

# Wpływ kęp starodrzewu na temperaturę gleby i natężenie światła na zrębach

Marek Sławski, Krystian Kowalczyk

**Abstrakt.** W pracy porównano wyniki pomiarów temperatury gleby i natężenia światła na powierzchni zrębowej, kępach starodrzewu o wielkości od 6 do 19 arów i dojrzałym drzewostanie sosnowym wykonane w okresie od listopada do maja. Wykazano, że pozostawiane na zrębach zupełnych fragmenty starego lasu wyraźnie modyfikują warunki mikroklimatyczne zrębu. W listopadzie i grudniu gleba na kępach była istotnie cieplejsza niż na otwartej powierzchni zrębu. W marcu temperatury wyrównały się, natomiast w kwietniu i maju gleba kęp była wyraźnie chłodniejsza niż na powierzchni otwartej i była zbliżona do temperatury panującej w dojrzałym drzewostanie. Największe natężenie światła odnotowano na powierzchni otwartej a najniższe w dojrzałym drzewostanie. Wartość tego parametru w obrębie kęp przyjmowała wartości pośrednie. Wyraźnie silniejszy wpływ na warunki mikroklimatyczne miały kępy większe niż 12 arów.

**Słowa kluczowe:** kępy starodrzewu, mikroklimat, temperatura gleby, natężenie światła

**Abstract.** Influence of residual forest patches on the soil temperature and light intensity on cut areas. The study compared the results of measurements of soil temperature and light intensity on the retention forests ranging in size from 6 to 19 acres and mature pine stand, measurements were made during the period from November to May. It has been shown that patches of old forest left on cut areas modify microclimate conditions. In November and December, the soil was significantly warmer than the on the open area of a cut. In March, the temperature leveled out, while in April and May soil of residual forests was significantly cooler than the surface of the cut area and was close to the ambient temperature in the mature stand. The greatest intensity of light was observed in the cut area and the lowest in the mature stand. On the patches of old forest, this parameter reached intermediate values. Clearly stronger impact on the climate conditions was observed on patches larger than 12 acres.

**Key words:** residual forest, microclimate, soil temperature, light intensity

## Wstęp

Współczesne leśnictwo stoi przed zadaniem godzenia funkcji produkcyjnych i ochrony różnorodności biologicznej (Franklin 1989). W przypadku drzewostanów sosnowych na ubogich siedliskach zagospodarowanych rębnią zupełną jest to szczególnie trudne. W wyniku stosowa-

nia zrębów zupełnych powstają jednowiekowe drzewostany o uproszczonej strukturze. Jednym ze sposobów przeciwdziałania temu procesowi jest pozostawianie na powierzchni zrębu fragmentów drzewostanu w nienaruszonej formie aż do ich naturalnego rozpadu (Sławski 2006). Działania takie naśladują procesy zachodzące na powierzchniach dotkniętych zaburzeniami, na których pozostają ocalałe większe lub mniejsze fragmenty lasu (Gustafsson i in. 2012). Praktyka celowego pozostawiania kęp starodrzewu ma ponad ćwierć wieku tradycji (Franklin 1989, Gustafsson i in. 2012) i stosowana jest głównie w lasach borealnych półkuli północnej. W Polsce została wprowadzona w 1996 roku zarządzeniem Dyrektora generalnego lasów Państwowych nr 11, a obecnie włączona jest do treści Instrukcji Ochrony Lasu i Zasad Hodowli Lasu. Zgodnie z obowiązującymi przepisami na zrębie można pozostawić 5% powierzchni drzewostanu w formie kęp starego lasu większych niż 6 arów. Takie zasady pozwalają na elastyczne dostosowanie powierzchni, kształtu i rozmieszczenia kęp do lokalnych warunków.

Kępom starodrzewu przypisuje się dwie główne funkcje, po pierwsze są one miejscem przetrwania gatunków związanych ze starym lasem; po drugie przyspieszają regenerację zaburzonej biocenozy zrębu poprzez migrację gatunków z ocalałych kęp (Sławski 2006, Baker i in. 2015). Dodatkowo kępy pozwalają na utrzymanie ciągłości występowania w środowisku leśnym kluczowych elementów takich jak drzewa o dużych rozmiarach, martwe drewno, drzewa dziuplaste itp. ważnych dla wyspecjalizowanych gatunków (Lindenmayer i in. 2012). Ponadto kępy starodrzewu zwiększają łączność starych lasów w skali krajobrazu służąc jako środowiska pomostowe (Skłodowski 1999, Lindenmayer i in. 2012).

