

Maciej Major

Stan geoekosystemów Polski w roku 2007

Poznań 2008

Dr Maciej Major
Uniwersytet im. A. Mickiewicza
Instytut Paleogeografii i Geoekologii
ul. Dziegiełowa 27
61-680 Poznań

1. WPROWADZENIE

Raport za 2007 rok dotyczący stanu geoeekosystemów w Polsce stanowi coroczne sprawozdanie z realizacji badań prowadzonych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w obrębie siedmiu Stacji Bazowych ZMŚP.

Zgodnie z przyjętymi założeniami przedmiotem badań ZMŚP jest przestrzeń przyrodnicza, która składa się z podsystemów: atmosfera, biosfera, pedosfera, litosfera, hydrosfera i antroposfera. Jednostką przestrzenną, która umożliwia całościowe ujęcie przepływu energii i obiegu materii jest zlewnia rzeczna, względnie jeziorna (Kostrzewski, Mazurek, Stach 1995).

Program pomiarowy ZMŚP podporządkowany jest kompleksowemu ujęciu funkcjonowania środowiska przyrodniczego i realizowany jest w trzech aspektach:

- bilansu energii i materii w układzie zlewni rzecznej (jeziornej),
- przepływu materii w profilu: atmosfera-roślinność-gleba,
- monitoringu (bioindykacji) wybranych biologicznie elementów geoeekosystemów.

Prezentowane wyniki badań oparte są na rocznych raportach Stacji Bazowych ZMŚP (Bochenek 2008 (red.); Jóźwiak, Kozłowski, Wróblewski 2008; Kejna (red.) 2008, Kostrzewski (red.) 2008; Krzysztofiak (red.) 2008; Olszewski, Wierzbiński (red.) 2008; Śniezek (red.) 2008).

W pierwszej części opracowania przedstawiona zostanie charakterystyka fizycznogeograficzna zlewni w granicach których prowadzone są badania monitoringowe oraz system pomiarowy i metodyka badań. W drugiej części przedstawione zostaną warunki hydrometeorologiczne, depozycja atmosferyczna, przepływ materii w profilu: atmosfera-roślinność-gleba, obieg materii w skali wybranych zlewni oraz bioindykacji. Całość opracowania zakończona zostanie podsumowaniem dotyczącym stanu geoeekosystemów w Polsce, kierunków zmian, charakteru i oceny stanu środowiska przyrodniczego.

1. Wprowadzenie

Podstawowym obiektem badań w Zintegrowanym Monitoringu Środowiska Przyrodniczego jest zlewnia rzeczna lub jeziorna w zasięgu której zlokalizowane są powierzchnie testowe. Szeroki zakres badań stacjonarnych prowadzony jest w obrębie siedmiu Stacji Bazowych w reprezentatywnych zlewniach, które reprezentują różne typy geoeosystemów. Funkcjonujący obecnie system rozmieszczenia Stacji Bazowych tworzy transekt południkowy, który przedstawia równoleżnikowy układ krajobrazów Polski.

Zlewnia górnej Parsęty zlokalizowana jest w obrębie Pomorza Środkowego, w mezoregionie Pojezierza Drawskiego i reprezentuje geoeosystem obszaru nizinnego, młodoglacjalnego, położonego w umiarkowanej strefie klimatycznej. Zajmuje powierzchnię 74 km² i zamknięta jest profilem wodowskazowym w okolicach Stacji Geoekologicznej w Storkowie (Kostrzewski, Mazurek, Zwoliński 1994).

Zlewnia jeziora Łękuk o powierzchni 13,867 km² znajduje się w mezoregionie Pojezierza Elckiego, makroregionu Pojezierza Mazurskiego na terenie podprovincji Pojezierza Wschodniobałtyckiego (Śniezek i in. 2008). Stacja Bazowa Puszcza Borecka w Diablej Górze zlokalizowana jest z dala od ośrodków przemysłowych, szlaków komunikacyjnych i dużych skupisk ludności, na obszarze zalesionej pagórkowatej młodoglacjalnej wysoczyzny morenowej.

Wigierska Stacja Bazowa ZMŚP zlokalizowana jest w północno-wschodniej Polsce, w środkowo-zachodniej części Wigierskiego Parku Narodowego i jego otuliny. Zlewnia eksperymentalna obejmuje fragment zlewni rzeki Czarnej Hańczy, na odcinku od miejscowości Sobolewo do ujścia rzeki do Jeziora Wigry i zajmuje obszar o powierzchni 7,44 km² (Krzysztofiak 1997, 2008). O wykształceniu krajobrazu decydują tutaj utwory i formy lodowcowe oraz wodnolodowcowe z okresu recesji lądolodu fazy pomorskiej. Obszar ten ma najsurowsze warunki klimatyczne w całej nizinnej części kraju (Żarska i in. 1998).

Zlewnia Strugi Toruńskiej znajduje się w makroregionach: Pojezierze Chełmińsko-Dobrzyńskie (subregion Pojezierze Chełmińskie) oraz Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka (subregion Kotlina Toruńska). Obejmuje ona płaską, miejscami falistą, wysoczyznę morenową z ostatniego, bałtyckiego zlodowacenia fazy poznańskiej. Obszar ten odznacza się dużym zróżnicowaniem budowy geologicznej, z przewagą gliny morenowej o zmiennej miąższości od 3 do 27 m (Kejna i in. 2008). Obszar zlewni Strugi Toruńskiej jest intensywnie użytkowany rolniczo i jest narażony na obszarowe zanieczyszczenia rolnicze, zanieczyszczenia powietrza z pobliskich szlaków komunikacyjnych oraz emitowane przez zakłady produkcyjne Torunia i Bydgoszczy (Wójcik i in. 1998).

1. Wprowadzenie

Stacja Bazowa „Pożary” położona jest w dorzeczu Łasicy – prawego dopływu Bzury w pasie rzeźby staroglacjalnej Puszczy Kampinoskiej. Obejmuje górną (źródłową) część dorzecza Kanału Olszowieckiego Północnego. Obszar zlewni badawczej „Pożary” po profil wodowskazowy w Józefowie wynosi 20,2 km², z czego 30% stanowią obszary powierzchniowo bezodpływowe. Zlewnia Pożary wykorzystuje szerokie, zabagnione obniżenie wypełnione utworami organicznymi, które rozcina Kanał Olszowiecki Północny (Wierzbicki, Andrzejewska 2007). Obszar ten znajduje się pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych z Warszawy oraz zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego z Równiny Błońskiej (Wierzbicki 1998).



Ryc. 1. Lokalizacja Stacji Bazowych

Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego

1 - Storkowo (Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań), 2 - Puszcza Borecka (Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa), 3 - Wigry (Wigierski Park Narodowy, Krzywe), 4 - Koniczynka (Uniwersytet im. M. Kopernika, Toruń), 5 - Pożary (Kampinoski Park Narodowy, Kampinos), 6 - Święty Krzyż (Akademia Świętokrzyska, Kielce), 7 - Szymbark (Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków)

1. Wprowadzenie

Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Święty Krzyż została zlokalizowana na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego, na Wyżynie Środkowomałopolskiej w Krainie Gór Świętokrzyskich w krajobrazie gór średnich i niskich. Jest zlokalizowana w zlewni leśno-rolniczej I rzędu na stoku północnym głównego masywu Łysogóry. Zlewnia o powierzchni 1,269 km² jest położona między wysokościami od 595 m n.p.m. do 268 m n.p.m. (Jóźwiak i in. 2008). Zlewnia pozostaje w strefie oddziaływania lokalnych jak i ponadregionalnych emisji przemysłowych.

Stacja Bazowa ZMŚP w Szymbarku, zlokalizowana w zlewni eksperymentalnej Bystrzanki o powierzchni 13 km² i długości cieku głównego 7,1 km (Bochenek i in. 2008), reprezentuje geokosystem Karpat Fliszowych charakterystyczny dla gór niskich i pogórzy (Starkel 1972). Leży na granicy dwóch dużych jednostek fizyczno-geograficznych Karpat Fliszowych: Beskidów i Pogórza Karpackiego. Obszar zlewni należy do północno zachodniej części Beskidu Niskiego, od północy graniczy z Pogórzem Ciężkowickim a od wschodu z Dołami Jasielsko-Sanockimi (Kotarba 1970). Obszar ten narażony jest na zanieczyszczenia transgraniczne ze Słowacji i w mniejszym stopniu z terenu Gorlic (Gil, Bochenek 1998). Badania prowadzone w Szymbarku uwzględniają procesy istotne dla funkcjonowania geokosystemów w obszarze Karpat Fliszowych, czyli ruchy osuwiskowe wpływające na degradację powierzchni stoków fliszowych, obieg wody generujący denudację chemiczną oraz erozję gleby, obniżającą wartość użytkową gruntów (Bochenek i in. 2008).

2. SYSTEM POMIAROWY, METODYKA BADAŃ

Zakres realizacji programu ZMŚP na Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007

Rok 2007 był czternastym rokiem realizacji programu ZMŚP na 7 Stacjach Bazowych. Na stacjach realizowano większość programów pomiarowych, których podstawowym celem jest rejestracja dopływu i dopływu energii i materii z badanych geoeosystemów (programy: A1 – Meteorologia, C1 – chemizm opadów atmosferycznych, F2 – wody podziemne oraz H1 wody powierzchniowe – rzeki). Programy te realizowane były na wszystkich Stacjach Bazowych (tab. 1) i w większości przypadków realizowano pełny zakres podstawowy.

