

Narzędzia GIS w ocenie leczniczych właściwości klimatu

Jednym z podstawowych elementów środowiska przyrodniczego jest atmosfera. W sposób nieprzerwany działa ona na organizmy ludzi oraz innych istot żywych, jednak natężenie tego oddziaływania zmienia się w czasie i przestrzeni. Wiedza o natężeniu bodźców atmosferycznych jest niezbędna do zapewnienia organizmowi równowagi psychofizycznej. Szczególną rolę odgrywa ona w uzdrowiskach, gdzie tego rodzaju bodźce wykorzystuje się w procesie leczenia klimatycznego, zwanego klimatoterapią.

Klimatoterapia polega na wykorzystaniu naturalnych właściwości środowiska przyrodniczego do celów leczniczych. Jej celem jest wzmocnienie sił witalnych człowieka. Bodźce atmosferyczne kształtują odczucia cieplne, samopoczucie oraz wpływają na stan zdrowia. Poddawanie człowieka działaniu bodźców o zmiennym natężeniu usprawnia mechanizmy przystosowawcze i pomaga przy leczeniu wielu chorób – zwłaszcza przewlekłych. Natężenie i rodzaj bodźców muszą być dostosowane do stanu zdrowia pacjenta i rodzaju schorzeń, na jakie on cierpi. Informacja o sile bodźców atmosferycznych i ich rozkładzie przestrzennym jest więc niezbędna do właściwego prowadzenia leczenia klimatycznego.

Metody oceny właściwości klimatu

Oceny wpływu warunków atmosferycznych na człowieka można dokonać zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym. Jakościowa ocena tego oddziaływania polega na przypisaniu klimatowi danego miejsca konkretnych cech, na których obecność wpływają warunki terenowe: rzeźba, pokrycie i użytkowanie terenu, wilgotność podłoża, roślinność rzeczywista, lokalizacja źródeł zanieczyszczeń powietrza itd. W ten sposób

da się wyznaczyć obszary występowania: mgieł, hałasu, aerozolu morskiego, substancji bakteriobójczych pochodzenia roślinnego (fitoncydów), zanieczyszczeń powietrza i innych cech, które wywierają wpływ na możliwości prowadzenia klimatoterapii. Podejście jakościowe pozwala określić powierzchniowy zasięg jednostek o tych samych cechach klimatu, jednak nie uwzględnia charakterystyk ilościowych, a tym samym utrudnia porównanie ze sobą kilku obszarów.

Ilościowa ocena wpływu klimatu na człowieka odbywa się poprzez obliczenie charakterystyk poszczególnych elementów meteorologicznych i matematyczne modelowanie klimatu badanego obszaru. Podejście to, choć bardzo popularne, również wiąże się z dużymi ograniczeniami, wynikającymi m.in. z niedostępności długookresowych danych meteorologicznych, będących podstawą do obliczenia wskaźników klimatycznych i modelowania klimatu. W uzdrowisku, a czasami nawet poza jego obszarem, zwykle działa tylko jedna stacja meteorologiczna. Dane z takich stacji odnoszą się do jednego punktu i umożliwiają ocenę warunków klimatycznych jedynie w skali ogólnej, nie uwzględniając modyfikacji klimatu pod wpływem czynników lokalnych, a co za tym idzie, nie przedstawiają pełnego zróżnicowania klimatu badanej miejscowości. Do badań klimatycznych w uzdrowiskach wykorzystuje się też mobilne stacje pomiarowe. Funkcjonują one przez kilka miesięcy i pozwalają na dokładniejsze poznanie zróżnicowania warunków klimatycznych, jednak ze względu na koszty ich liczba oraz zakres mierzonych elementów pogody są ograniczone. Niedługi czas funkcjonowania może też wpływać na fakt, że uzyskane dane będą nosiły cechy przypadku, co uniemożliwi porównywanie uzdrowisk między sobą.