Realizacja przez kępy starodrzewu powyższych funkcji możliwa jest dzięki złagodzeniu ostrych warunków mikroklimatycznych typowych dla powierzchni otwartego zrębu oraz zachowanie zróżnicowania struktury i tekstury lasu (Lindenmayer i Franklin 2002). Wiele gatunków związanych ze starymi lasami jest bardzo wrażliwych na zmianę mikroklimatu (Grimbacher i in. 2006, Uliczka i Angelstam 2000). Dlatego też mikroklimat kęp ma podstawowe znaczenie dla możliwości realizacji wszystkich przypisanych im funkcji (Chen i in 1995).

Celem pracy jest poznanie wpływu kęp starodrzewu na wybrane parametry mikroklimatu powierzchni zrębowej takie jak temperatura gleby i natężenia światła.

Prezentowane badania mają odpowiedzieć na następujące pytania:

- Czy małe powierzchnie kilku do kilkudziesięciu arów mogą zmodyfikować warunki mikroklimatyczne powierzchni zrębu?
- Czy wielkość kępy wpływa na zmianę warunków abiotycznych?
- Jak kształtują się warunki abiotyczne we wnętrzu kępy?

## Metodyka

Powierzchnie badawcze zlokalizowano na sześciu zrębach założonych w drzewostanach sosnowych na terenie Nadleśnictwa Ostrołęka. Trzy zręby położone były na siedlisku boru świeżego, dwie na borze mieszanym świeżym i jedna na borze mieszanym wilgotnym. Różnicowanie wielkości kęp pozostawianych na tych zrębach wynosiło od 6 do 19 arów. Dodatkowo badaniami objęto strefy przejścia między powierzchnią zrębu a dojrzałym drzewostanem traktując je jako powierzchnie kontrolne. Krótki opis powierzchni zawiera tabela 1.

Na każdej kępie wyznaczono dwa transekty, jeden w kierunku północ południe i drugi w kierunku wschód zachód. Transekt przecinały się w środku kępy. Na każdym transekcie trwale wyznaczono stałe punkty pomiarowe rozmieszczone co 2 metry. Transekty wychodziły

na otwartą powierzchnię zrębu na odległość 6 metrów, co oznacza że na zewnątrz każdej kępy wyznaczono dwanaście punktów pomiarowych (po 3 na każdym z czterech głównych kierunków). W drzewostanie kontrolnym, przy północnej i południowej ścianie, wyznaczono transekty w kierunku północ-południe w strefie styku zrębu z dojrzałym lasem. W każdym punkcie dokonywano pomiaru temperatury gleby na głębokości 10 cm oraz pomiaru natężenia światła. Wykorzystano termometr glebowy T-bar Digital Thermometr ST9265 oraz luxometr TENMARS LUX/FC LIGHT METER. Pomiarów dokonywano w okresie od listopada 2014 do końca maja 2015 roku zwykle raz w miesiącu, w godzinach 9 - 15. Całość pomiarów dokonywano jednego dnia. W kolejnych terminach zmieniano losowo kolejność w jakiej poszczególne kępy były podawane pomiarom. Pomiary terenowe przerwano z powodu nawalnego wiatru, który przeszedł nad Nadleśnictwem Ostrołęka w dniu 19 lipca 2015 roku. Miąższość drewna jaka została pozyskana w ramach cięć przygodnych i kłeszkowych po huraganowych wiatrach to ok. 17 tys. m<sup>3</sup>, z czego ponad 12 tys. m<sup>3</sup> w leśnictwach objętymi pracami terenowymi. Silnym uszkodzeniem uległy drzewa na kębach dojrzałego lasu uniemożliwiając kontynuowanie wiarygodnych i porównywalnych pomiarów

Wyniki pomiarów zestawiono i przeanalizowano pod względem różnic w ciągu całego okresu badań porównując średnie temperatury na kębach, otwartej powierzchni zrębu oraz we wnętrzu drzewostanu kontrolnego. Porównano też wpływ wielkości kępy na mierzone parametry. Dla jednej kępy (13 arów na siedlisku BMśw) przeprowadzono symulację rozkładu temperatur w dniu 31V2015. Nieznane wartości w danym punkcie obliczono na podstawie wartości pomierzonych (lub obliczonych) w trzech sąsiadujących punktach pomiarowych obliczając ich średnią (tab.2).