Poza stacją Koniczynka, na pozostałych realizowano program C2 – chemizm opadu podkoronowego, natomiast program C3 - spływ po pniach drzew realizowano na czterech Stacjach Bazowych. W mniejszym stopniu były realizowane programy F1 – roztwory glebowe, oraz chemizm opadu organicznego (G2). Badania chemizmu roztworów glebowych prowadzono na stacjach: Święty Krzyż, Wigry oraz Storkowo.

Od roku hydrologicznego 2004 realizuje się na wybranych powierzchniach testowych monitoring fauny epigenicznej w ramach programu fauna bezkręgową. Program ten realizowany jest pod kierunkiem dr S. Huruka z Akademii Świętokrzyskiej.

Tabela 1. Realizacja zakresu pomiarowego na Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007

<i>program</i>	Stacja Bazowa						
	Wigry	P.Borecka	Pożary	Św. Krzyż	Szymbark	Koniczynka	Storkowo
A1	R	R	R	R	R	R	R
B1	R	R	R	R	R	R	R
C1	R	R	R	R	R	R	R
C2	R	R	R	R	R	NR	R
C3	NR	R	R	R	R	NR	NR
D1	R	R	R	NR	R	R	R
F1	R	NR	NR	R	NR	NR	R
F2	R	R	R	R	R	R	R
G2	R	R	NR	R	NR	NR	NR
H1	R	R	R	R	R	R	R
H2	NR	R	NR	NR	NR	NR	NR
M1	R	NR	R	R	NR	R	R
O1	R	R	R	R	R	R	R

NR – program nie realizowany w roku 2007

Meteorologia A1

Program pomiarowy meteorologia realizowany jest na wszystkich Stacjach Bazowych przy wykorzystaniu automatycznych stacji meteorologicznych fińskiej firmy Vaisala. Jako pomiary uzupełniające prowadzone są równolegle obserwacje manualne zgodne ze standardami IMGW. Uzyskane dane niezbędne są do klasyfikacji i porównań oraz do celów kontrolnych i weryfikacyjnych.

Chemizm powietrza B1

Badania chemizmu powietrza prowadzone były w roku hydrologicznym 2007 na wszystkich Stacjach Bazowych. Wykorzystuje się w tym celu od 2003 roku metodę pasywną opracowaną w Zakładzie Chemii Analitycznej Politechniki Krakowskiej. Dzięki tej metodzie możliwa jest rejestracja stężeń dwutlenku siarki i azotu oraz porównanie wielkości stężeń wymienionych gazów między Stacjami Bazowymi.

Na stacji Puszcza Borecka w roku 2007 pomiary zanieczyszczeń powietrza według programu podstawowego – pomiary stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu prowadzono równolegle dwiema metodami: pasywną (piąty rok, podobnie, jak na pozostałych Stacjach Bazowych) i manualną (filtr z wymuszonym przepływem powietrza) (Śnieżek i in. 2008).

Na stacji Św. Krzyż również zastosowano inną metodykę oprócz metody pasywnej. Pomiary zanieczyszczeń powietrza rejestrowane są automatycznie przy użyciu analizatorów firmy Horiba. Opad suchy mierzono pośrednio przez stwierdzenie stężeń gazowych i stałych składników w jednostce objętościowej powietrza atmosferycznego nad koronami drzew. Podstawę prezentowanych danych stanowią pomiary 30-to minutowe przeliczone na wyniki średniodobowe. Z programu podstawowego mierzone są stężenia SO₂, NO₂, O₃. Poza programem dodatkowo mierzony był pył zawieszony całkowity oraz CO (Jóźwiak i in. 2008).

Chemizm opadów atmosferycznych C1

Pomiary chemizmu opadów atmosferycznych prowadzone były w 2007 roku przy wykorzystaniu poniższej metodyki (tab. 2.).

2. System pomiarowy, metodyka badań

Tab. 2. Metodyka badań opadu atmosferycznego na poszczególnych Stacjach Bazowych

Stacja Bazowa	Parametr	Laboratorium	Częstotliwość	Rodzaj opadu
Koniczynka	pH, SEC	Koniczynka	doba	całkowity
	skład jonowy	Instytut Ochrony Środowiska	miesiąc	całkowity
Pożary	pH, SEC	Pożary	doba	całkowity
	skład jonowy	Zakład Chemii i Biologii Wody IMGW	miesiąc	całkowity
Puszcza Borecka	pH, SEC, skład jonowy	Instytut Ochrony Środowiska	miesiąc	mokry
	Al, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn		miesiąc	mokry
Storkowo	pH, SEC	Storkowo	doba	całkowity
	skład jonowy		miesiąc	mokry
Szymbark	pH, SEC	Szymbark	doba	całkowity
	skład jonowy		miesiąc	mokry
Św. Krzyż	pH, SEC	Św. Krzyż	tydzień	całkowity
	skład jonowy	Instytut Ochrony Środowiska	miesiąc	całkowity
Wigry	pH, SEC	Wigry	tydzień	mokry
	skład jonowy	Instytut Ochrony Środowiska	miesiąc	mokry

Chemizm opadu podkoronowego C2 i spływu po pniach C3

Pomiary chemizmu opadu podkoronowego prowadzone były w 2007 roku na 6 Stacjach Bazowych z wyjątkiem Koniczynki, a spływu po pniach na 4: Puszczy Boreckiej, Pożarach, Św. Krzyżu i Szymbarku według poniższej metodyki (tab. 3.).

Tab. 3. Metodyka badań opadu atmosferycznego na poszczególnych Stacjach Bazowych

Stacja Bazowa	Skład gatunkowy	Ilość chwytaczy	Czas ekspozycji chwytaczy
Puszcza Borecka	świerk, grab, dąb	12 – opad podkoronowy 9 – spływ po pniach	tydzień
Pożary	sosna	brak danych	tydzień
Storkowo	sosna, dąb	20 – opad podkoronowy	miesiąc
Szymbark	grab, świerk	brak danych	tydzień
Święty Krzyż	buk, jodła	10 – opad podkoronowy, 10 – spływ po pniach (po 5 dla każdego gatunku drzewa)	tydzień
Wigry	świerk, sosna	brak danych	tydzień

Chemizm roztworów glebowych F1

Pomiary chemizmu roztworów glebowych prowadzono w 2007 roku na trzech Stacjach Bazowych: Święty Krzyż, Wigry oraz Storkowo.

Na stacji Święty Krzyż wykorzystano 12 podciśnieniowych próbników roztworów glebowych z końcówkami teflonowymi firmy Eijkelkamp. Próbniki zainstalowane są na głębokościach: 15, 30, 60, 90 i 120 cm w profilu gleby brunatno-rdzawej i opadowoglejowej (RD2). Próbkę roztworów z poszczególnych poziomów pobierano w cyklu tygodniowym.

Badania roztworów glebowych na stacji Wigry prowadzone były na powierzchni leśnej w Sobolewie, na trzech stanowiskach. Do badań wykorzystano teflonowo-kwarcowe próbniki firmy Prenart, które umieszczono na głębokościach 30, 50 i 100 cm w profilu gleby płowej zbielicowanej. Roztwory pobierane były z lizymetrów na koniec każdego miesiąca, poza okresem zimowym.

Na stacji w Storkowie badania składu chemicznego roztworów glebowych prowadzono w zlewni Jeziora Czarnego. Na powierzchni testowej umieszczono dwa komplety podciśnieniowych próbników na dwóch głębokościach: 60 i 120 cm p.p.t. w profilu gleby bielcowo-rdzawej o następujących poziomach glebowych: O-EAes-Bhfe-Bv-C1-C2. Analiza roztworów glebowych prowadzona była w okresach miesięcznych.

Wody podziemne F2

Pomiary wód podziemnych prowadzone były na wszystkich Stacjach Bazowych w 2007 roku (tab. 4.).

Tab. 4. Monitoring wód podziemnych w roku hydrologicznym 2007

Stacja Bazowa	Stanowisko	Lokalizacja stanowiska	Częstotliwość pomiarów
Koniczynka	piezometr	zlewnia Strugi Toruńskiej	stany wód – 1x tydzień chemizm – 4x rok
Pożary	sieć 21 piezometrów	zlewnia Kanału Olszowieckiego	stany wód – 1x dzień chemizm – 1x rok
Puszcza Borecka	1 studnia (nr 155)	zlewnia Jeziora Łękuk	stany wód – 1x tydzień chemizm – 9 x rok
Storkowo	wypływy z niszy źródłkowej i wody dopływu Chwalimskiego Potoku (KG)	podsystem zlewni Młyńskiego Potoku – dopływu Parsęty	stany wód – 1x miesiąc chemizm – 1x miesiąc
	3 piezometry: P6,	zlewnia	stany wód – 1x miesiąc

2. System pomiarowy, metodyka badań

	P5, P4	Chwalimskiego Potoku, piezometry w transekcje podłużnym zlewni od wododziału do bazy drenażu	chemizm – 1x miesiąc
Symbark	źródło „Wiatrówka” ujęte w studnię kopalną	Zlewnia Bystrzanki	wydajność – 1x miesiąc chemizm – 1x miesiąc
Święty Krzyż	źródło Z2	wierzchowinowa część zlewni, drzewostan jodłowo - bukowy	wydajność, pH, SEC – 1x tydzień chemizm – 1x miesiąc
	źródło Z3	część podstokowa, ekosystem leśny	wydajność, pH, SEC – 1x tydzień chemizm – 1x miesiąc
Wigry	piezometr	Sobolewo, zlewnia Czarnej Hańczy	stany wód – 1x tydzień chemizm – 4 x rok

Chemizm opadu organicznego G2

Pomiary chemizmu opadu organicznego prowadzone były w 2007 roku na 3 Stacjach Bazowych: Puszcza Borecka, Wigry i Święty Krzyż.