Opisane problemy da się, w dużym stopniu, rozwiązać wykorzystując narzędzia GIS. Pozwalają one na prowadzenie analiz ilościowych, przypisując wartości do punktów, których siatka pokrywa obszar uzdrowiska z zadaną rozdzielczością. W ten sposób można uzyskać obraz przestrzennego zróżnicowania

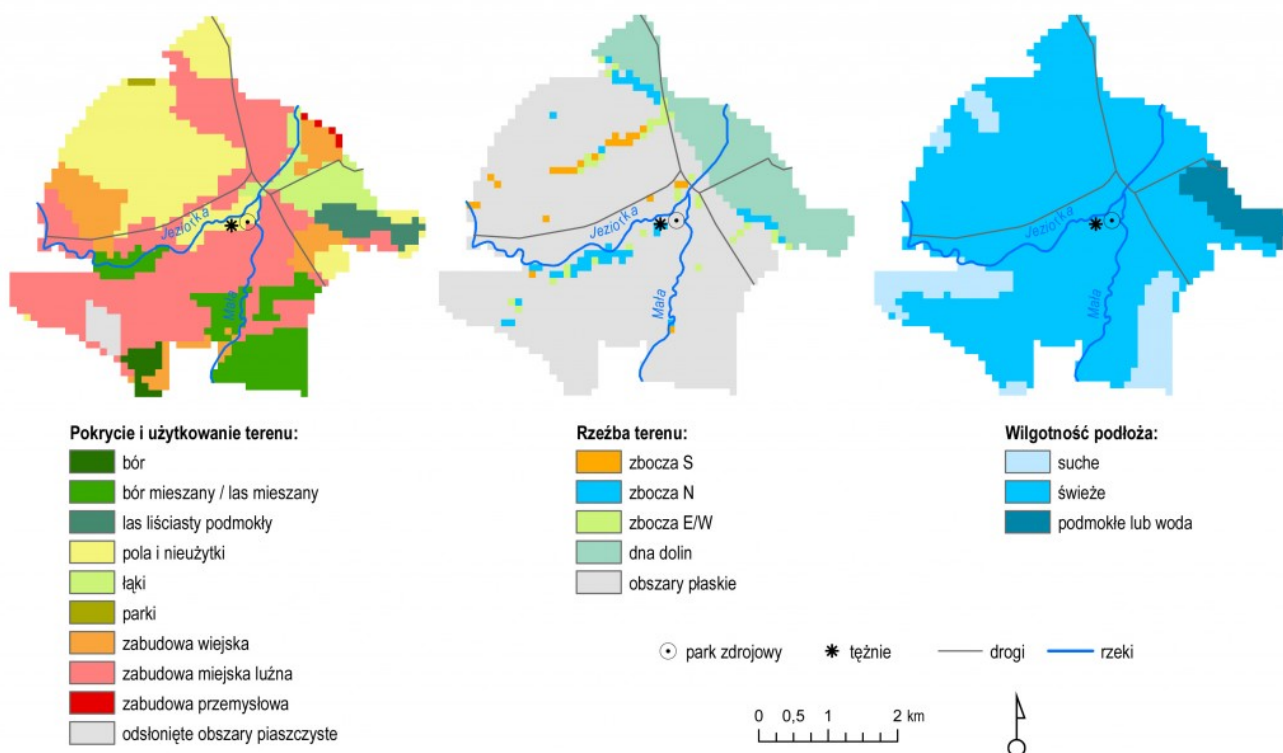
wartości analizowanego elementu meteorologicznego lub wskaźnika klimatycznego, na który będą wpływały czynniki lokalne. Pozwala to także na obliczenie statystyk, które umożliwią porównywanie warunków klimatycznych w kilku miejscowościach. Do dodatkowych zalet wykorzystania narzędzi GIS należą powtarzalność i obiektywizm wykonywanych analiz zarówno w czasie, jak i przestrzeni – dowolna osoba dysponująca danymi z tych samych źródeł jest w stanie powtórzyć przeprowadzoną analizę lub wykonać analogiczną analizę dla dowolnego obszaru w dowolnym czasie.

Podstawowe dane o środowisku przyrodniczym

Przykładową ocenę bioklimatu (tj. zespołu warunków klimatycznych odczuwanych przez organizmy żywe) przeprowadzono dla pięciu uzdrowisk, położonych w różnych warunkach środowiska geograficznego: Buska-Zdroju, Gołdapi, Konstancina (leżącego w gminie Konstancin-Jeziorna, przyp. red.), Łódka-Zdroju, Świnoujścia. W każdym z uzdrowisk obszar opracowania ograniczony został do stref A i B ochrony uzdrowiskowej. Strefy te obejmują tereny, w których znajdują się obiekty służące lecznictwu uzdrowiskowemu, dlatego natężenie występujących tam bodźców klimatycznych musi dawać możliwość prowadzenia klimatoterapii.

