



ZAGROŻENIA STABILNOŚCI STOSUNKÓW WODNYCH W LEŚNYCH OMBROGENICZNYCH MOKRADŁACH

*Antoni T. Miler, Andrzej Czerniak, Sylwester Grajewski, Bogusław Kamiński,
Anna Krysztofiak-Kaniewska, Bernard Okoński*
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

THREATS TO WATER RELATIONS STABILITY IN THE FOREST OMBROGENOUS MARSHLANDS

Streszczenie

Zmiany klimatyczne naturalne i antropogeniczne są przyczyną niekorzystnych zmian stosunków wodnych. Leśne Kompleksy Promocyjne są obszarami funkcjonalnymi w szczególności o znaczeniu ekologicznym, edukacyjnym i społecznym. Obszary mokradłowe w LKP Lasy Rychtałskie charakteryzują się bardzo dużymi zdolnościami retencyjnymi. Odpływ roczny jest stosunkowo niewielki, ok. 4 % sumy opadów rocznych, i występuje tylko w półroczu zimowym i w maju. Prognozę zmian stosunków wodnych na badanych terenach wyrażającą się zmianami stanów wód gruntowych oparto na ujemnym rocznym trendzie opadów atmosferycznych. Założono, że istotne zmiany w ekosystemach mokradłowych będą zachodzić, gdy średni poziom wód gruntowych spadnie o co najmniej 50 % obecnego stanu. Można szacować, że nastąpi to po ok. 100 latach. Działając pragmatycznie należy ograniczyć odpływ wody z tych obszarów. Przeprowadzone wcześniej badania chemiczne nie wykazały nadmiernej akumulacji zanieczyszczeń w glebach, jak również wodach powierzchniowych i gruntowych.

Słowa kluczowe: leśne ombrogeniczne tereny mokradłowe, zmiany stosunków wodnych

Summary

Natural and anthropological climate changes are due to reason why unfavorable water resources are changed. The Forest Promotion Complexes are a functional areas in peculiarities about to ecological meaning, educational and social. The area of the FPC Lasy Rychtalskie have high retention potential. Surface outflow is relatively low ca 4% of annual precipitation and occurs in the winter half-year extending into May. The prognosis of groundwater level changes expressed by groundwater level dynamics was created on the basis of negative annual rainfall trend. The projection was calculated on assumption that significant changes in forest swamp ecosystems would occur provided that average groundwater depth level decrease by 50% of the actual groundwater level depth. The reduction of groundwater level depth as the outcome of this scenario can be expected in 100-year period. Pragmatic action to be taken should prevent from the outflow of the water from the areas. The earlier carried earlier out chemical tests did not reveal any excessive accumulation of chemical pollutants in soils, as well as surface and groundwater.

Key words: forest ombrogenous marshlands, changes of water conditions

WPROWADZENIE

To głównie woda decyduje ona o stabilności, trwałości oraz zróżnicowaniu lasów. Dla podniesienia produktywności lasów rosnących na obszarach nadmiernie uwilgotnionych, w latach 1951-1991 zmeliorowano ok. 845 tys. ha lasów (Wiśniewski 1996). Aspekt ekonomiczny przysłonił aspekt przyrodniczy. Bowiem mokradła stanowią niepowtarzalne biotopy o bardzo dużej bioróżnorodności. Pełnią rolę naturalnych zbiorników retencyjnych oraz posiadają zdolność oczyszczania wody (Pawlaczyk i in. 2001, Frydel 2007, Miler i in. 2008, Miler 2013).

Udowodniono, iż klimat wykazuje zmienność naturalną (cykliczną) od przynajmniej 400 000 lat (Petit'a i Jouzel'a 1999). Dodatkowo w ostatnich 200 latach temperatura powietrza i opady atmosferyczne dodatkowo ulegają także zmianom antropogenicznym (trendom), wynikającym ze wzrostu zawartości w atmosferze pyłów (absorpcja promieniowania słonecznego), jąder kondensacji pary wodnej i gazów szklarniowych (efekt cieplarniany atmosfery), czy