W zlewni Jeziora Łękuk badania prowadzone są na stałej powierzchni doświadczalnej 005, na której rozmieszczono 6 chwytaczy opadu organicznego z powierzchnią chwytą 0,5 m² każdy chwytacz. Chwytacze rozmieszczone wzdłuż wyznaczonego transektu pod koronami poszczególnych drzew.

W zlewni Czarnej Hańczy materiał zbierany był przy pomocy 15 chwytaczy o powierzchni wlotowej 0,0615 m² każde, umieszczonych na stojakach 80 cm nad powierzchnią gruntu. Chwytacze ustawione były losowo w 3 rzędach po 5 sztuk.

Na Świętym Krzyżu program realizowano na dwóch poletkach doświadczalnych A i B o powierzchniach 200 m² każde, na których rozmieszczono po 15 chwytaczy opadu organicznego na obszarze 6 x 12 m z ogólną powierzchnią chwytą 0,7065 m².

Wody powierzchniowe – rzeki H1

Pomiary wód powierzchniowych prowadzone były na wszystkich Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 roku (tab. 5.).

Tab. 5. Monitoring wód powierzchniowych w roku hydrologicznym 2007

Stacja Bazowa	Zlewnia	Stanowisko	Częstotliwość pomiarów	Metody pomiarowe
Koniczynka	Struga Toruńska	profil otwierający – Lipowiec; profil zamykający - Koniczynka	stany, przepływ, pH, SEC – 1x doba; chemizm – 1x miesiąc	przepływ – młynek hydrometryczny; stany - limnigraf
Požary	Kanał Olszowiecki	stanowisko wodowskazowo–limnigraficzne na Kanale Olszowickim we wsi Józefów	przepływ, temp., pH, SEC – 1x doba; chemizm – 1x miesiąc	stany - limnigraf
Puszcza Borecka	Jezioro Łękuk	100 – stanowisko na odpływie; 101, 102, 103, 104, 105 – stanowiska na dopływach do jeziora; 107 – wysięk po NE stronie posterunku DG	natężenie przepływu na odpływie – pomiary automatyczne z czasem uśredniania 10 min.; pH, SEC – 1x tydzień; chemizm – 9 x rok	natężenie przepływu – pomiary automatyczne; stany wody – limnigraf
Storkowo	górna Parsęta	Parsęta; Młyński Potok	stany, przepływ, temp., SEC – 1x doba; pH, chemizm – 1x tydzień	stany - limnigraf
Szybark	Bystrzanka	profil zamykający zlewnię Bystrzanki	stany – zapis ciągły, temp., pH, SEC – 1x doba chemizm – 1x tydzień	przepływ – przelew Poncoleta; stany wody – limnigraf KB2 (zapis ciągły), limnimetr GEALOG, łata wodowskazowa
Św. Krzyż	zlewnia badawcza na N	C5 – ekosystem leśny	pH, SEC – 1x tydzień	przepływ – przelew Poncoleta,

2. System pomiarowy, metodyka badań

	stoku Łysej Góry	C6 – punkt zamykający zlewnię w agroekosystemie	chemizm – 1x miesiąc	stany wody – limnigraf (zapis ciągły)
Wigry	Czarna Hańcza	punkt kontrolno-pomiarowy Sobolewo; punkt przy ujściu rzeki do Jeziora Wigry	stany – zapis ciągły; przepływ, chemizm – 1x miesiąc	przepływ – elektromagnetyczny przepływomierz 801 firmy SEBA; stany – limnigraf L-861 (zapis ciągły)

Wody powierzchniowe – jeziora H2

Program pomiarowy wody powierzchniowe - jeziora realizowano w roku hydrologicznym 2007 tylko na Stacji Bazowej Puszcza Borecka.

Na jej terenie badaniami objęto Jezioro Łękuk o powierzchni 0,22 km². Próbkę wody pobrano 9 razy w roku w tzw. „głęboczku” jeziora na dwóch głębokościach: 1m pod powierzchnią wody i 1m nad dnem (11 m pod powierzchnią).

Epifity nadrzewne M1

Program epifity nadrzewne prowadzony był w 2007 roku na pięciu Stacjach Bazowych: Koniczynka, Storkowo, Św. Krzyż, Pożary oraz Wigry (tab. 6.).

W zlewni Strugi Toruńskiej założonych jest 9 powierzchni testowych, na których dla celów monitoringowych wytypowano 4 gatunki porostów.

Na terenie zlewni górnej Parsęty wyznaczono 9 stanowisk badawczych, na których założono 11 powierzchni monitoringowych. Monitoringiem objęto w sumie 10 gatunków porostów. W 2007 roku skartowano 8 powierzchni monitoringowych. Z badań wyłączono 2 powierzchnie na skutek wycięcia drzew oraz jedną, na której nie stwierdzono gatunków monitoringowych.

Na Św. Krzyżu badania epifitów nadrzewnych prowadzono na 6 stanowiskach i monitoringiem objęto 1 gatunek porostów. Na skutek wycięcia dwóch drzew stracono dwa stanowiska *Hypogymnia physodes*, na brzozie czarnej *Betula obscura* i brzozie brodawkowatej *Betula pendula* (Jóźwiak i in. 2008).

2. System pomiarowy, metodyka badań

W stacji Pożary monitoring epifitów nadrzewnych prowadzony jest od 2001 roku. Wytypowano w tym celu 10 powierzchni monitoringu porostów i wybrano 4 gatunki tych organizmów.

W Wigrach badania składu gatunkowego porostów, powierzchni ich plech i zdrowotności przeprowadzono w 2007 roku na 12 stanowiskach, na których w 1998 roku wyznaczono na pniach drzew powierzchnie monitoringowe. Wówczas też po raz pierwszy dokonano pomiarów powierzchni plech poszczególnych gatunków wytypowanych do monitorowania. Do obserwacji wytypowano 12 gatunków porostów nadrzewnych (epifitycznych), w tym 5 taksonów o plechach krzaczkowatych, 5 - listkowatych i 2 - skorupiastych. Spośród tych gatunków 8 podlega ochronie prawnej, w tym 7 ochronie ścisłej, a 1 ochronie częściowej (Krzysztofiak i in. 2008).

Tab. 6. Gatunki porostów objęte monitoringiem na trzech Stacjach Bazowych

Lp.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Forma morfologiczna	Status prawny
KONICZYŃKA				
1.	<i>Evernia prunastri</i>	mąkla tarniowa	krzaczkowaty	chroniony
2.	<i>Hypogymnia physodes</i>	pustułka pęcherzykowata	listkowaty	-
3.	<i>Parmelia sulcata</i>	tarczownica bruzdkowana	listkowaty	-
4.	<i>Usnea hirta</i>	brodacza kępkowa	-	-
STORKOWO				
1	<i>Evernia prunastri</i>	mąkla tarniowa	krzaczkowaty	chroniony
2	<i>Hypogymnia physodes</i>	pustułka pęcherzykowata	listkowaty	-
3	<i>Melanelia fuliginosa</i>	przylepka okopcona	listkowaty	chroniony
4	<i>Parmelia submontana</i>	tarczownica pogięta	listkowaty	chroniony
5	<i>Parmelia sulcata</i>	tarczownica bruzdkowana	listkowaty	-
6	<i>Pertusaria amara</i>	otwornica gorzka	skorupiasty	-
7	<i>Phlyctis argena</i>	rozsypek srebrzysty	skorupiasty	-
8	<i>Platismatia glauca</i>	płucnik modry	listkowaty	chroniony
9	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	mąklik otrębiasty	krzaczkowaty	chroniony
10	<i>Ramalina farinacea</i>	odnożyca mączysta	krzaczkowaty	chroniony
ŚW. KRZYŻ				
1.	<i>Hypogymnia physodes</i>	pustułka pęcherzykowata	listkowaty	-
POŻARY				
1.	<i>Hypogymnia physodes</i>	pustułka pęcherzykowata	listkowaty	-

2. System pomiarowy, metodyka badań

2.	<i>Evernia prunastri</i>	mąkla tarniowa	krzaczkowaty	chroniony
3.	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	mąklik otrębiasty	krzaczkowaty	chroniony
4.	<i>Parmelia sulcata</i>	tarczownica bruzdkowana	listkowaty	-
WIGRY				
1	<i>Bryoria fuscescens</i>	włostka brązowa	krzaczkowaty	ochrona ścisła
2	<i>Evernia prunastri</i>	mąkla tarniowa	krzaczkowaty	ochrona częściowa
3	<i>Hypogymnia physodes</i>	pustułka pęcherzykowata	listkowaty	-
4	<i>Hypotrachyna revoluta</i>	przystrumychnik pustułkowy	listkowaty	ochrona ścisła
5	<i>Melanelia fuliginosa</i>	przylepka okopcona	listkowaty	ochrona ścisła
6	<i>Parmelia sulcata</i>	tarczownica bruzdkowana	listkowaty	-
7	<i>Pertusaria amara</i>	otwornica gorzka	skorupiasty	-
8	<i>Phlyctis argena</i>	rozsypek srebrzysty	skorupiasty	-
9	<i>Platismatia glauca</i>	płucnik modry	listkowaty	ochrona ścisła
10	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	mąklik otrębiasty	krzaczkowaty	ochrona ścisła
11	<i>Ramalina farinacea</i>	odnożyca mączysta	krzaczkowaty	ochrona ścisła
12	<i>Usnea hirta</i>	brodaczkę kępkowa	krzaczkowaty	ochrona ścisła

Fauna epigeiczna O1

Monitoring fauny bezkręgowej prowadzony jest na Stacjach Bazowych od 2004 roku. Koordynatorem programu jest dr S. Huruk z Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach.