**Tab. 1.** Charakterystyka powierzchni badawczych w Nadleśnictwie Ostrołęka  
*Table 1. Characteristics of research plots in Ostroleka Forest District*

| Leśnictwo | Oddział | Typ siedliskowy lasy | Powierzchni kępy (ar) | Liczba drzew w kępie |
|-----------|---------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Zabiele   | 166 f   | Bśw                  | 15                    | 76                   |
| Zabiele   | 161b    | Bśw                  | 9                     | 35                   |
| Zabiele   | 160a    | BMw                  | 13                    | 114                  |
| Gutowo    | 222c    | BMśw                 | 19                    | 56                   |
| Gutowo    | 237g    | BMśw                 | 12                    | 75                   |
| Gutowo    | 255 c   | Bśw                  | 6                     | 25                   |

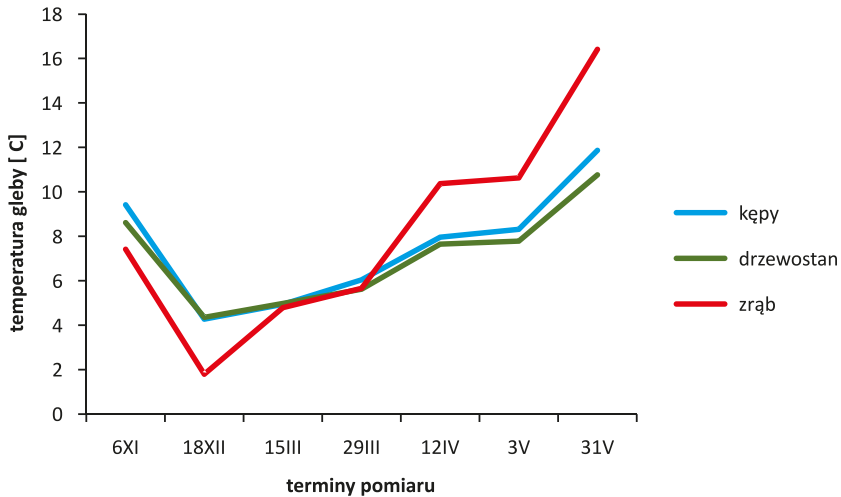
**Tab. 2.** Sposób obliczania wartości temperatury i natężenia światła na potrzeby symulacji przestrzennego zróżnicowania warunków na kępie starodrzewu w dniu 31V. Od A do I znane wartości z wyniku pomiarów  
*Table 2. The method of calculating the value of temperature and light intensity to simulate spatial differentiation on patches of residual forest on 31V. From A to I known the value of the measurement result*

|               |               |   |               |               |
|---------------|---------------|---|---------------|---------------|
| $M=(K+J+L)/3$ | $L=(J+B+A)/3$ | A | $P=(A+B+N)/3$ | $R=(P+N+O)/3$ |
| $K=(F+G+J)/3$ | $J=(A+C+G)/3$ | B | $N=(B+C+H)/3$ | $O=(N+H+I)/3$ |
| F             | G             | C | H             | I             |
| $T=(F+G+S)/3$ | $S=(G+C+D)/3$ | D | $X=(H+C+D)/3$ | $Y=(I+H+X)/3$ |
| $W=(T+S+U)/3$ | $U=(S+D+E)/3$ | E | $Z=(X+D+E)/3$ | $Q=(Y+X+Z)/3$ |

Analizy statystyczne wykonano przy użyciu programu Statgraphics Plus 4.1 Ze względu na to, że rozkład zmiennych odbiegał od normalnego zastosowano test Kruskala-Wallisa.

## Wyniki

Zmiany średnich temperatur gleby zarejestrowanych na kępach starodrzewu, otwartej powierzchni zrębu i dojrzałym drzewostanie kontrolnym pozwalają wyróżnić trzy okresy w trakcie badań (ryc. 1). W pierwszym okresie (listopad-grudzień) temperatura gleby na kępach i w drzewostanie kontrolnym była wyższa niż na powierzchni otwartej (Test Kruskala-Wallis  $H=78,08$   $p<0,0000$ ). W marcu temperatury nie różniły się istotnie między powierzchniami (Test Kruskala-Wallis  $H=3,78$   $p=0,1512$ ). Od kwietnia do maja temperatura gleby na zrębie była istotnie wyższa niż w kępach dojrzałego lasu i drzewostanie kontrolnym (Test Kruskala-Wallis  $H=281,36$   $p<0,0000$ ).