Dla każdej z miejscowości opracowano bazę danych, zawierającą podstawowe informacje o cechach środowiska geograficznego, które w największym stopniu wpływają na warunki klimatu lokalnego. Dane te zgromadzone zostały w formacie rastrowym w trzech warstwach tematycznych: pokrycie i użytkowanie terenu, główne formy rzeźby terenu, wilgotność podłoża. Za pole podstawowe przyjęto obszar o wymiarach 100 na 100 m. Do opracowania warstw tematycznych i dalszych analiz przestrzennych wykorzystano oprogramowanie ArcGIS w wersji 10.1.

Warstwę pokrycia i użytkowania terenu zredagowano, wykorzystując dane Corine Land Cover (CLC) 2006. W tym celu wektorowe dane przekształcono do modelu rastrowego i za pomocą narzędzia Zonal Statistics (Spatial Analyst) do każdego pola przypisano tę cechę, która zajmowała przynajmniej połowę obszaru danego pola. Wcześniej zmniejszono liczbę wydzielen danych CLC 2006 przez agregację niektórych z nich. Warstwę form rzeźby terenu opracowano na podstawie modelu Digital Terrain Elevation Data (DTED) poziomu 2. W tym celu sporządzono mapę spadków i mapę ekspozycji (3D Analyst Tools: Slope i Aspect). W analogiczny sposób, jak w przypadku poprzedniej warstwy, do każdego z pól podstawowych przypisano odpowiadającą mu cechę. W rezultacie w analizowanych uzdrowiskach wydzielono: zbocza południowe, zbocza północne, zbocza wschodnie i zachodnie, dna dolin, obszary płaskie. Do opracowania pomocniczej warstwy wilgotności podłoża posłużono się wydaniem A (mapa zakryta) Mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000, z której zdigitalizowano obszary uzdrowisk. Na podstawie obliczonych wcześniej spadków i danych o powierzchniowych utworach geologicznych określono przewidywaną wilgotność podłoża w każdym polu podstawowym. Na rysunku 1. przedstawiono wizualizację trzech warstw tematycznych dla uzdrowiska w Konstancinie.