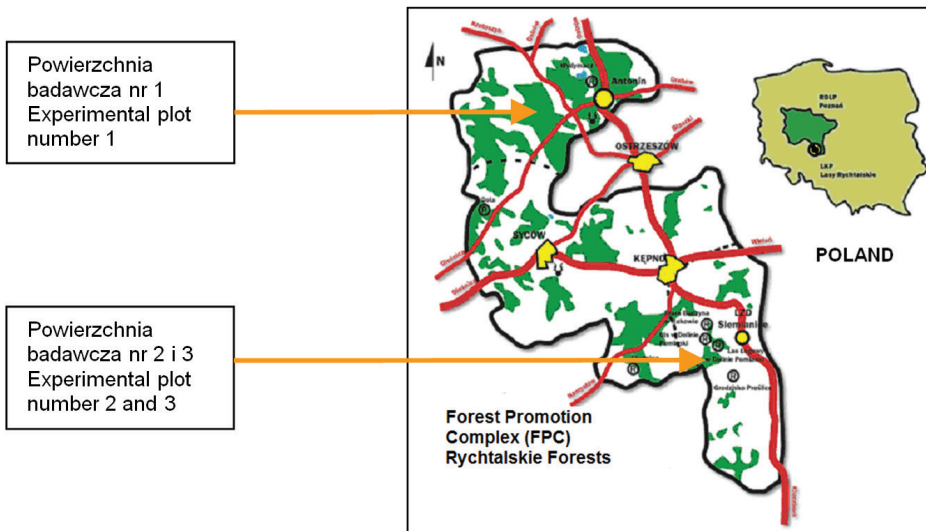
też innych form działalności człowieka (melioracje, silna urbanizacja itd.). Szczególnie w ostatnim dwudziestolecu te trendy zaznaczają się wyraźniej (Raport IPCC 2007 – wskazujący na „ocieplanie się klimatu”).

W literaturze przedmiotu można znaleźć różne definicje obszarów mokradłowych. Pragmatycznie, wydaje się zasadna taka syntetyczna definicja mokradel leśnych – są obszary, ekosystemy leśne, silnie uwilgotnione, do których należy wstępnie zaliczyć te tereny, które w opisach taksacyjnych zakwalifikowano jako: bór bagienny (Bb), bór mieszany bagienny (BMb), las mieszany bagienny (LMb), oles (Ol), oles jesionowy (OlJ) i las łęgowy (Lł). Ostatecznie o zakwalifikowaniu danego terenu do obszarów mokradłowych decyduje położenie lustra wody gruntowej nie głębsze niż 1 m od powierzchni terenu (poza obszarami wododziałowymi) (Miler i in. 2008).

OBSZAR BADAŃ

Jednym z ponad dwudziestu Leśnych Kompleksów Promocyjnych utworzonych na terenie Polski jest Leśny Kompleks Promocyjny Lasy Rychtałskie (o powierzchni ok. 48 tys. ha) utworzony w 1996 roku. Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej LKP Lasy Rychtałskie położony jest w Krainie III Wielkopolsko-Pomorskiej, Dzielnicy 9 Kotliny Żmigrodzko-Grabowskiej oraz w Krainie V Śląskiej, Dzielnicy 2 Wrocławskiej (rys. 1). Siedliska wilgotne zajmują jedynie około 2% powierzchni leśnej (Miler i in. 2008). Szczegółowe kompleksowe badania prowadzono na trzech powierzchniach doświadczalnych (mikro-zlewniach), które są tak usytuowane, iż leżą prawie w całości na leśnych terenach mokradłowych ombrogenicznych. Odpływ roczny z badanych terenów mokradłowych jest stosunkowo niewielki ok. 4% sumy normalnych opadów rocznych. Nie stwierdzono istotnych procesów akumulacji zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego w wodach powierzchniowych i gruntowych (Miler i in. 2007).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie oceny zagrożeń stabilności stosunków wodnych na obszarach mokradłowych w lasach zasilanych z opadów atmosferycznych (leśnych ombrogenicznych mokradel) na przykładzie tychże obszarów w Leśnym Kompleksie Promocyjnym (LKP) Lasy Rychtałskie.