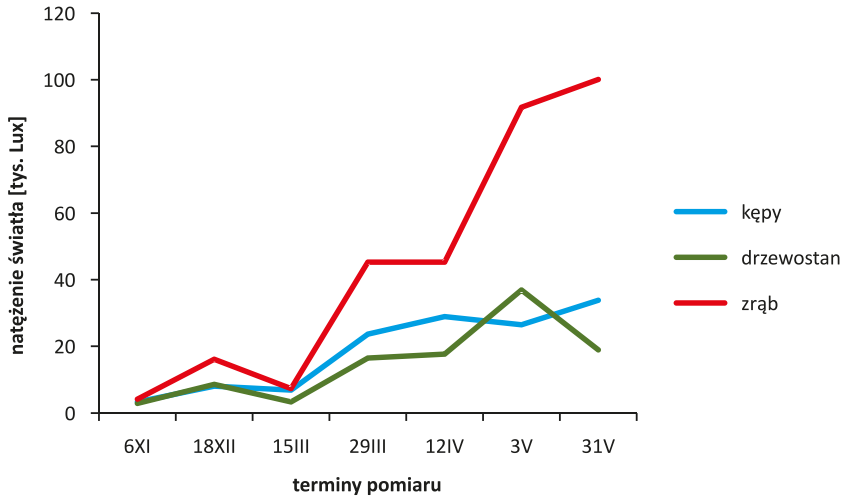


**Ryc. 1.** Średnia temperatura gleby na zrębie, w dojrzałym drzewostanie i na kępach starodrzewu w kolejnych terminach pomiarowych

*Fig. 1. The average temperature of the soil on the cut area, in the mature stand and patches of residual forest in the subsequent measurement dates*

### Natężenie światła

Analiza wyników pomiarów natężenia światła pozwala wyróżnić dwa okresy. Pierwszy, trwający od listopada do połowy marca, cechują mniejsze różnice natężenia światła między poszczególnymi rodzajami powierzchni. Jedynie w przypadku otwartej przestrzeni zrębu odnotowano nieco więcej światła docierającego do powierzchni ziemi. W drugim okresie od końca marca do końca maja natężenie światła na powierzchni otwartej jest o wiele większe niż na kępach i w drzewostanie kontrolnym. W obu wyróżnionych okresach najwięcej światła dociera na powierzchni otwartej, mniej na kępach a najmniej w strefie brzegowej dojrzałego drzewostanu. Różnice te są istotne statystycznie w obu okresach (pierwszy okres  $H=161,07$   $p<0,0000$ , drugi okres  $H=225,38$   $p<0,0000$ ).

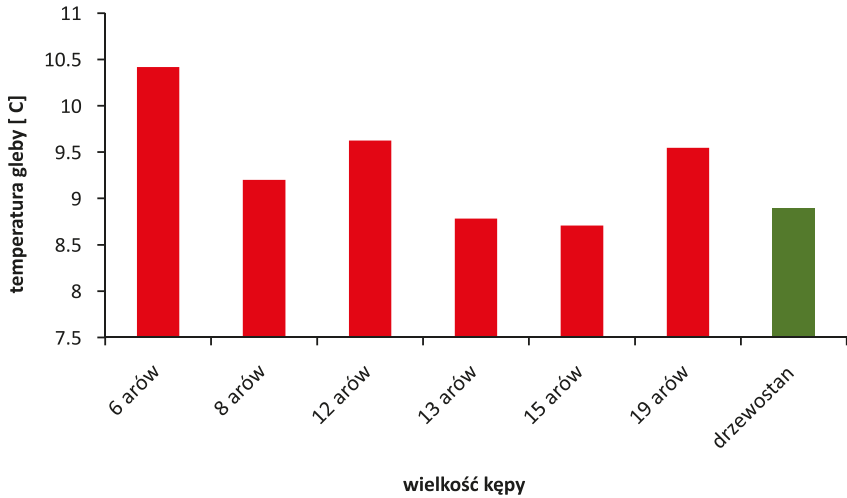


**Ryc. 2.** Średnie natężenie światła na zrzębie, w dojrzałym drzewostanie i na kępie starodrzewu w kolejnych terminach pomiarowych

*Fig. 2. The average light intensity on the cut area, in the mature stand and patches of residual forest in the subsequent measurement dates*