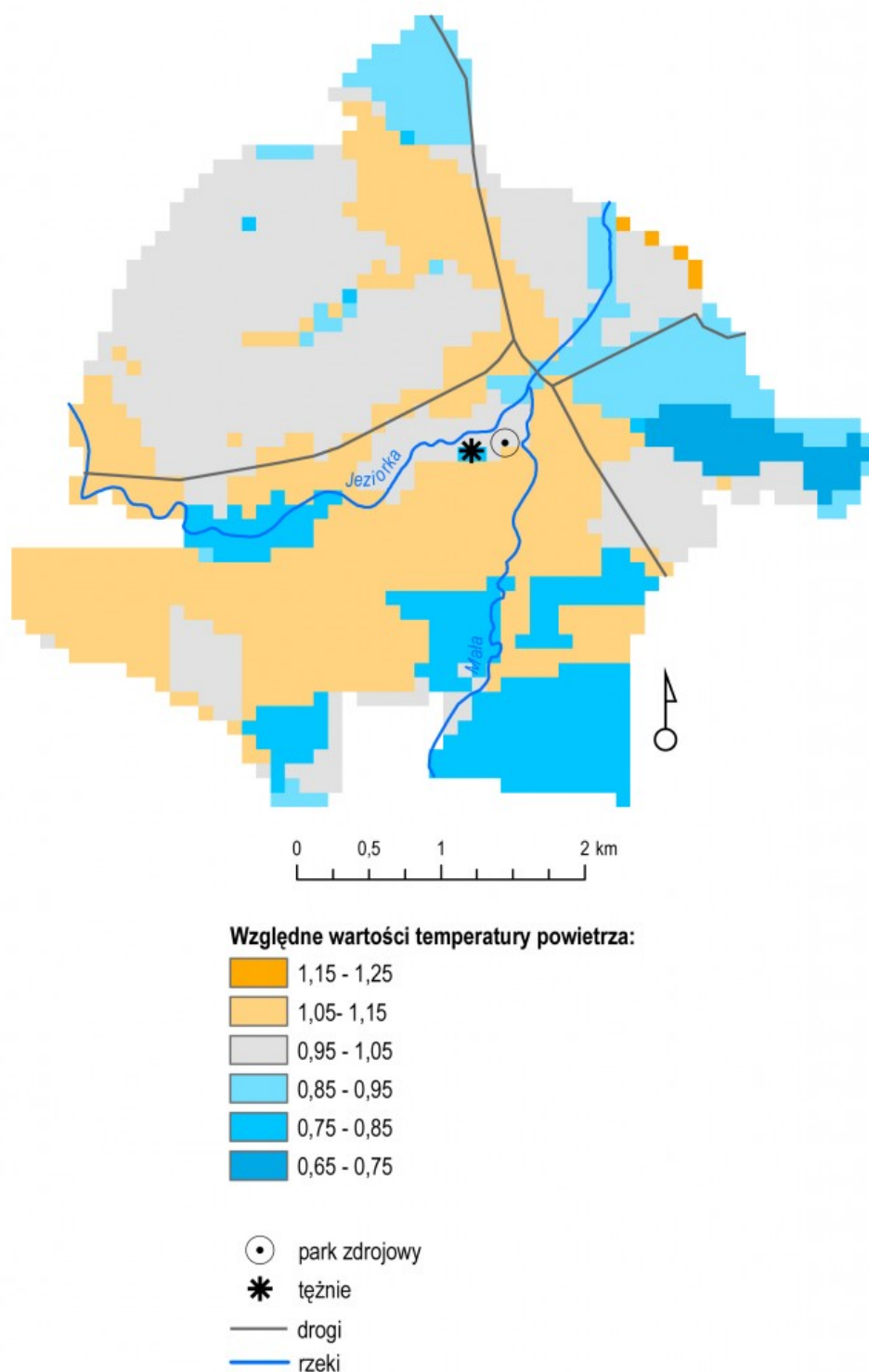


Rys. 1. Pokrycie i użytkowanie terenu, rzeźba terenu oraz wilgotność podłoża w uzdrowisku Konstancin.

Informacje o klimacie lokalnym

Zgromadzone dane o środowisku pozwalają na uzyskanie informacji o warunkach klimatu lokalnego, kształtujących się pod wpływem czynników środowiskowych. Można je przedstawić jako względne wartości elementów meteorologicznych, które odniesione są do warunków panujących na lokalnej stacji meteorologicznej (warunki standardowe – teren otwarty, płaski, porośnięty nisko koszoną trawą). W ten sposób da się uzyskać informacje o przewidywanych odchyleniach wartości elementów pogody w dowolnym punkcie uzdrowiska, zakładając jej konkretny stan obserwowany na stacji meteorologicznej. Aby to zrobić, należy za pomocą narzędzia rekłasyfikacji (3D Analyst Tools: Reclassify) dokonać interpretacji podstawowych warstw tematycznych. Używa się w tym celu tabeli współczynników zmian elementów meteorologicznych, która pokazuje, jak zmieniają się temperatura powietrza, prędkość wiatru, natężenie

promieniowania słonecznego itd. pod wpływem różnych form użytkowania terenu, rzeźby oraz wilgotności podłoża (rys. 2.).