W 2007 roku badania fauny bezkręgowej prowadzone były na wszystkich Stacjach Bazowych, przy czym w Koniczynie badana była fauna bezkręgową glebową.

Przedmiotem prowadzonych obserwacji są chrząszcze z rodziny *Carabidae*. Badania prowadzone są w różnych typach siedliskowych.

Do odławiania chrząszczy stosuje się pułapki Barbera, które są eksponowane w terenie przez 5 miesięcy, od początku maja do końca września. Wyselekcjonowane chrząszcze *Carabidae* są konserwowane, a następnie przesyłane do Akademii Świętokrzyskiej.

2. System pomiarowy, metodyka badań

Tab. 7. Lokalizacja powierzchni testowych do odłowu fauny bezkręgowej

Stacja Bazowa	Typ siedliskowy
Koniczynka	brak*
Požary	dragowina sosnowa; olsza czarna; łąka; zbocze wydmy; tyczkowina sosnowa z dużą domieszką modrzewia, brzozy, grochodrzewie, dębu i klonu; podmokła łąka; podmokła, zadarniona powierzchnia porośnięta kępami wierzby; brzezina z domieszką kruszyny, w runie trawa, paproć, jeżyna i inne rośliny zielne, rosnąca na terenie podmokłym; teren podmokły z nielicznymi kępkami wierzby i brzozy; drzewostan sosnowy; przerzedzony drzewostan sosnowy porastający zbocze wydmy; teren bardzo podmokły w pobliżu Kanału Olszowieckiego z większymi kępami wierzby iwy i mniejszymi kępami brzozy, porośnięty trawą i innymi roślinami zielnymi; powierzchnia trawiasta, mniej podmokła z dużymi kępami wierzby; brzezina z domieszką olszy czarnej, kruszyny, w runie trawa, paproć, jeżyna i inne rośliny zielne; dębina z domieszką brzozy na wydmie; łąka ziołoroślowa; tyczkowina sosnowa z domieszką brzozy
Puszcza Borecka	grąd, las mieszany, bór bagienny
Szymbark	las wyżynny, las górski
Św. Krzyż	las wyżynny, las górski
Wigry	bór bagienny, las mieszany
Storkowo	bór świeży, sosnowy w podszycie występuje świerk, dąb i buk (zlewnia Jeziora Czarne); bór mieszany świeży, sosna z domieszką buka, świerku i dębu (zlewnia Młyńskiego Potoku)

* monitoring fauny bezkręgowej glebowej

Tab.8. Gatunki biegaczowatych monitorowane na poszczególnych Stacjach Bazowych

Nr katalogowy	Gatunek	Stacja Bazowa			
		Puszcza Borecka	Storkowo	Szymbark	Wigry
13	<i>Carabus coriaceus</i> L.	+	+	+	
15	<i>C. intricatus</i> (L.)				
17	<i>C. violaceus</i> L.	+	+	+	+
20	<i>C. auronitens</i> Fabr.			+	
26	<i>C. granulatus</i> (L.)	+			+
28	<i>C. cancellatus</i>	+		+	+
30	<i>C. arcensis</i> Herbst				
32	<i>C. scheidleri</i>				
35	<i>C. nemoralis</i>	+	+	+	+
36	<i>C. hortensis</i> L.	+	+	+	+
40	<i>C. linnaei</i> Duft.		+	+	
42	<i>Cychrus caraboides</i>	+		+	+

2. System pomiarowy, metodyka badań

	(L.)				
55	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabr.)	+			
211	<i>Patrobis atrorufus</i> (Stroem)	+			
280	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabr.)	+	+	+	+
281	<i>P. niger</i> (Schall.)	+	+	+	+
282	<i>P. melanarius</i> (L.)	+		+	+
301	<i>P. burmeisteri</i> Heer			+	
	<i>P. vulgaris</i>				
	<i>P. strenuus</i>				+
307	<i>Abax carinatus</i> (Duft.)			+	
308	<i>A. ovalis</i> (Duft.)			+	
309	<i>A. ater</i> (Pill. et Mitt.)			+	
311	<i>A. schüppeli</i> (Germ.)			+	
313	<i>Molops piceus</i> (Panz.)				
340	<i>Agonum müelleri</i> (Herbst)	+			
348	<i>Agonum assimilae</i> (Payk.)	+			
409	<i>Harpalus rufipes</i>		+		
423	<i>Harpalus latus</i> (L.)	+			+

ANALITYKA LABORATORYJNA (BADANIA HYDROCHEMICZNE)

Tabela 9. Analityka laboratoryjna (badania hydrochemiczne) na Stacjach Bazowych

Stacja Bazowa	Pamametry	Metody analityczne
Pożary	SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-	chromatografia jonowa
	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+	spektrometria absorpcji atomowej
Puszcza Borecka	Al^{3+} , Ba^+ , Ca^{2+} , Cd^+ , Cr^+ , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Ni^+ , Pb^{3+} , Pog , Si^{4+} , Sr^+ , Zn^{2+} , NH_4^+ ,	plazma wzbudzona indukcyjnie, spektrometria emisyjna atomowa
	Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} ,	elektroforeza kapilarna
	$\text{N}_{\text{org.}}$, zasadowość	spektrofotometria, kolorymetria
	C_{org}	automatyczny analizator węgla
	K^+	spektrometria emisji atomowej

2. System pomiarowy, metodyka badań

Storkowo	zasadowość	metoda alkacymetryczna
	Ca^{2+}	metoda miareczkowa z wersenianem sodu
	Na^{+}	spektrometria emisji atomowej
	NH_4^{+} , PO_4^{3-} , SiO_2 , P_{ogl} ,	spektrofotometria, kolorymetria
	K^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}	spektrometria absorpcji atomowej
	Cl^{-} , NO_3^{-} , SO_4^{2-} ,	chromatografia jonowa
Symbark	zasadowość	metoda alkacymetryczna
	SO_4^{2-} , NO_3^{-} , PO_4^{3-} , Mg^{2+} , NH_4^{+} , P_{og} ,	spektrofotometria UV/VIS
	Cl^{-}	chromatografia jonowa
	Na^{+} , K^{+} , Ca^{2+}	spektrometria emisji atomowej
	Mn^{2+} , Fe^{3+} ,	spektrometria absorpcji atomowej
	rozpuszczalny węgiel organiczny	automatyczny analizator węgla
Święty Krzyż (Program: C2, C3, F1, F2, H1)	SO_4^{2-} , NO_3^{-} , PO_4^{3-} , NH_4^{+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Cl^{-} ,	spektrofotometria UV-VIS
	Na^{+} , K^{+}	spektrometria emisji atomowej
Święty Krzyż (Program: C1)	Cl^{-} , NO_3^{-} , SO_4^{2-} ,	elektroforeza kapilarna EK
	Al^{3+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , NH_4^{+}	plazma wzbudzona indukcyjnie, spektrometria emisji atomowej
	K^{+}	spektrometria emisji atomowej
Wigry (wszystkie programy)	zasadowość	metoda alkacymetryczna
	SO_4^{2-} , NO_3^{-} , Cl^{-}	chromatografia jonowa
	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+}	spektrometria emisji atomowej
	PO_4^{3-} , NH_4^{+} , P_{og} , Fe^{3+} , Mn^{2+}	spektrofotometria, kolorymetria
	Al^{3+}	spektrometria absorpcji atomowej

2. System pomiarowy, metodyka badań

Na Stacji Bazowej Koniczynka analizy opadów atmosferycznych są zgodne z metodykami stosowanymi na stacji Puszcza Borecka (Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie). Analizy chemiczne wód podziemnych wykonuje Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie, natomiast wód powierzchniowych Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Toruniu.

3. WARUNKI HYDROMETEOROLOGICZNE

Monitoring zjawisk meteorologicznych i hydrologicznych jest jednym z najważniejszych zadań realizowanych w ramach ZMŚP. Właściwe rozpoznanie warunków hydrometeorologicznych jest podstawą oceny funkcjonowania poszczególnych geoekosystemów.

Program pomiarowy meteorologia realizowany jest na wszystkich Stacjach Bazowych przy wykorzystaniu automatycznych stacji meteorologicznych fińskiej firmy Vaisala. Jako pomiary uzupełniające prowadzone są równoległe obserwacje manualne zgodne ze standardami IMGW.