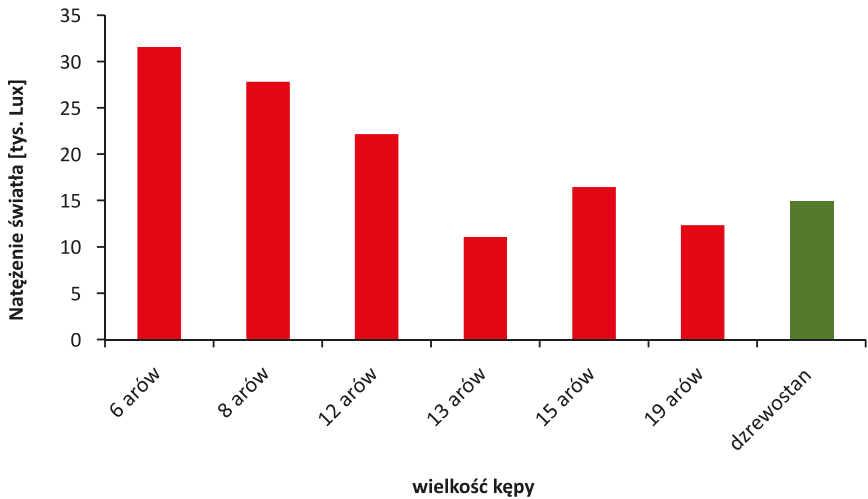
Porównanie średniej temperatury gleby na kępach dojrzałego lasu wskazuje, że różnią się one istotnie w zależności od wielkości kępy (Test Kruskala-Wallisa  $H=68,66$   $p<0,0000$ ). Najwyższą średnią charakteryzowały się kępy o powierzchni 6 i 19 arów (brak różnic istotnych statystycznie – Test wielokrotnych porównań). Najniższe wartości zanotowano dla kęp o wielkości 13 i 15 arów. Analiza statystyczna nie stwierdziła istotnych różnic w temperaturze gleby między powierzchnią kontrolną a kępami o wielkości 9, 12, 13 i 15 arów (Test wielokrotnych porównań). Generalnie rysuje się prawidłowość, że na większych kępach temperatura gleby jest niższa. Od tego schematu wyraźnie odbiega temperatura na największej kępie o powierzchni 19 arów.

Natężenie światła różni się istotnie w zależności od wielkości kępy. Na mniejszych kępach jest wyższe a im kępa jest większa tym natężenie światła jest mniejsze. Szczególnie dobrze widać tę zależność w zakresie wielkości kęp od 6 do 13 arów. Dalszy wzrost powierzchni zajętej przez fragment dojrzałego drzewostanu nie wpływa na wartość natężenia światła. Na kępach zajmujących od 13 do 19 arów natężenie światła zbliżone jest do tego obserwowanego w dojrzałym drzewostanie kontrolnym. Analiza statystyczna potwierdza, że różnice między wartościami natężenia światła notowanego na poszczególnych kępach są istotne (Test Kruskala-Wallisa  $H=784,34$   $p<0,0000$ ). Test wielokrotnych porównań wskazuje, że przeciętne natężenie światła na kępach o wielkości 19 i 15 arów nie różnią się istotnie od tego stwierdzonego na powierzchni kontrolnej w strefie brzegowej dojrzałego drzewostanu.



**Ryc. 3.** Średnia temperatura gleby na kępach starodrzewu o różnej wielkości

*Fig. 3. The average temperature of the soil on patches of residual forests of varying sizes*



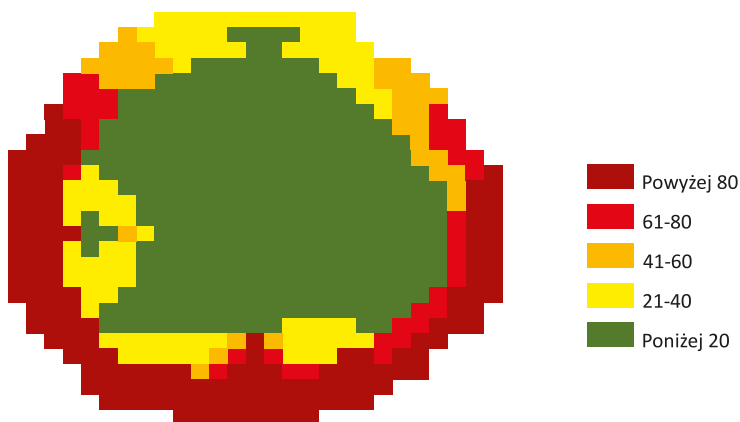
**Ryc. 4.** Średnie natężenie światła na kępach starodrzewu o różnej wielkości