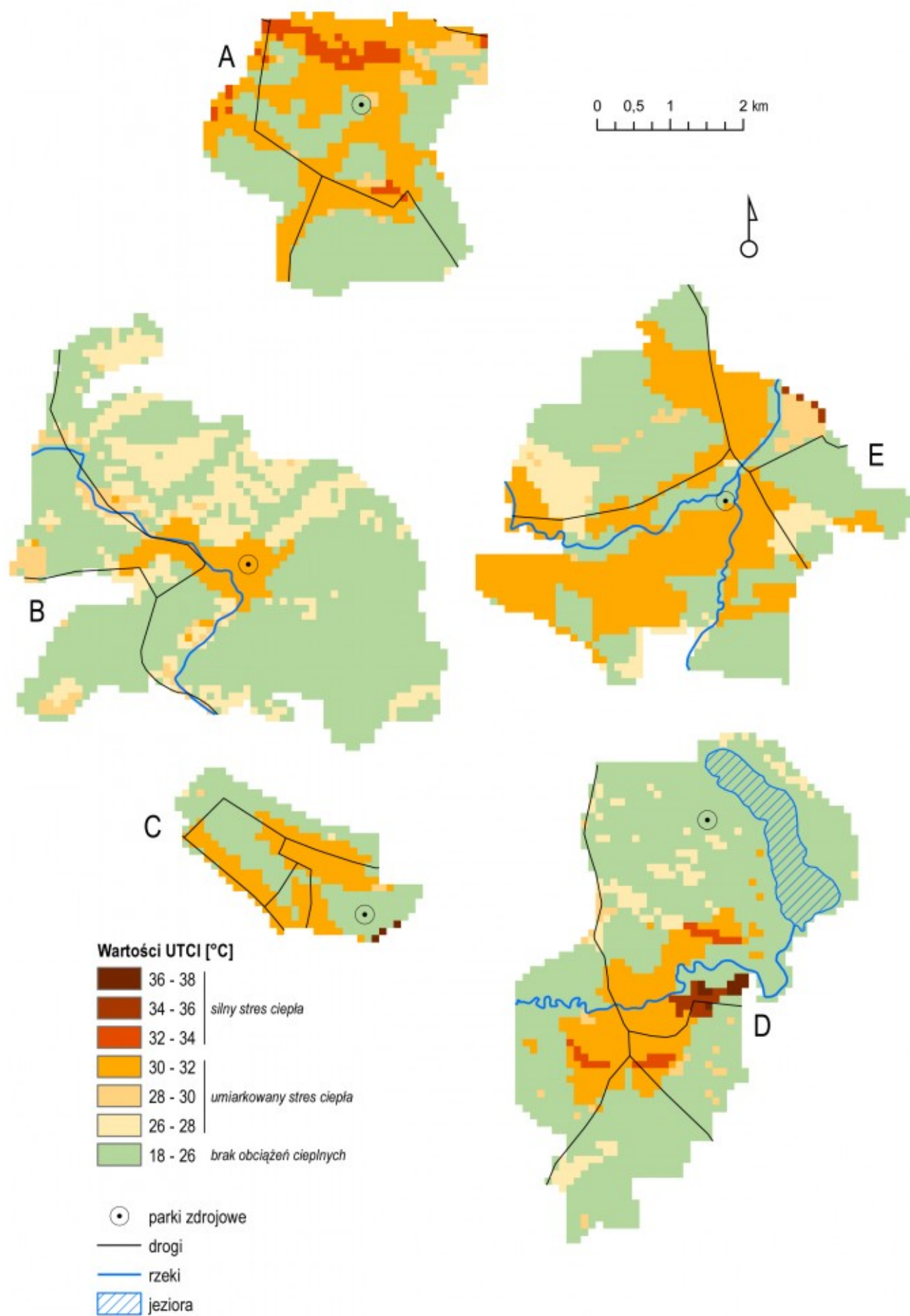


Rys. 2. Wartości względne temperatury powietrza w uzdrowisku Konstancin w stosunku do lokalnej stacji meteorologicznej.

Ocena właściwości klimatu

Ilościowa ocena warunków bioklimatycznych wymaga określenia typu pogody, dla którego wykonywane będą analizy. W tym opracowaniu wszelkie obliczenia elementów meteorologicznych i charakterystyk bioklimatycznych odnoszą się do ciepłej, słonecznej pogody, opisanej warunkami: $K_{\text{glob}} = 800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, $t = 25^{\circ}\text{C}$, $f = 70 \text{ proc.}$, $v = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $N = 10 \text{ proc.}$ (gdzie K_{glob} oznacza natężenie całkowitego promieniowania słonecznego, t – temperaturę powietrza, f – wilgotność względną powietrza, v – prędkość wiatru na wysokości 10 m nad gruntem, N – wielkość zachmurzenia). Przedstawiony typ pogody panuje na stacji meteorologicznej w uzdrowisku, a wszelkie różnice wartości elementów pogody w innych miejscach uzdrowiska wiążą się z wpływem środowiska geograficznego na stan atmosfery w skali lokalnej.