Zgodnie z przyjętą klasyfikacją termiczno – opadową dla potrzeb ZMŚP (Lorenc 1998) rok hydrologiczny 2007 został sklasyfikowany na poszczególnych stacjach jako:

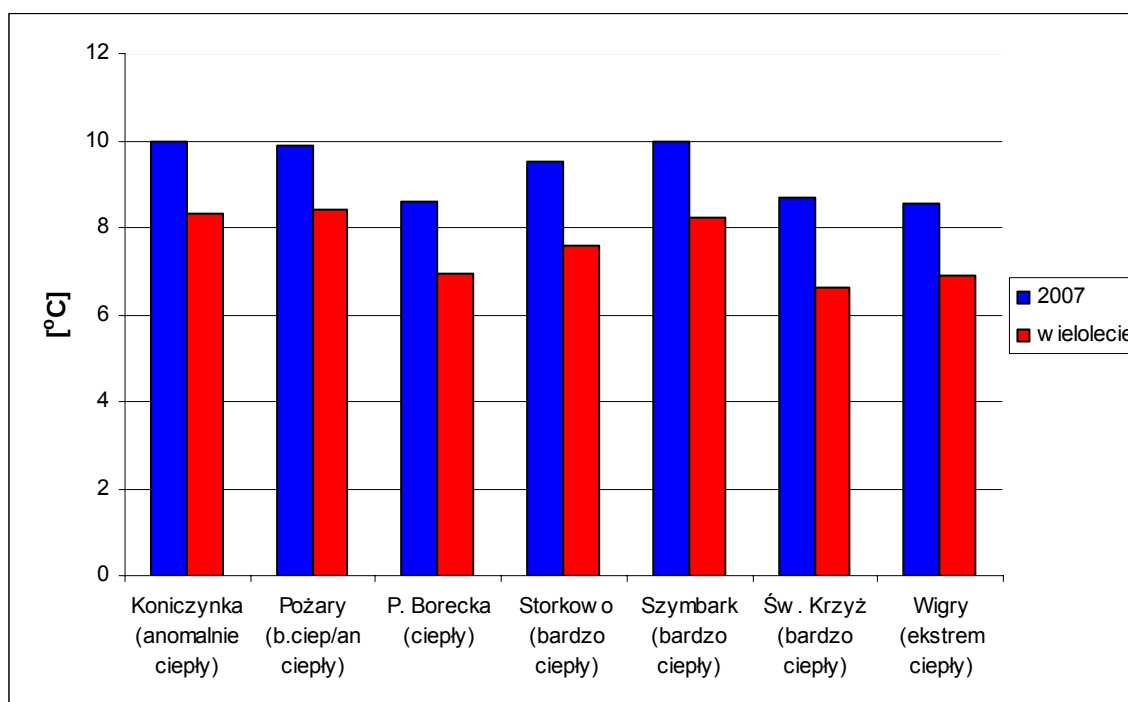
- Koniczynka (zlewnia Strugi Toruńskiej) – anomalnie ciepły (średnia temp. powietrza 10,0°C), wilgotny (roczna suma opadu 670,7 mm);
- Pożary (zlewnia Kanalu Olszowieckiego) – bardzo ciepły na pograniczu z anomalnie ciepłym (średnia temp. powietrza 9,9°C), wilgotny (roczna suma opadu 582,8 mm);
- Puszcza Borecka (zlewnia Jeziora Łękuk) – ciepły (średnia temp. powietrza 8,6°C), bardzo wilgotny (roczna suma opadu 855,7mm);
- Storkowo (zlewnia górnej Parsęty) – bardzo ciepły (średnia temp. powietrza 9,5°C), górny zakres lat wilgotnych (roczna suma opadu 855,2 mm);
- Szymbark (zlewnia Bystrzanki) – bardzo ciepły (średnia temp. powietrza 10,0°C), normalny (roczna suma opadu 874,4 mm);
- Św. Krzyż (Góry Świętokrzyskie) – bardzo ciepły (średnia temp. powietrza 8,7°C), normalny (roczna suma opadu 684,1 mm);
- Wigry (zlewnia Czarnej Hańczy) – ekstremalnie ciepły (średnia temp. powietrza 8,6°C), bardzo wilgotny (roczna suma opadu 777,4mm).

Warunki termiczne w roku hydrologicznym 2007 na wszystkich Stacjach Bazowych były odmienne niż w roku wcześniejszym 2006 i przewyższały wartości z wielolecia 1994-2006 o 1,5-2,1°C (ryc. 2.).

Według klasyfikacji termiczno-opadowej sporządzonej dla potrzeb ZMŚP rok hydrologiczny 2007 pod względem termicznym był rokiem ciepłym w Puszczy Boreckiej, bardzo ciepłym w przypadku trzech stacji: Storkowa, Szymbarku i Św. Krzyża, bardzo

3. Warunki hydrometeorologiczne

ciepłym na pograniczu z anomalnie ciepłym w Pożarach, anomalnie ciepłym w Koniczynie i ekstremalnie ciepłym w Wigrach.



Ryc. 2 Warunki termiczne na Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 na tle wartości z wielolecia 1994-2006

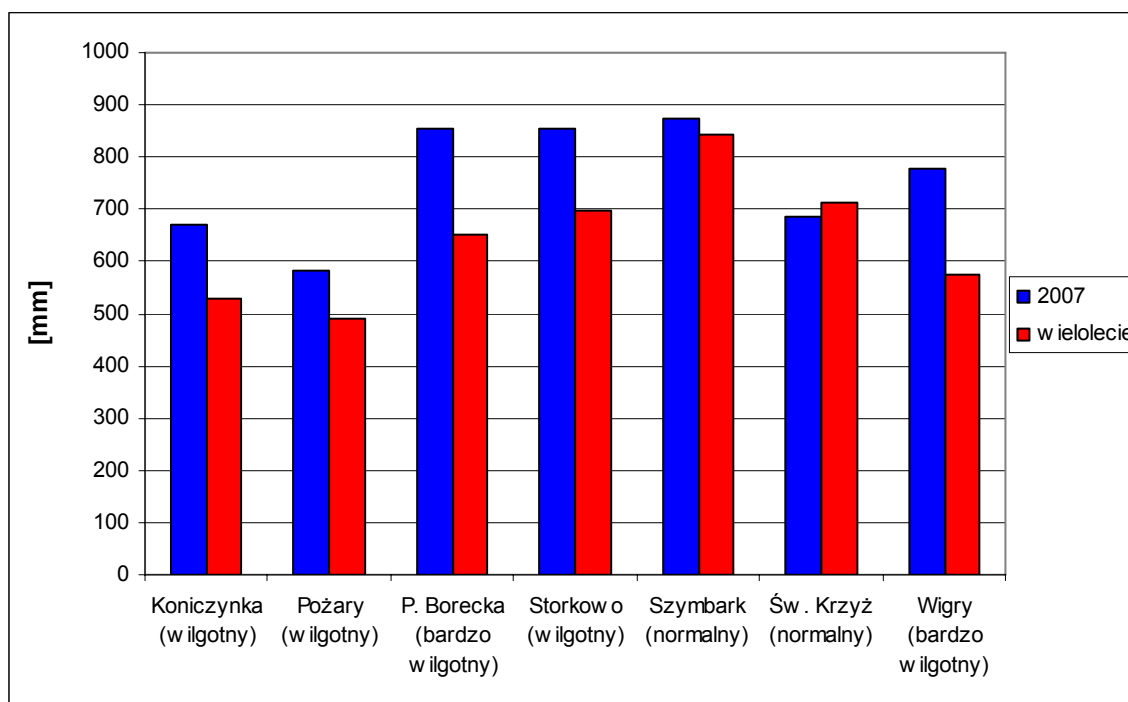
Analizując warunki opadowe, roczne sumy opadów w roku hydrologicznym 2007 były na sześciu Stacjach Bazowych wyższe od wartości z wielolecia 1994-2006 (ryc. 3.). Rok 2007 był przede wszystkim znacznie bardziej wilgotnym niż rok wcześniejszy 2006. Różnice te kształtowały się na poziomie od 31,9 do 205,4 mm. Jedynie na stacji Św. Krzyż roczna suma opadów była o 27,8 mm niższa od wartości z analizowanego wielolecia. Według klasyfikacji termiczno-opadowej sporządzonej dla potrzeb ZMŚP rok hydrologiczny 2007 był dla dwóch stacji: Puszczy Boreckiej i Wigier bardzo wilgotnym, dla trzech stacji: Koniczynki, Pożar, Storkowa wilgotnym i dla dwóch pozostałych stacji Szymbarku i Św. Krzyża normalnym. W układzie przestrzennym największy wzrost rocznej sumy opadów w stosunku do lat wcześniejszych odnotowano na Mazurach, nieco niższy na nizinach i najniższy na terenach wyżynnych i górskich.

Liczba dni z opadem w skali roku hydrologicznego 2007 dla poszczególnych Stacji Bazowych przedstawia się następująco:

- Koniczynka – 190

3. Warunki hydrometeorologiczne

- Pożary – 171
- Puszcza Borecka – 193
- Storkowo – 191
- Szymbark – 188
- Św. Krzyż – 165
- Wigry – 175.