*Fig. 4. The average light intensity on patches of residual forests of varying sizes*

Wykonana dla 13 arowej kępy symulacja rozkładu temperatur gleby wskazuje, że warunki mikroklimatyczne w obrębie pozostawionego fragmentu drzewostanu i jego otoczeniu są zróżnicowane. Najwyższa temperatura gleby zmierzona 31 maja 2015 roku na południowej wystawie (na zewnątrz kępy) wynosiła 18°C, a najniższa wewnątrz kępy 10.5°. Wynik pomiarów wskazuje na bardzo duże różnice temperatury gleby między wnętrzem a zewnątrz kępy. Różnica temperatur w punktach oddalonych o dwa metry może wynosić ponad 5 °C. Wyniki symulacji wskazują, że również i w obrębie kępy temperatury są zróżnicowane. Część południowo-wschodnia jest cieplejsza niż część północno-zachodnia. Odnotowano również nieco niższe temperatury gleby na wystawie północnej na zewnątrz kępy (ryc. 5).



**Ryc. 5.** Symulacja rozkładu temperatur (°C) na 13 arowej kępie w dniu 31 V 2015 roku  
*Fig. 5. Simulation of temperature spatial differentiation (° C) on 13 ares patch of residual forest on 31 May 2015*



**Ryc. 6.** Symulacja rozkładu natężenia światła (tys. luksów) na 13 arowej kępie w dniu 31 V 2015 roku  
*Fig. 6. Simulation of light intensity spatial differentiation (° C) on 13 ares patch of residual forest on 31 May 2015*

Porównanie natężenia światła na kępie i w jej bezpośrednim sąsiedztwie wskazuje na silne zacinienie wnętrza kępy. Na otwartej powierzchni natężenie światła przekracza 100 tys. luksów a wewnątrz najniższa zmierzona wartość to ok. 5 tys. luksów. Wyniki pomiarów dokumentują prześwietlenie brzegowej części kępy na głębokość ok 6 metrów. Najślabiej naświetlona jest północno-wschodnia część kępy. Wyraźny jest też efekt zacinienia przez kępę otwartej powierzchni od północy, gdzie natężenie światła jest o 80 tys. luksów niższe niż od południowej strony (ryc. 6).

## Dyskusja

Pozostawienie kęp starodrzewu na zrębach powoduje istotną zmianę warunków mikroklimatycznych. Ocienienie przez korony drzew tworzących kępę skutkuje łagodzeniem zmian temperatury gleby w obrębie pozostawionego fragmentu lasu oraz jego otoczeniu. Efekt taki jest znany od dawna w ekologii lasu (Tomanek 1972). Potwierdzają go również najnowsze obserwacje (Chojnacka-Ożga i Ożga 1999, Ożga 2001). W przeprowadzonym eksperymencie temperatury gleby na kępach były zbliżone do obserwowanych w strefie brzegowej dojrzałego drzewostanu. W okresie pierwiosnia różnice temperatury gleby nie były istotne. Największe różnice między warunkami panującymi na powierzchni otwartej a wnętrzem kęp zanotowano w końcu maja.

Podstawowe znaczenie dla kształtowania się warunków mikroklimatycznych we wnętrzu fragmentu lasu ma wnikanie światła do jej wnętrza (Matlack 1993). Pod tym względem kępa różni się wyraźnie. Na małych kępach światło z łatwością wnika do ich wnętrza natomiast im kępa większa tym większe ocienienie dna lasu. W kępach większych niż 12 arów ilość docierającego światła jest podobna do wartości uzyskanej w brzegowej strefie dojrzałego drzewostanu. Ilość docierającej energii wpływa na temperaturę gleby. Na większych kępach temperatura jest zbliżona do wartości obserwowanej w dojrzałym drzewostanie. Wzorzec jest jednak mniej czytelny niż w przypadku natężenia światła. Prawdopodobnie temperaturę gleby oprócz ilości docierającego światła mogą kształtować również inne czynniki np. wilgotność gleby, pokrywa roślin runa itp. Można przypuszczać, że wraz ze wzrostem uprawy różnice między warunkami mikroklimatycznymi panującymi na kępach a otaczającą powierzchnią będą się stopniowo zmniejszać. Z drugiej jednak strony wiadomo, że wpływ ściany dojrzałego lasu na sąsiadujący młody drzewostan był obserwowany nawet w 40 letnich drzewostanach (Baker i in. 2014). Zacieranie się kontrastu mikroklimatycznego będzie sprzyjać rozprzestrzenianiu się gatunków, które przetrwały na kępach.