W ocenie właściwości klimatu i porównaniu uzdrowisk między sobą wykorzystano nowoczesny, kompleksowy wskaźnik obciążeń cieplnych organizmu człowieka – Universal Thermal Climate Index (UTCI). Aby uzyskać obraz przestrzennego zróżnicowania wartości UTCI w uzdrowiskach (rys. 3.), należało dokonać wielu działań związanych z algebrą map. W tym celu wykorzystano kalkulator rastrowy (Spatial Analyst Tools: Raster Calculator). Przykładowo, by uzyskać wartość temperatury powietrza w dowolnym miejscu uzdrowiska w chwili, gdy na stacji meteorologicznej wartość tego elementu jest równa 25°C , należy opracowaną wcześniej mapę zmiany temperatury powietrza pod wpływem elementów środowiska geograficznego pomnożyć przez wartość 25. Analogiczne działania trzeba wykonać z mapami innych elementów pogody oraz wielkości fizycznych, niezbędnych do obliczenia wartości wskaźnika UTCI.



Rys. 3. Wartości UTCI w uzdrowiskach: Gołdap (A), Świtoujście (B), Konstancin (C), Łądek Zdrój (D), Dusko-Zdrój (E).

Narzędzia Tabulate Area i Zonal Statistics as Table (Spatial Analyst) wykorzystane zostały do wykonania obliczeń statystycznych, które pozwalają dokonać charakterystyki bioklimatycznej poszczególnych uzdrowisk. Średnie wartości UTCI zawierają się w granicach od 24,9°C w Gołdapi do 27,8°C w Busku-Zdroju. Różnice pomiędzy wartościami średnimi nie są duże, jednak nawet one znajdują się w dwóch różnych klasach na skali obciążeń cieplnych dla wskaźnika UTCI – obejmują zakres od strefy termoneutralnej (brak obciążeń cieplnych) w Gołdapi i Łądku-Zdroju do umiarkowanego stresu ciepła w pozostałych uzdrowiskach. Bardziej szczegółowy obraz warunków bioklimatycznych prezentują różnice między wartościami maksymalnymi i minimalnymi w każdym z uzdrowisk. Największe takie różnice uzyskano dla Gołdapi (18,6°C – od 18,1°C do 36,7°C), a najmniejsze dla Łądku-Zdroju (12,6°C – od 19,1°C do 31,7°C), co pokazuje, że w tym drugim uzdrowisku zmienność warunków bioklimatycznych i możliwych obciążeń cieplnych między różnymi obszarami jest najmniejsza. Wiąże się to z dużym udziałem obszarów leśnych, które stabilizują warunki termiczne odczuwane przez człowieka. Ciekawe wyniki daje porównanie procentowego udziału klas obciążeń cieplnych według UTCI w poszczególnych uzdrowiskach. Modelowane obciążenia cieplne obejmują zakres od ich braku (strefa termoneutralna), przez umiarkowany stres ciepła, do silnego stresu ciepła. Uzdrowisko, w którym obszar przewidywanego stresu ciepła jest sumarycznie największy, to Konstancin. W rozpatrywanym typie pogody na ponad połowie (51,6 proc.) obszaru Konstancina występuje umiarkowany lub silny stres ciepła. Najmniejszy udział terenów, gdzie spodziewane jest wystąpienie obciążeń ciepłem, charakteryzuje Gołdap. Aż 75 proc. obszaru cechuje się brakiem jakichkolwiek obciążeń cieplnych. Sytuacja ta wiąże się z faktem, że jezioro Gołdap, które łagodzi stres ciepła, włączone jest do strefy B ochrony uzdrowiskowej w tej miejscowości.

Powyższe wyniki pokazują, że choć na stacjach meteorologicznych w każdym z uzdrowisk założono ten sam typ pogody, to warunki bioklimatyczne w poszczególnych miejscach różnią się. Określanie charakterystyk bioklimatycznych na podstawie danych z jednej stacji, zlokalizowanej w warunkach standardowych, nie obrazuje pełnego zróżnicowania warunków bioklimatycznych w uzdrowiskach. Taka informacja jest istotna dla właściwego prowadzenia klimatoterapii i zapewnienia komfortu termicznego kuracjuszą. Można ją uzyskać dzięki modelowaniu bioklimatu za pomocą narzędzi GIS. Wyniki analizy pokazały również, że w niektórych uzdrowiskach rozpatrywana sytuacja pogodowa powoduje zbyt duże obciążenia cieplne organizmu. W Konstancinie i Busku-Zdroju oraz w niektórych rejonach Gołdapi wskazane byłoby prowadzenie leczenia klimatycznego przy nieco niższej temperaturze i większym zachmurzeniu. Odnosi się to głównie do ruchowych form klimatoterapii, które wiążą się z dodatkową produkcją ciepła metabolicznego.