Rysunek 1. Leśny Kompleks Promocyjny (LKP) Lasy Rychtalskie i lokalizacja powierzchni badawczych (<http://www.lasy.ipolska.info/index.htm>)

Figure 1. The Lasy Rychtalskie Promotional Forest Complex (PFC) and experimental plot location (<http://www.lasy.ipolska.info/index.htm>)

METODYKA BADAŃ

W pracy wykorzystano jako dane wyjściowe średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza oraz sumy miesięczne i roczne opadów atmosferycznych dla stacji Siemianice, położonej w centralnej części LKP Lasy Rychtalskie, dla okresu 1848-2012. Bezpośrednie pomiary meteorologiczne prowadzone są w stacji Siemianice od 1975 roku. Dane wcześniejsze uzupełniono na podstawie związków regresyjnych z stacjami we Wrocławiu (1951-2012) oraz Poznania (1848-2012) (Miler A.T., Miler M. 2005).

Trendy czasowe i zmienności opracowano w sposób standardowy wykorzystując metody: najmniejszych kwadratów (trendy czasowe) i testy parametryczne (test t Studenta – wartości średnie, test F Snedecora – wariancje). W obliczeniach statystycznych przyjęto zwyczajowo stosowany poziom istotności $\alpha=0,05$ (Statistica 10). Lata oceniano wg propozycji Kaczorowskiej (1962),

tzn. za przeciętne przyjęto te dla których średnie roczne mieściły się w przedziale norma $\pm 10\%$.

Dowolny szereg czasowy można opisać następująco:

$$F(t) = A_0 + A \cdot t + \sum_{i=1}^{\infty} (B_i \cdot \sin(\frac{2 \cdot \Pi}{T_i} \cdot t) + C_i \cdot \cos(\frac{2 \cdot \Pi}{T_i} \cdot t)) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

gdzie :

A_0 – wartość stała,

A – tendencja zmian,

t – czas,

B_i, C_i – amplitudy,

T_i – okres,

i – numer harmonicznej,

$\varepsilon(t)$ – składnik losowy.

Periodogram definiuje się jako:

$$P(i) = (B_i^2 + C_i^2) \cdot \frac{N}{2} \quad (2)$$

gdzie:

N – liczebność szeregu.

Dla oceny okresowości średnich rocznych przepływów obliczono wartości tegoż periodogramu. Wartości $P(i)$ wskazują, która z harmonicznych „odgrywa znaczącą rolę”.

Dla wygładzania przebiegów czasowych zastosowano średnią konsekwtywną 11-letnią:

$$x_{i,\sigma.1} = \frac{\sum_{j=-5}^5 x_{i-j}}{11} \quad (3)$$

gdzie:

x_1 – wartości szeregu czasowego.

Założono 11-letnie uśrednienie, które wynika z głównej okresowości aktywności Słońca.

Prawdopodobieństwo empiryczne (w procentach) definiowane jest zwykle jako:

$$p(m, N\%) = \frac{100 \cdot m}{N + 1} \quad (4)$$

gdzie:

m – kolejny element ciągu rozdzielczego (uszeregowanego malejąco),

N – liczebność szeregu.

Do estymacji krzywej: prawdopodobieństwo – opad roczny, wraz z wyższymi użyto modelu Hoerla:

$$Q_{\max,p} = a \cdot b^p \cdot p^c \quad (5)$$

gdzie:

p – prawdopodobieństwo,

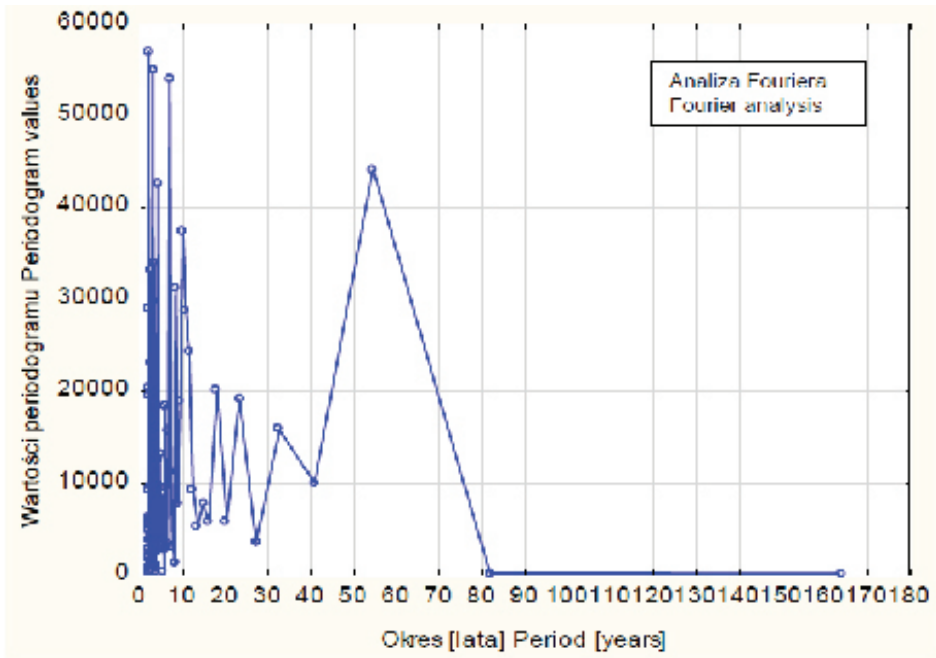
a, b, c – współczynniki (CurveExpert 1.4).

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebiegi czasowe sum rocznych opadów atmosferycznych i średnich rocznych temperatur powietrza w Siemianicach w okresie 1848-2012 wykazują dominujące okresowości odpowiednio 2,1 – 3,3 – 7,1-letnie (rys. 2), temperatury 7,8 – i 8,2-letnie (rys. 3). Zatem istotna okresowość dla opadów atmosferycznych i temperatur powietrza występuje co 7-8 lat, a ponadto opady atmosferyczne fluktuują co 2-3 lata.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono odpowiednio przebiegi roczne wyrównane średnią konsekwentną 11-letnią opadów atmosferycznych i temperatur powietrza w okresie 1852-2007. Opady atmosferyczne wykazują nie wykazują wyraźnego trendu w tym okresie, natomiast temperatury powietrza mają wyraźny charakter narastający, szczególnie po 1980 roku.

W ostatnim półwieczu wystąpiło 10 lat mokrych, 11 suchych, 7 zimnych i 16 ciepłych. Zatem ten okres był przeciętny pod względem pluwiainym, lecz z wyraźnie wyższą termiką.



Rysunek 2. Periodogram dla sum rocznych opadów atmosferycznych w Siemianicach w okresie 1848-2012

Figure 2. Periodogram of yearly precipitation in Siemianice in period 1848-2012

Tabela 1. Prawdopodobieństwo sum rocznych opadów atmosferycznych wraz z wyższymi dla Siemianic

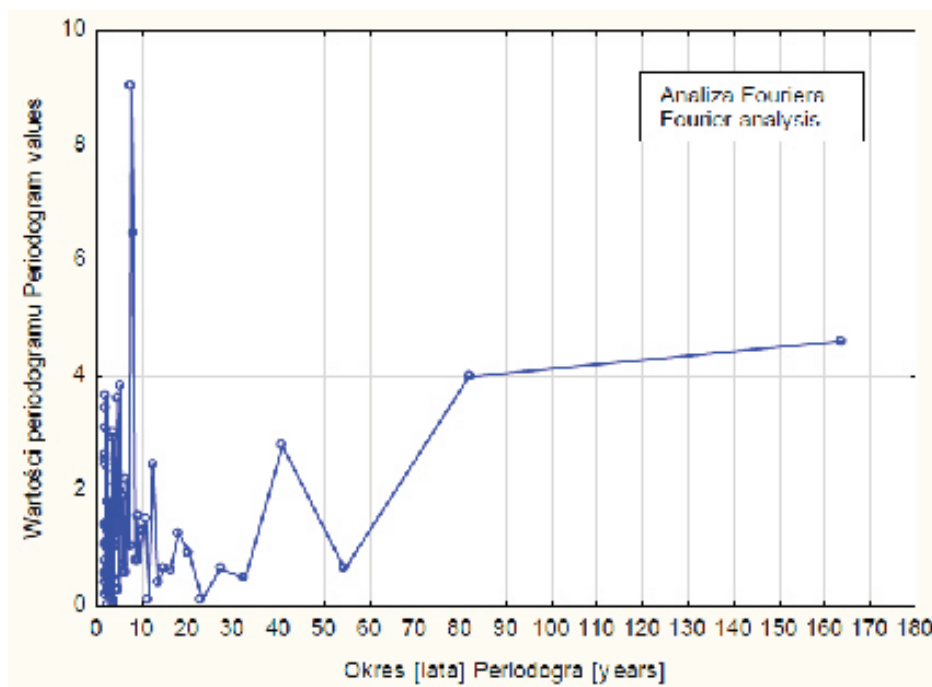
Table 1. Probability of yearly precipitation together with it higher in Siemianice