W wyniku pomiarów wykazano, że warunki mikroklimatyczne panujące wewnątrz kęp są zróżnicowane. Od strony południowej do kępy wnika dużo światła a gleba w upalne dni jest silnie nagrzana. Od strony północnej jest więcej cienia i temperatura gleby jest wyraźnie niższa.

W pracy pomierzono i przeanalizowano jedynie dwa parametry – temperaturę gleby i natężenie światła. Z pewnością wpływają one na inne charakterystyki mikroklimatyczne takie jak wilgotność powietrza i gleby, tempo parowania. Wszystkie te czynniki mogą zwiększać szanse przetrwania gatunków związanych z dojrzałym lasem, które są wrażliwe na ostre warunki powierzchni otwartej.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że nawet niewielkie kępy modyfikują warunki mikroklimatyczne na zrębie. Może to sprzyjać przetrwaniu gatunków lubiących ocienienie i nietolerujących dużych zmian temperatury np. mchów i porostów (Hannerz i Hanell 1997, Beese



i Bryant 1999, Nelson i Halpern 2005) oraz fauny glebowej (Sławska 2000). Może mieć to również pozytywny wpływ na obieg pierwiastków (Riutta i in. 2012) i przyczyniać się do zachowania ciągłości procesów ekologicznych.

Na podstawie uzyskanych wyników można postawić wniosek, że im większa jest kępa starodrzewu tym większy jest jej wpływ na zachowanie warunków mikroklimatycznych zbliżonych do tych jakie panują w dojrzałym drzewostanie. Z drugiej jednak strony niektórzy autorzy wskazują, że pozostawianie większych kęp może powodować, że będą one słabiej oddziaływały na otaczającą powierzchnię rozwijającej się biocenozy młodego drzewostanu (Baker i in. 2013). Krótsza linia styku i większa średnia odległość między kępą a dowolnym punktem młodej biocenozy będą opóźniały regenerację.

W świetle uzyskanych wyników i obecnego stanu wiedzy trudno jest wskazać bezwzględnie najlepszy i zalecany do powszechnego stosowania sposób pozostawiania kęp starodrzewu. Wydaje się że najlepszym podejściem jest zróżnicowanie rozwiązań i elastyczne dostosowania ich do lokalnych warunków. Takie postępowanie nawiązuje do zasady, że pozostawianie kęp naśladuje zróżnicowane warunki, jakie występują na powierzchniach dotkniętych naturalnymi zaburzeniami.

## Podsumowanie

Niezależnie od wielkości kęp starodrzewu pozostawianych na zrębach zaobserwowano ich modyfikujący wpływ na temperaturę gleby i natężenie światła. Warunki na kępach zbliżone są do tych obserwowanych w strefie brzegowej dojrzałego drzewostanu. Jesienią i zimą gleba na kępach jest cieplejsza niż na zrębie a późną wiosną gleba na kępach jest chłodniejsza niż na zrębie. Wpływ kęp jest większy w miesiącach, kiedy natężenie światła docierającego do półkuli północnej jest największe. Kępy mniejsze niż 10-12 arów słabiej oddziałują na warunki abiotyczne wnętrza. Warunki wewnątrz kępy i jej bezpośrednim otoczeniu są silnie zróżnicowane. Na północnym skraju jest wyraźnie ciemniej i chłodniej niż w południowej części kępy. Zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych na zrębie poprzez pozostawienie kęp starodrzewu może zwiększać szanse przetrwania gatunków związanych ze starym lasem. Wydaje się, że stosowana w lasach praktyka zostawiania różnej wielkości kęp rozmieszczonych w dostosowaniu do warunków lokalnych jest dobrym rozwiązaniem, gdyż naśladuje naturalne procesy zachodzące w przyrodzie.

