagnetyczne, które znacząco oddziałują na środowisko. Informacje uzyskane z Gminy, a dotyczące studium zagospodarowania przestrzennego pokazują, że przewidziana jest wzdłuż linii przesyłowej relacji Adamowo-Siemiatycze-Siedlce (tj. omawianej wyżej) strefa ochronna przed szkodliwym promieniowaniem

elektromagnetycznym. W związku z tym, że pod linią WN 110 kV (załącznik 1) wykazano dwukrotne przekroczenie normy odnoszącej się do terenów przeznaczonych pod zabudowę wzdłuż linii wysokiego napięcia - teren ten powinien być wyłączony z lokalizacji trwałej infrastruktury uzdrowskiej, w tym także tras spacerowych. Należy bezwzględnie dążyć do jak najszybszego przesunięcia omawianej linii przesyłowej poza teren planowanej strefy uzdrowskiej lub zmienić lokalizację planowanej dzielnicy uzdrowskiej.

Załącznik nr 1: Sprawozdanie nr 21/2012 z pomiarów pól elektromagnetycznych przeprowadzonych dla celów ochrony środowiska.

## 9. Podsumowanie

Po przeanalizowaniu wieloletnich danych meteorologicznych oraz po analizie stanu sanitarnego powietrza i po przeprowadzeniu badań zróżnicowania mikroklimatycznego, klimatu akustycznego i pól elektromagnetycznych można stwierdzić, że: klimat i **bioklimat Mielnika cechuje się właściwościami leczniczymi i profilaktycznymi**, które mogą być wykorzystywane w leczeniu klimatycznym chorób układu oddechowego (w tym astmy), chorób układu krążenia oraz zaburzeń neurologicznych. Może także wspomagać leczenie zaburzeń przemiany materii. Bioklimat Mielnika ze względu na znaczną bodźcowość termiczną posiada także walory hartujące układ termoregulacyjny.

**Norma usłonecznienia**, wynosząca dla uzdrowisk środkowej Europy 1500 godzin ze słońcem w roku, **jest w Mielniku zachowana.**

Po analizie charakterystyk temperatury i wilgotności powietrza można stwierdzić, że pod względem stosunków termiczno-wilgotnościowych Mielnik spełnia warunki stawiane miejscowościom uzdrowiskowym. Pozytywnymi cechami są rzadkie stany parności oraz duże dobowe kontrasty termiczne, zwłaszcza w półroczu ciepłym, mające istotne znaczenie dla klimatoterapii (charakter hartujący). Negatywną cechą klimatu Mielnika jest natomiast dość częste występowanie dni mroźnych i bardzo mroźnych.

Średnia liczba dni z opadem w rejonie Mielnika jest wyraźnie niższa od dopuszczonej normą, co oznacza, że badany obszar spełnia wymagane w tym zakresie kryterium.

W rejonie Mielnika liczba dni z mgłą w półroczu chłodnym jest wyraźnie mniejsza niż wskazuje norma dla uzdrowisk, natomiast w półroczu ciepłym jest większa niż norma.

Warunki wiatrowe w Mielniku są korzystne dla klimatoterapii. Średnia prędkość wiatru jest mała. Mało jest cisz atmosferycznych, a dni z wiatrem silnym występują bardzo rzadko. Korzystne jest również to, że częstość wiatru silnego w lecie jest niewielka.

Biorąc pod uwagę oddziaływanie warunków atmosferycznych na organizm człowieka **najdogodniejszy dla klimatoterapii jest w Mielniku okres od początku kwietnia do połowy października**, kiedy to, zależnie od aktualnych warunków solarnych, termicznych, wietrznych i opadowych można stosować jedną lub kilka form leczenia klimatycznego przez większość kuracjuszy. W pozostałej części roku warunki bioklimatyczne mogą być wykorzystywane do leczenia, rehabilitacji i profilaktyki osób w sile wieku, o sprawnie działającym układzie termoregulacyjnym i krwionośnym.

Stan sanitarny powietrza w Mielniku jest dobry i pozwala na jego lecznicze wykorzystywanie; poziom podstawowych zanieczyszczeń powietrza jest poniżej obowiązujących norm sanitarnych.