P [%]	0,1	1	5	10	20	30	50
OPAD [mm]	940	808	721	680	634	601	552
T [lat, year]	1000	100	20	10	5	3,3	2

P – Prawdopodobieństwo, Probability,

OPAD – Opad roczny wraz z wyższymi, estymowana modelem Hoerla, Yearly precipitation together with it higher, estimated by Hoerl model, (a = 810,0 b = 0,9974 c = -0,06462)

T – Okres wystąpienia, Period of appear.



Rysunek 3. Periodogram dla średnich rocznych temperatur powietrza w Siemianicach w okresie 1848-2012

Figure 3. Periodogram of yearly air temperature in Siemianice in period 1848-2012

Tabela 2. Prawdopodobieństwo średnich rocznych temperatur powietrza wraz z wyższymi dla Siemianic

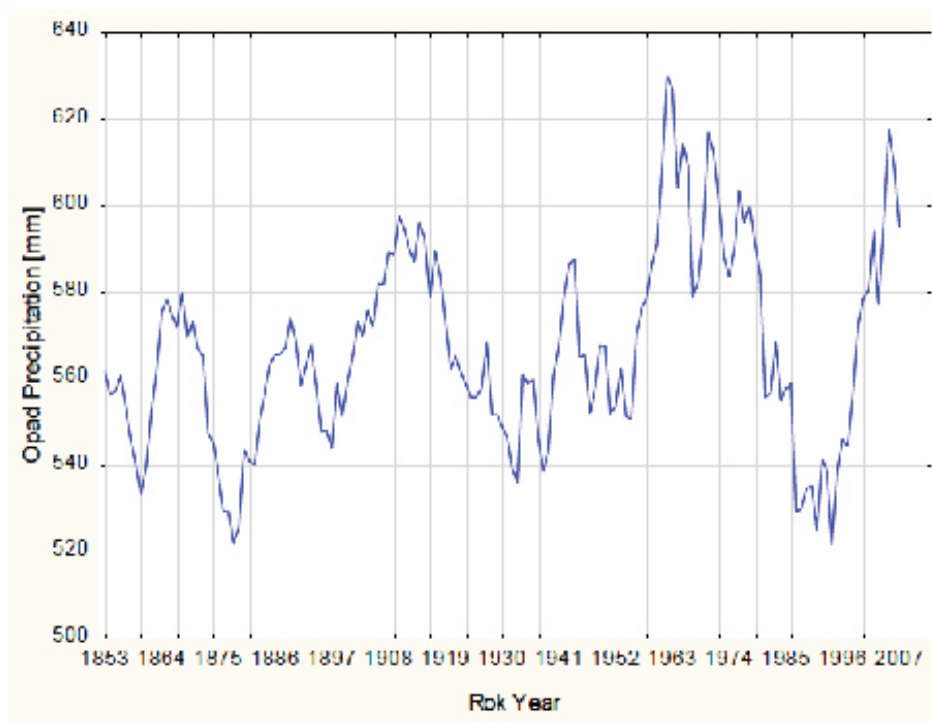
Table 2. Probability of yearly air temperature together with it higher in Siemianice

P [%]	0,1	1	2	10	20	50	80	90	98	99	99,9
TEMP [°C]	11,3	10,6	10,4	9,7	9,3	8,6	7,8	7,4	6,7	6,48	5,8
T [lat, year]	1000	100	50	10	5	2	1,25	1,11	1,05	1,01	1,00

P – Prawdopodobieństwo, Probability,

TEMP – Roczna temperatura powietrza wraz z wyższymi, estymowana rozkładem normalnym Gaussa, Mean yearly air temperature with it higher, estimated by Gauss model, ($\bar{a} = 8,56$ $\sigma = 0,893$ $N = 165$)

T – Okres wystąpienia, Period of appear.