## Literatura

- Baker S. C., Halpern, C. B., Wardlaw T. J., Crawford, R. L., Bigley R. E., Edgar G. J., Evans S. A., Franklin J. F., Jordan G. J., Karpievich Y., Spies T. A. Thomson R. J. 2015. Short-and long-term benefits for forest biodiversity of retaining unlogged patches in harvested areas. *Forest Ecology and Management*, 353, 187-195.
- Baker T. P., Jordan, G. J., Steel, E. A., Fountain-Jones, N. M., Wardlaw, T. J., Baker, S. C. 2014. Microclimate through space and time: Microclimatic variation at the edge of regeneration forests over daily, yearly and decadal time scales. *Forest Ecology and Management*, 334, 174-184.
- Baker S. C., Spies T. A., Wardlaw T. J., Balmer J., Franklin J. F., Jordan G. J. 2013. The harvested side of edges: effect of retained forests on the re-establishment of biodiversity in adjacent harvested areas. *Forest Ecology and Management*, 302, 107-121.
- Beese W. J., Bryant A. A. 1999. Effect of alternative silvicultural systems on vegetation and bird communities in coastal montane forests of British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management*, 115(2), 231-242.

- Chen J., Franklin J. F., Spies T. A. 1995. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications*, 5(1), 74-86.
- Chojnacka-Ozga L., Ozga W. 1999. Warunki termiczne w strefie przejściowej między lasem i terenem otwartym. *Sylwan*, 6 (143), 11-17.
- Franklin J. F. 1989. Toward a new forestry. *American Forests*, 95(11/12), 37-44.
- Franklin J. F., Berg D. R., Thornburgh D. A., Tappeiner J. C. II. 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems. *Creating a Forestry for the 21st Century*, 111-139.
- Gustafsson L., Baker S. C., Bauhus J., Beese W. J., Brodie A., Kouki J., Lindenmayer D. B., Lohmus A., Pastur G. M., Messier C., Neyland M., Palik B., Sverdrup-Thygesen A., Volney W. J. A., Wayne A., Franklin J. F. 2012. Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience*, 62(7), 633-645.
- Grimbacher P. S., Catterall, C. P., Kitching, R. L. 2006. Beetle species' responses suggest that microclimate mediates fragmentation effects in tropical Australian rainforest. *Austral Ecology*, 31(4), 458-470.
- Hannerz M., Hänel, B. 1997. Effects on the flora in Norway spruce forests following clearcutting and shelterwood cutting. *Forest Ecology and Management*, 90(1), 29-49.
- Lindenmayer D. B., Franklin, J. F. 2002. *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island Press.
- Lindenmayer D. B., Laurance W. F., Franklin J. F. 2012. Global decline in large old trees. *Science*, 338(6112), 1305-1306.
- Matlack G.R., 1993. Microenvironment variation within and among forest Edge sites in the eastern United States. *Biology Conservation*. 66, 185-194.
- Nelson C. R., Halpern C. B. 2005. Short-term effects of timber harvest and forest edges on ground-layer mosses and liverworts. *Canadian Journal of Botany*, 83(6), 610-620.
- Ozga W. 2001. Warunki termiczne i anemometryczne w strefie granicznej między łąką i lasem. *Prz. Nauk. Wyzd. IiKŚ*, 21, 105-106.
- Riutta T., Slade E. M., Bebbler D. P., Taylor M. E., Malhi Y., Riordan, P., Macdonald D. W., Morecroft, M. D. 2012. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 49, 124-131.
- Skłodowski J. 1999. Znaczenie wielkości biogrupy pozostawionej na zrębie w ochronie gatunkowej na przykładzie biegaczowatych Col. Carabidae Katedra Ochrony Lasu i Ekologii Warszawa Fundacja „Rozwój SGGW”.
- Sławska M. 2000. Możliwości wykorzystania fauny glebowej do oceny efektywności zabiegów gospodarczych. *Sylwan* 144 (3), 93-109.
- Sławski M. 2006. Co możemy zyskać pozostawiając wyspy starodrzewu na zrębach zupełnych. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*. R 8, Z.1 (11): 45-55.
- Tomaneck J. 1972. Meteorologia i klimatologia dla leśników. Warszawa, PWRiL.
- Uliczka H., Angelstam P. 2000. Assessing conservation values of forest stands based on specialised lichens and birds. *Biological Conservation*, 95(3), 343-351.
- Zarządzenie nr 11 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych 1995.

**<sup>1</sup>Marek Sławski, <sup>2</sup>Krystian Kowalczyk**

<sup>1</sup>Katedra Ochrony Lasu i Ekologii,  
SGGW w Warszawie,

<sup>2</sup>Nadleśnictwo Ostrołęka  
mslawski@poczta.onet.pl