Ryc. 3. Roczne sumy opadów na Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 na tle wartości z wielolecia 1994-2006

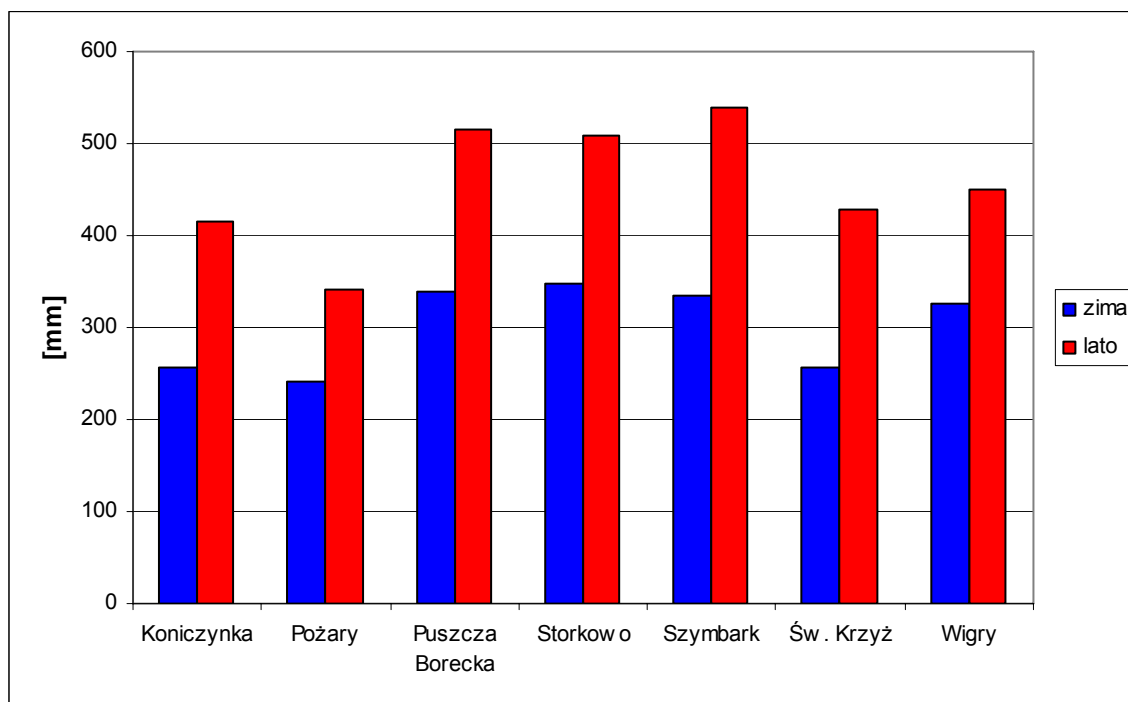
W układzie roku hydrologicznego 2007 zaznacza się przewaga opadów półroczna letniego na wszystkich Stacjach Bazowych (ryc. 4. i 5.), przy czym stosunek ten jest bardzo zbliżony i kształtuje się na poziomie około 60 do 40%. Latem występuje duże zróżnicowanie warunków opadowych. Występują w tym czasie trwałe okresy bezdeszczowe, które szczególnie zaznaczają się pod koniec lata w sierpniu, wrześniu i październiku.

Pomiary anemometryczne wykazały, że w roku 2007 frekwencja kierunków wiatrów na większości stacji była podobna jak w latach poprzednich.

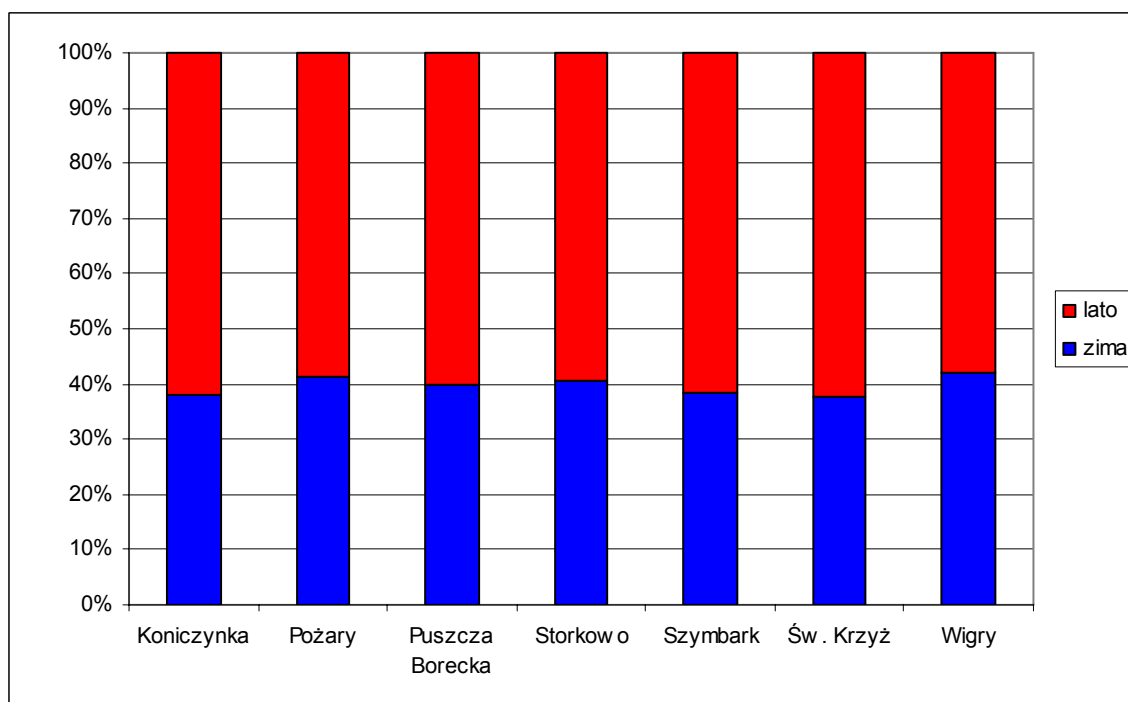
W Puszczy Boreckiej najczęściej występowały wiatry z kierunków: wschodniego E (24%) oraz zachodniego W (23%). W porównaniu do wielolecia 1994-2006 wyraźnie

3. Warunki hydrometeorologiczne

zwiększył się w 2007 r. udział wiatrów z kierunku wschodniego i zachodniego (przepływ równoleżnikowy), a zmniejszył – z kierunku południowego i północnego (przepływ południkowy) (Śnieżek i in. 2008).



Ryc. 4. Stosunek sum opadów półrocza zimowego i letniego [mm] na poszczególnych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007.



Ryc. 5. Stosunek sum opadów półrocza zimowego i letniego [%] na poszczególnych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007.

3. Warunki hydrometeorologiczne

W przypadku pozostałych stacji dominowały wiatry z kierunków zachodnich. Taka sytuacja miała miejsce m. in. w Wigrach, gdzie dominowały wiatry z sektora południowo-zachodniego SW (Krzysztofiak i in. 2008).

W Koniczynie największą częstością w 2007 roku charakteryzowały się wiatry z kierunków południowo-zachodniego SW i zachodniego W, na które przypada łącznie prawie połowa wszystkich obserwacji (46,0%) (Kejna i in. 2008).

Częstotliwość kierunków wiatru w Storkowie w minionym roku hydrologicznym była bardzo podobna do średnich z lat 2001-2006. Dominowały nadal dwa kierunki wiatru: zachodni-południowo-zachodni WSW – prawie 18% oraz wschodni E – 12% (Szpikowski 2008).

W zlewni Kanału Olszowieckiego częstotliwości kierunków wiatrów były bardzo zbliżone do średniej z wielolecia 2001-2007 (dostępna seria danych ze stacji automatycznej Milos 500). W całym rozkładzie zdecydowanie przeważają wiatry z kierunku zachodniego W - 28% obserwacji w roku hydrologicznym. (Olszewski, Wierzbicki i in. 2008).

Z kolei w Szymbarku uwzględnienie wyników obserwacji terminowych wskazuje na występowanie wiatrów o największej frekwencji z kierunków: – południowego S (12,2 %) i zachodnio-północno-zachodniego WNW (10,1%). W porównaniu z wieloleciem 1994-2007 obserwuje się szczególnie duży udział wiatrów z kierunków SE i WNW, przy względnie niskim udziale wiatrów z kierunku N, NW i NNW (Bochenek i in. 2008).

Również na Św. Krzyżu w roku 2007, podobnie jak w roku wcześniejszym, stwierdzono dominację kierunku południowo-zachodniego (SW) - 10,5%. Znaczącym udziałem charakteryzował się kierunek zachodni-południowo-zachodni (WSW – 8,4%). Najmniejszą częstotliwość występowania zanotowano dla kierunku północno-północno-zachodniego (NNE – 3,3%) (Jóźwiak i in. 2008).

Pod względem stanów wód podziemnych rok hydrologiczny 2007 był odmienny aniżeli rok wcześniejszy. Na wszystkich Stacjach Bazowych odnotowano wzrost poziomów wód gruntowych i tym samym została zahamowana kilkuletnia tendencja do obniżania się stanów wód podziemnych. Przyczyniły się do tego bardzo znaczne opady atmosferyczne przewyższające wartości z wielolecia 1994-2006, ponadto stosunkowo wysokie temperatury powietrza w okresie zimowym oraz wczesne roztopy.

W roku hydrologicznym 2007 średnia głębokość do lustra wody w piezometrze w Koniczynie wyniosła 814 cm i była o 20 cm mniejsza w porównaniu do roku poprzedniego (Kejna i in. 2008).

3. Warunki hydrometeorologiczne

W zlewni Czarnej Hańczy przebieg wysokości stanów wody między poszczególnymi miesiącami był zbliżony do tendencji obserwowanej w roku 1998. Średnia roczna głębokość do zwierciadła wody była mniejsza o 16 cm niż w poprzednim roku i wyniosła 12,21 m. (Krzysztofiak i in. 2008).

W zlewni Jeziora Łękuk uzyskane w latach 1996-2007 wyniki pomiarów wskazują, że poziomy wód podziemnych w roku 2007 wody należały do przeciętnych w wieloleciu. Względnie wysokie opady w styczniu i wysokie temperatury w grudniu, styczniu i marcu przyczyniły się w znacznym stopniu do podniesienia poziomu wód gruntowych (po roztopach) do poziomu wyższego niż w roku ubiegłym i do jednego z wyższych w wieloleciu (Śnieżek i in. 2008).