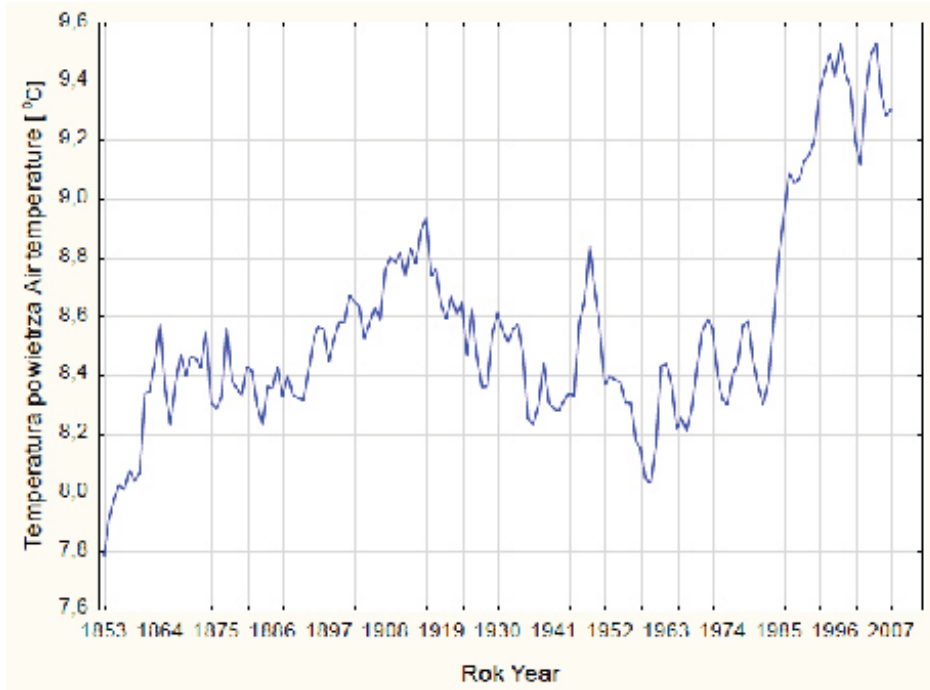
Rysunek 4. Średnie konsekwentne z 11 lat dla opadów atmosferycznych w Siemianicach

Figure 4. 11 smoothed mean of precipitation in Siemianice

W tabelach 1 i 2 przedstawiono odpowiednio obliczone prawdopodobieństwa sum rocznych opadów atmosferycznych i średnich rocznych temperatur powietrza wraz z wyższymi. Zestawione wartości obliczono dla 165-letnich ciągów (1848-2012) dla Siemianic. Wartości należy traktować jako szacunkowe, bowiem bezpośrednie pomiary meteorologiczne prowadzone były w Siemianicach w ostatnich 38 latach.

Bazując na danych ze stacji w Siemianicach, obliczono trendy czasowe – zmiany roczne dla sum rocznych opadów atmosferycznych i średnich rocznych temperatur powietrza odpowiednio dla poszczególnych miesięcy i całego roku w okresach 1848-2012 i 1961-1990 (tab. 1). Okres 1961-1990 zalecany jest przez WMO jako okres referencyjny. Trendy średnich rocznych temperatur powietrza w obu okresach (odpowiednio $+0,006$ i $+0,033^{\circ}\text{C}/\text{rok}$) oraz trend sum

rocznych opadów atmosferycznych w drugim okresie (-2,66 mm/rok) są istotne statystycznie dla $\alpha=0,05$. Natomiast trend sum rocznych opadów atmosferycznych w pierwszym okresie (+0,144 mm/rok) nie jest istotny statystycznie.