Na większości badanego obszaru warunki akustyczne są korzystne dla leczenia klimatycznego. Warunki niekorzystne występują jedynie wzdłuż głównego ciągu komunikacyjnego (ulica Brzeska) oraz w centrum miejscowości.

Na obszarze Mielnika spełnione są normy dotyczące poziomu pól elektromagnetycznych w środowisku. Niemniej, pas terenu wzdłuż linii przesyłowej wysokiego napięcia należy bezwzględnie wyłączyć z lokalizacji stałych obiektów infrastruktury uzdrowiskowej

Oceniając warunki bioklimatyczne w poszczególnych częściach Mielnika można stwierdzić, że różnią się one pod względem walorów klimatoterapeutycznych (ryc. 19).

**Obszary bardzo korzystne (1A, 1B)** - Warunki najkorzystniejsze dla leczenia klimatycznego występują na eksponowanych na południe zboczach doliny Bugu (1A) oraz wewnątrz suchych, sosnowych lasów (1B), które łagodzą warunki odczuwalne w ekstremalnych sytuacjach pogodowych, eliminują hałas i zanieczyszczenia, a dzięki obecności w powietrzu specyficznych substancji wydzielanych przez drzewa (tzw. fitoncydów) mogą być wykorzystywane w leczeniu i profilaktyce wielu schorzeń.

**Obszary umiarkowanie korzystne (2A, 2B, 2C)** – Tereny te cechują się pewnymi ograniczeniami dla długotrwałego przebywania kuracjuszy:

- z uwagi na duże dobowe kontrasty termiczne oraz okresowo zbyt intensywne straty ciepła z organizmu, które mogą doprowadzić do jego wychładzania (2A),
- z uwagi na osłabienie bodźców radiacyjnych i skład drzewostanu ograniczający możliwość swobodnej penetracji w głąb lasu (2B),
- podwyższony okresowo lokalny poziom hałasu i zanieczyszczeń powietrza wśród zabudowy (2C).

Obszary te mogą być jednak skutecznie wykorzystywane w leczeniu klimatycznym, głównie dla różnych form terapii ruchowej. Należy tu wytyczyć ścieżki spacerowe i trasy rowerowe oraz zorganizować infrastrukturę do korzystania z gimnastyki i gier sportowo-rekreacyjnych.

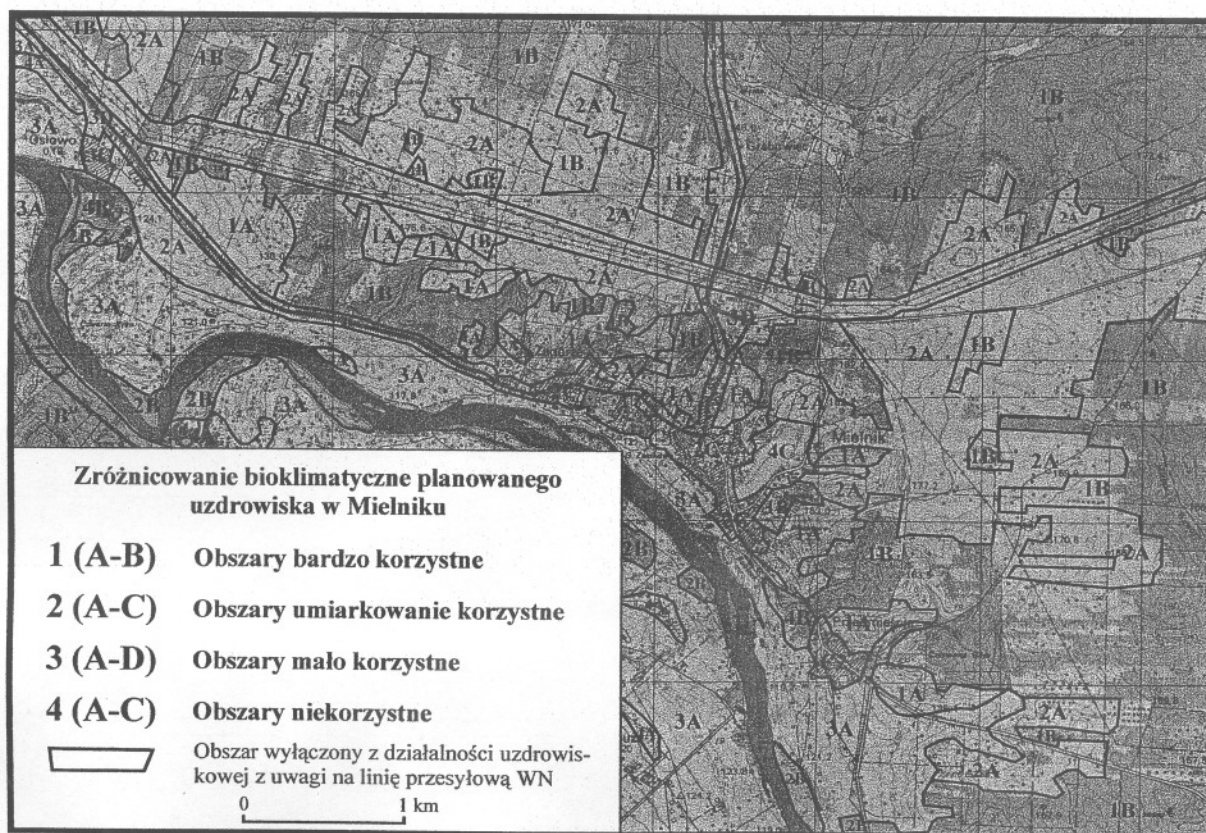
**Obszary mało korzystne (3A, 3C, 3D)** – Mało korzystne z punktu widzenia leczenia klimatycznego są:



- dno doliny Bugu (3A) – z uwagi na duże dobowe kontrasty i inwersje temperatury, częste mgły przygruntowe oraz podwyższoną wilgotność powietrza, sprzyjającą w letnie, gorące dni pojawianiu się stanów parności,
- obszary zabudowane w dnie doliny Bugu (3C) - z uwagi na podwyższony poziom hałasu i zanieczyszczeń oraz podwyższoną wilgotność powietrza, sprzyjającą w letnie, gorące dni pojawianiu się stanów parności,
- tereny leżące wzdłuż dróg o znacznym lokalnym, ruchu samochodowym (3D) z uwagi na podwyższony poziom hałasu i zanieczyszczeń komunikacyjnych

#### **Obszary niekorzystne (4A, 4B, 4C)**

- podmokłe fragmenty dna doliny Bugu (4A) – z uwagi na zwiększoną częstość mgieł przygruntowych i stale podwyższoną wilgotność powietrza oraz na trudną dostępność terenu,
- podmokłe lasy w dnie doliny Bugu (4B) – z uwagi na trudną dostępność, obecność uciążliwych owadów i stale podwyższoną wilgotność powietrza,
- tereny kopalni kredy i towarzysząca jej zabudowa (4C) – z uwagi na znacznie podwyższony poziom hałasu i zanieczyszczeń.



Rycina 20. Zróznicowanie bioklimatyczne planowanego uzdrowiska w Mielniku

## 10. Zalecenia

W celu pełnego wykorzystania leczniczych właściwości klimatu Mielnika należy podjąć działania sprzyjające utrzymaniu należytego stanu klimatu lokalnego i akustycznego oraz stanu sanitarnego powietrza. W związku z tym niezbędne jest:

- ograniczenie prędkości ruchu samochodowego wzdłuż ciągu ulicy Brzeskiej, także poza terenem zabudowanym,
- prowadzenie systematycznych kontroli klimatu akustycznego,
- prowadzenie systematycznej kontroli stanu sanitarnego powietrza,
- przeniesienie linii przesyłowej wysokiego napięcia, która obecnie przebiega przez planowaną strefę A, poza teren projektowanego uzdrowiska lub zmiana granic strefy uzdrowiskowej,
- założenie stacji meteorologicznej, w celu optymalnego wykorzystania lokalnych cech klimatu w planowaniu i przeprowadzaniu zabiegów klimatoterapeutycznych.