Wilgotny rok hydrologiczny 2007, z sumą opadów 855,2 mm, zaznaczył się w Storkowie wysokimi średnimi stanami wód podziemnych. Dla punktów P4, P5, P6 średnie roczne stany były wyższe w stosunku do poprzedzającego siedmioletnia 2000-2006 o odpowiednio 7, 8 i 11 cm, a w porównaniu z rokiem poprzednim wyższe o odpowiednio 12, 14 i 21 cm. W żadnym z punktów pomiarowych nie zostały przekroczone stany minimalne ani maksymalne z poprzedzającego okres pomiarowy sześćdziesięciu lat (Szpikowska 2008).

W roku hydrologicznym 2007 sytuacja wilgotnościowa w zlewni „Pożary” układała się bardzo korzystnie. Wpłynęły na to wyższe od średniej opady oraz zahamowanie odpływu powierzchniowego będące wynikiem przetamowania Kanału Olszowieckiego przez bobry. Na podstawie porównania średnich stanów miesięcznych wody podziemnej występujących w poszczególnych piezometrach z wymaganiami wodnymi aktualnych zbiorowisk roślinnych występujących w tych miejscach stwierdzono, że w większości piezometrów przez większą część roku stany wody układały się na poziomie zbyt wysokim dla występującej tam roślinności. W roku 2007 zmienność stanów wody była zbliżona do przeciętnej (Olszewski, Wierzbicki i in. 2008).

Średnie przepływy wody w badanych ciekach zlewni reprezentatywnych (Struga Toruńska, górna Paręta, Czarna Hańcza, zlewnia Jeziora Łękuk) w roku hydrologicznym 2007 były zdecydowanie wyższe w porównaniu do roku poprzedniego, co wynikało z ponadnormatywnych opadów atmosferycznych.

Maksymalne wartości współczynnika odpływu notowano podobnie jak w latach wcześniejszych w miesiącach zimowych i wczesnowiosennych: w lutym, marcu i kwietniu, co spowodowane było głównie dużymi opadami atmosferycznymi, niewielkim parowaniem i w mniejszym stopniu topnieniem pokrywy śnieżnej.

3. Warunki hydrometeorologiczne

Znaczące odpływy zanotowano jeszcze w okresie lipiec-wrzesień (Struga Toruńska, zlewnia Jezioro Łęku) po dość obfitych opadach deszczu.

Warunki pogodowe występujące w roku hydrologicznym 2007 sprzyjały odbudowywaniu retencji gruntowej na badanych obszarach. Opady atmosferyczne wyższe od średniej z wielolecia 1994-2006, a co za tym idzie najczęściej podwyższenie się stanów wód powierzchniowych i podziemnych miało duże znaczenie dla funkcjonowania badanych geoekosystemów.

4. DEPOZYCJA ATMOSFERYCZNA

Jednym z podstawowych czynników, które mają wpływ na obieg materii w geoekosystemie jest depozycja atmosferyczna. Powietrze ulega silnemu zanieczyszczeniu. Związki powodujące zanieczyszczenia przenoszone są na znaczne odległości i są pochłaniane przez liczne komponenty środowiska przyrodniczego, a te z kolei są elementami składowymi różnych geoekosystemów.

Badania chemizmu powietrza prowadzone były w roku hydrologicznym 2007 na wszystkich Stacjach Bazowych. Dzięki temu możliwa była rejestracja stężeń dwutlenku siarki i dwutlenku azotu oraz porównanie wielkości stężeń wymienionych gazów między Stacjami Bazowymi.

Na stacji Puszcza Borecka w roku 2007 pomiary zanieczyszczeń powietrza prowadzono równolegle dwiema metodami: pasywną i manualną. Na stacji Św. Krzyż również zastosowano inną metodykę oprócz metody pasywnej. Pomiary zanieczyszczeń powietrza rejestrowane są automatycznie przy użyciu analizatorów firmy Horiba.

Na podstawie analizy stężeń dwutlenku siarki i dwutlenku azotu uzyskanych metodą pasywną, w poprzednich latach badawczych wyodrębniano dwie grupy stacji różniących się wielkością zanieczyszczeń powietrza. Pierwszą grupę stanowiły stacje zlokalizowane w Polsce północno-wschodniej: Puszcza Borecka i Wigry oraz stacja zlokalizowana na Pomorzu Zachodnim – Storkowo.

Tab. 10. Stężenia dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w latach 2006-2007 na Stacjach Bazowych (metoda pasywna) (wartości średnie roczne)

Stacja Bazowa	Dwutlenek siarki [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Dwutlenek azotu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	2006	2007	2006	2007
Koniczynka	4,4	2,2	15,9	14,3
Pożary	Bd (10,75)*	Bd (6,99)*	Bd (11,33)*	Bd (7,51)*
Puszcza Borecka	2,0	0,6	5,0	5,0
Storkowo	7,9	2,9	8,5	6,3
Szymbark	5,1	3,1	7,2	9,9
Św. Krzyż	5,2	2,5	6,5	9,9
Wigry	1,9	1,0	5,6	6,8

* wyniki uzyskane metodą automatyczną

4. Depozycja atmosferyczna

Drugą grupę stanowiły pozostałe cztery stacje, które notowały wielkości zanieczyszczeń powietrza znacznie przekraczające wartości notowane na stacjach z pierwszej grupy.

Pierwsza grupa stacji reprezentuje obszary charakteryzujące się niskim stopniem antropopresji. Stacje z drugiej grupy zlokalizowane są m. in. w pobliżu w dużych ośrodków miejskich (Pożary niedaleko Warszawy, Koniczynka blisko Torunia). W przypadku zlewni Strugi Toruńskiej mamy do czynienia także z prowadzeniem intensywnej gospodarki rolniczej na jej terenie. Innym czynnikiem zanieczyszczającym powietrze obok emitorów lokalnym są zanieczyszczenia transgraniczne pochodzące np. ze Słowacji. Taka sytuacja ma miejsce w Szymbarku.

Porównując zróżnicowanie przestrzenne dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w roku hydrologicznym 2007 (tab. 10.), zauważalna jest podobna tendencja jak w poprzednich latach. Najniższe stężenia omawianych zanieczyszczeń odnotowano na stacjach Wigry i Puszcza Borecka oraz Storkowo (w przypadku NO_2). W stosunku do roku wcześniejszego odnotowano spadek stężeń dwutlenku siarki na wszystkich Stacjach Bazowych. W przypadku stężeń dwutlenku azotu na trzech stacjach (Koniczynka, Pożary, Storkowo) zanotowano spadek wartości, w Puszczy Boreckiej stężenie NO_2 utrzymało się na tym samym poziomie, natomiast na pozostałych stacjach: Szymbark, Św. Krzyż, Wigry nastąpił wzrost stężeń analizowanego wskaźnika w roku hydrologicznym 2007.

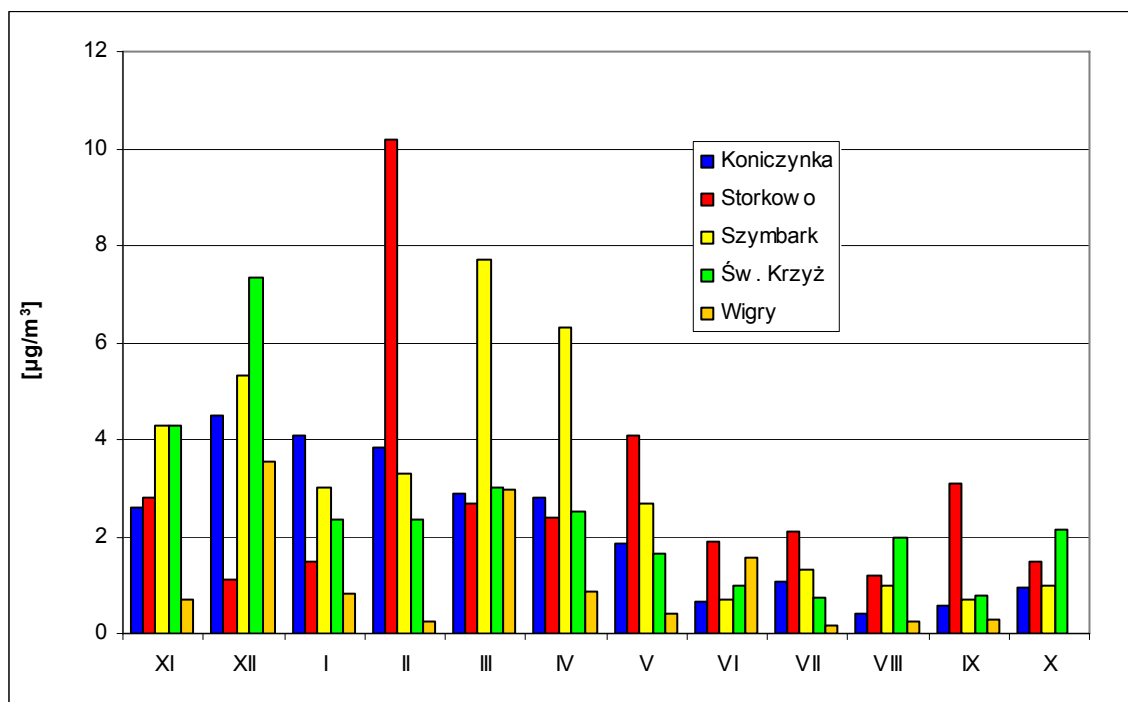
Analizując zmienność czasową stężeń dwutlenku siarki i dwutlenku azotu oraz S-SO_2 i N-NO_2 wyraźnie widać podobny rozkład stężeń na wszystkich Stacjach Bazowych (ryc. 6, 7, 8 i 9). Maksymalne stężenia zanieczyszczeń występują zimą co jest związane ze spalaniem paliw kopalnych. Z kolei minimalne wartości stężeń odnotowano latem.