Rysunek 5. Średnie konsekwentne z 11 lat dla temperatur powietrza w Siemianicach
Figure 5. 11 smoothed mean of air temperature in Siemianicze

Wydaje się zasadne, aby szacunkową prognozę trwałości leśnych ombrogenicznych mokradła oprzeć na trendach opadów atmosferycznych i temperatur powietrza dla okresu referencyjnego. Dodatni trend średnich rocznych temperatur powietrza (+0,033°C/rok) będzie niewątpliwie stymulował wzrost ewapotranspiracji, lecz ta zależy, jak wiadomo, od wielu czynników m.in. od dostępności wody. Roślinność „gospodaruje” wodą odpowiednio do jej dostępności. Zatem można przyjąć, że ewapotranspiracja nie będzie ulegać istotnym zmianom. Odływ z terenów mokradłowych jest tak niewielki (ok. 4% sumy opadów), iż można jego zmiany pominąć w szacunkowych prognozach. Ostatecz-

nie, prognozę zmian stosunków wodnych w leśnych mokradłach można oprzeć na ujemnym trendzie sum rocznych opadów atmosferycznych (-2,66 mm/rok). Jeżeli przyjąć pragmatyczne, że istotne zmiany w ekosystemach mokradłowych będą zachodzić, gdy średni poziom wód gruntowych spadnie o ok. 50 cm (50% obecnego średniego stanu wód gruntowych), na skutek malejących sum rocznych opadów atmosferycznych, to można szacować, że nastąpi to po około 65 latach. Wynika to faktu, iż dla średniej porowatości gleb w warstwie wodonośnej 34% (Miler i in. 2008), po 65 latach malejące opady spowodują obniżenie stanów wód gruntowych średnio o 50,9 cm. Obliczenia wskazują na perspektywę czasową zmian stosunków wodnych w leśnych ombrogenicznych mokradłach. Można zakładać, że w ciągu takiego okresu zmienią one swój charakter, przestaną być siedliskami nadmiernie uwilgotnionymi.

Możliwości ochrony leśnych obszarów mokradłowych

Skoro pojawia się problem braku stabilności leśnych ombrogenicznych mokradeł należy wskazać jakie są potencjalne możliwości ochrony biernej i czynnej.

Bierna ochrona polega na objęciu danego obszaru ochroną prawną i zminimalizowaniu antropopresji: ograniczanie dopływu zanieczyszczeń punktowych i obszarowych poprzez tworzenie barier biogeochemicznych – głównie pasy drzew i krzewów, właściwą gospodarkę leśną – rębnie częściowe, stopniowe lub przerębnowe, ograniczenie zabiegów o charakterze sanitarnym i pielęgnacyjnym etc. Zatem mokradła leśne powinny funkcjonować bez zabiegów hodowlanych (naturalna sukcesja) z ograniczonym do minimum użytkowaniem tych lasów.

Czynna ochrona to zazwyczaj melioracje wodne. Właściwymi wydają się te zabiegi, które nie ingerują zbyt w biotop i fitocenozę. Można polecać działania proste i tanie z wykorzystaniem materiałów naturalnych. W pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na zapobieganie odwodnieniu i odtworzenie zdegradowanych mokradeł w wyniku przesuszenia lub przesuszających się.

Szczególną uwagę należy zwrócić na mokradła zasilane ombrogenicznie, gdyż te w pierwszej kolejności mogą być zagrożone przesuszeniem. Ochrona bierna wydaje się zasadna dla niezdegradowanych leśnych obszarów mokradłowych takich jak np. olsy i łągi źródłiskowe, naturalne bory i brzeziny bagienne. Natomiast ochroną czynną powinny być objęte obszary zdegradowane np. przesuszone olsy i łągi, przesuszone bory bagienne (Miler i in. 2008).

Tabela 3. Roczne zmiany sum opadów atmosferycznych i średniej temperatury powietrza dla miesięcy i roku; stacja Siemianice

Table 3. Yearly changes of total precipitations and of the mean air temperature for months and year; gauge station Siemianice

Miesiące Months	Zmiany roczne Yearly changes			
	Opad atmosferyczny Precipitation [mm]		Temperatura powietrza Air temperature [°C]	
	Okres Period 1848-2012	Okres Period 1961-1990	Okres Period 1848-2012	Okres Period 1961-1990
I	-0,02	-0,25	+0,006	+0,087
II	-0,02	-0,79	+0,003	+0,053
III	-0,03	-0,20	+0,011	+0,097
IV	-0,02	-0,59	+0,008	+0,012
V	+0,05	-1,05	+0,009	+0,089
VI	+0,02	+0,53	-0,002	-0,063
VII	+0,12	-0,16	+0,004	+0,016
VIII	+0,03	+1,28	+0,007	+0,028
IX	+0,02	+0,22	+0,002	-0,023
X	-0,01	-0,96	+0,002	+0,019
XI	+0,01	-0,52	+0,011	-0,027
XII	-0,01	-0,18	+0,006	+0,106
Rok	+0,144	-2,66	+0,006	+0,033