## Literatura

- Belding H.S., Hatch T.F., 1955, *Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain*. Heating, Piping and Air Conditioning, 27, 129-136.
- Błażejczyk K., 1998, *Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka*. Zeszyty IGiPZ PAN, Nr 51.
- Błażejczyk K., 2003, *Bioklimatyczne cechy klimatu Polski*. Przegl. Geogr. IGiPZ PAN, 75, 4, s. 525-543.
- Błażejczyk K., 2004, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 192.
- Bogucki J., 1988, *Wstęp do użytkowania rekreacyjnego lasu, wybrane zagadnienia z ekologii i zoologii*, Monografie, Podręczniki, Skrypty AWF w Poznaniu, Skrypty, 112.
- Bogucki J. (red.), 1999, *Biometeorologia turystyki i rekreacji*, AWF w Poznaniu, Podręczniki, 48.
- Bokša V.G., Boguckij B.V., 1966, *Klimatoterapija (rukovodstvo dla vračej)*. Izdatelstvo Zdorove, Kiev.
- Borisenkov E.P., Kobzareva E. N., Krushatina I.A., Nikoforova L. N., Uspenskaya V. G., Shiarts Ya. M., 2000, *Relation of meteorotropic reactions in cardiac patients to atmospheric electric factors*. [w:] Human Biometeorology, Material of Congress, St Petersburg 18-22 Sep. Gidrometeoizdat, St. Petersburg, s. 146-147.
- Chameides W. L., Lindsay R. W., Richardson J., Kiang C. S., 1988, The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog : Atlanta as a case study. Science 241, 1473-1475.
- Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2003, *Wskazówki do pierwszej rocznej oceny jakości powietrza wykonywanej wg zasad określonych w art.89 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska*, Warszawa.
- Hessmann-Kosaris A., 1998, *Wpływ pogody na samopoczucie*, Diogenes, Warszawa.
- Jankowiak J. (red.), 1976, *Biometeorologia człowieka*, PZWL, Warszawa.
- Kiełczewski B., Bogucki J., 1972, *Zarys biometeorologii sportu*, Sport i Turystyka, Warszawa.
- Kondracki J., 2002, *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kostrowicki A.S., 1999, *Geografia biosfery. Biogeografia dynamiczna lądów*, Wyd. Nauk PWN, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., 1998, *Promieniowanie słoneczne i jego wpływ na organizm człowieka*. Balneologia Polska, 1998, 40, 1-2, s. 130-141.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody ich zastosowania w badaniach bioklimatu Polski*. IGiPZ PAN, Monografie 1.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*. IGiPZ PAN, Monografie 3.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, IGiPZ PAN, Monografie 4.
- Koźmiński Cz., Michalska B., 2005, *Uśłonecznienie w Polsce*, Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin, s. 110.
- Krawczyk B., 1993, *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu cieplnego ciała człowieka*. Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 160.
- Krzymowska-Kostrowicka A., 1997, *Geoekologia turystyki i wypoczynku*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kuttler W., Strassburger A., 1999, Air quality measurements in Urban greek areas – a case study, Atmospheric Environment 33, 4101-4108.
- Lorenc H. (red.) 2005, *Atlas klimatu Polski*, IMGW, Warszawa, ss.116.
- Mosiński F., Wira A., 2002, *Wpływ pola elektromagnetycznego na zdrowie*, ISE.pl, <http://ise.pl/info/index.php?pid=74>

*Raport o stanie środowiska województwa podlaskiego w 2006, 2007, 2008, 2009-2010. WIOŚ Białystok 2007, 2008, 2009, 2011.*

*Ocena roczna jakości powietrza w województwie podlaskim za rok 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 roku. WIOŚ, Białystok 2007, 2008, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012.*

*Sulman F. G., 1982, Short and long-term changes in climate, I, CRC Press, Inc. Boca Raton Florida.*

*Wniosek o wydanie pozwolenia na wprowadzenie gazów lub pyłów do powietrza z bezprzeponowej suszarni kredy Mielnickich Zakładów Kredowych w Mielniku, Atmoterm, Opole.*

**Załącznik nr 1: Sprawozdanie nr 21/2012 z pomiarów pól elektromagnetycznych przeprowadzonych dla celów ochrony środowiska.**