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz można sformułować następujące wnioski:

1. W LKP Lasy Rychtałskie (stacja Siemianice) opady atmosferyczne i temperatury powietrza wykazują okresowość 7-8 letnią, a ponadto opady atmosferyczne wykazują także oscylacje 2-3 letnie.
2. Opady atmosferyczne wykazują nie wykazują wyraźnego trendu w okresie 1848-2012 w Siemianicach, natomiast temperatury powietrza mają wyraźny charakter narastający, szczególnie po 1980 roku.

3. Malejące, w okresie referencyjnym 1960-1991 wg WMO, sumy roczne opadów atmosferycznych w Siemianicach wskazują, iż należy liczyć się z zachwianiem stabilności stosunków wodnych w leśnych ombrogenicznych mokradłach LKP Lasy Rychtałskie w perspektywie ok. 65 lat.
4. Ochrona leśnych ombrogenicznych mokradł (zasilanych przez opady atmosferyczne) jest konieczna, gdyż te w pierwszej kolejności mogą być zagrożone przesuszeniem. Głównie taka ochrona sprowadza się do tzw. ochrony biernej, gdyż odpływ z tych mokradel jest tak mały, że ewentualne jego ograniczanie jest w konsekwencji mało efektywne.

BIBLIOGRAFIA

- Frydel K. (2007). *Problematyka renaturyzacji bagien i siedlisk wilgotnych w leśnictwie*. Biblioteczka leśniczego zeszyt 255, Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) <http://www.ipcc.ch/>.
- Kaczorowska Z. (1962). Najsuchsze i najwilgotniejsze pory roku w Polsce w okresie 1900-1959, *Przegląd Geofizyczny*, 7/15, 3.
- Miler A.T., Miler M. (2005). Trendy i okresowości zmian temperatury oraz opadów dla Poznania w latach 1848-2000. *Zesz. Nauk. Wydz. Bud. i Inż. Środ. Politech. Koszal.*, Inż. Środ. nr 22, 945-956.
- Miler A.T., Kamiński B., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B., Krysztofiak A., Sobalak M., Przysiecka K., Kamiński M. (2007). Opracowanie strategii ochrony obszarów mokradłowych na terenie Leśnych Kompleksów Promocyjnych na przykładzie LKP Lasy Rychtałskie. Sprawozdanie końcowe za lata 2004-2007 dla DGLP (Maszynopis).
- Miler A.T., Kamiński B., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B., Stasik R., Drobiewska E., Krysztofiak A., Poszyler-Adamska A., Korżak M. (2008). Ochrona obszarów mokradłowych na terenach leśnych. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Monografia.
- Miler A.T. (2013). *Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Monografia.
- Pawlaczyk P., Wołejko L., Jermaczek A., Stańko R. (2001). *Poradnik ochrony mokradel*. Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników, Świebodzin.
- Petit J.R., Jouzel J., et al. (1999). *Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica*. *Nature* 399 (June), Nature Publishing Group, USA.
- Wiśniewski S. (1996). *Dotychczasowe metody regulacji stosunków wodnych w lasach i ich efekt*. *Sylwan* nr 11, 75-83

prof. dr hab. inż. Antoni T. Miler
e-mail amiler@up.poznan.pl.

prof. dr hab. inż. Andrzej Czerniak
e-mail aczerni@up.poznan.pl

dr inż. Sylwester Grajewski
e-mail sylgraj@up.poznan.pl

prof. nadzw. dr hab. inż. Bogusław Kamiński
e-mail Boguslaw.Kaminski@up.poznan.pl

dr inż. Anna Krysztofiak-Kaniewska
e-mail :annakrysztofiak@wp.pl

dr inż. Bernard Okoński
e-mail okonski@up.poznan.pl

Katedra Inżynierii Leśnej
Uniwersytet Przyrodniczy,
ul. Mazowiecka 41
60-623 Poznań