W Koniczynie według metody pasywnej w 2007 r. średnie stężenie SO_2 wyniosło $2,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i było najniższe od momentu rozpoczęcia pomiarów pasywnych (Hildebrandt 2008).

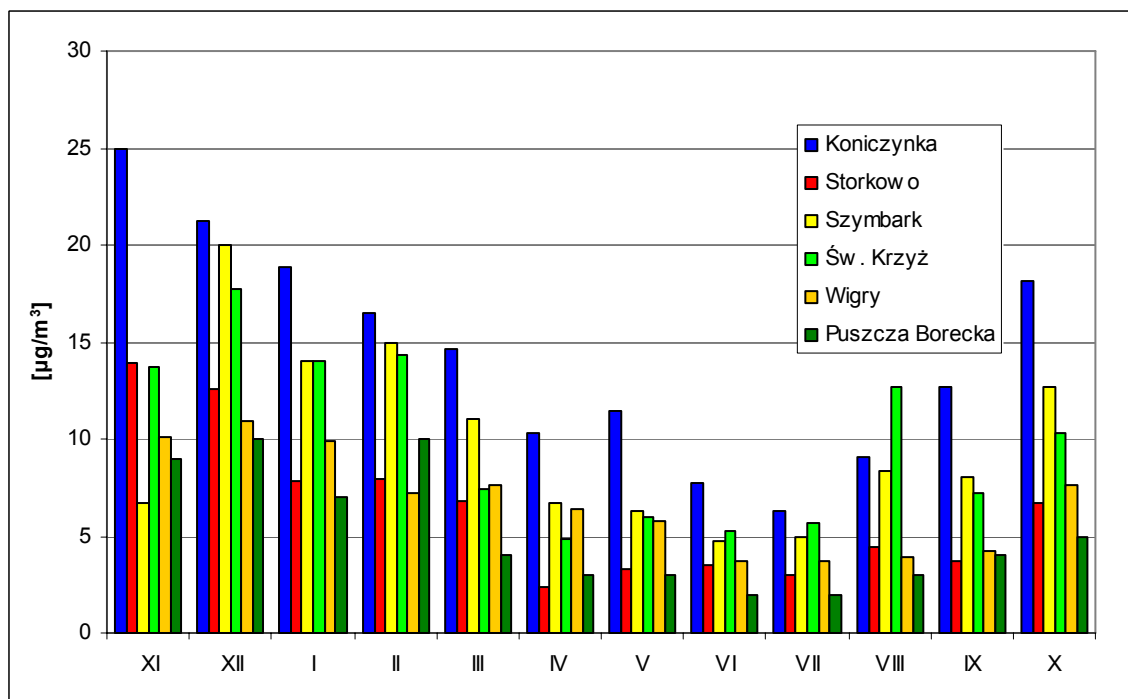
W Szymbarku w porównaniu ze średnimi obliczonymi dla wielolecia 1998-2007 uzyskane wartości są niższe dla S-SO_2 i wyższe dla N-NO_2 . Na średnie roczne stężenie S-SO_2 wpływa w decydującej mierze emisja zanieczyszczeń spowodowana opaleniem w okresie grzewczym w zabudowaniach położonych na obszarze zlewni badawczej Bystrzanki. Przebieg średnich miesięcznych stężeń SO_2 w 2007 r. na tle średnich miesięcznych w wieloleciu dobitnie to potwierdza. Z kolei tendencja wzrostowa NO_2 trudna jest do jednoznacznej interpretacji. Przedstawiany w raporcie za 2005 r. wpływ frekwencji wiatrów z poszczególnych kierunków na wielkość średnich miesięcznych stężeń tego zanieczyszczenia

4. Depozycja atmosferyczna

wskazywały na występowanie zanieczyszczeń transgranicznych. Nie bez znaczenia dla zmiany tendencji zanieczyszczeń po 2005 r. pozostał wzrost natężenia ruchu kołowego i liczby samochodów po przystąpieniu Polski do UE (Bochenek i in. 2008).

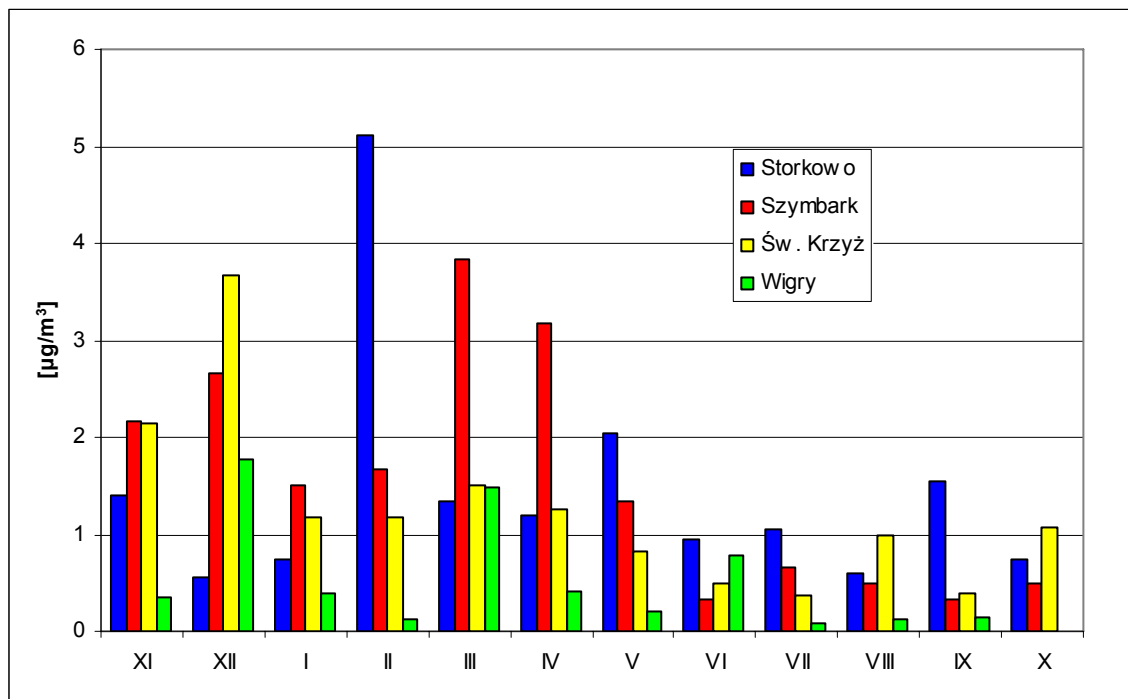


Ryc. 6. Rozkład miesięczny stężeń dwutlenku siarki na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 (metoda pasywna)

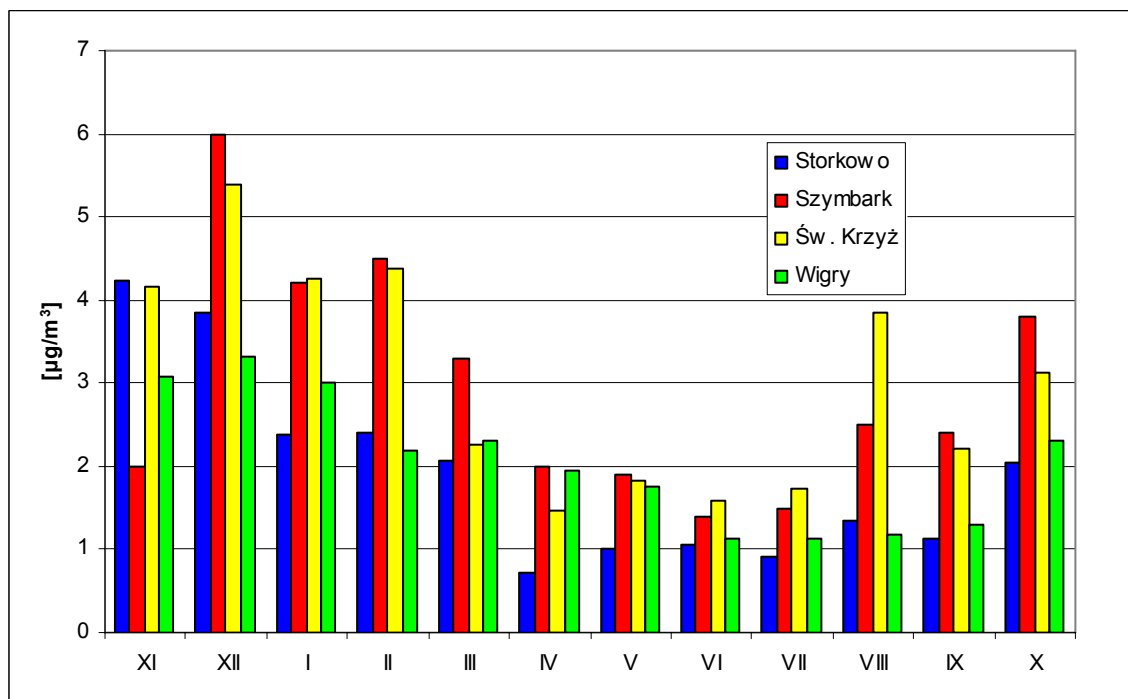


Ryc. 7. Rozkład miesięczny stężeń dwutlenku azotu na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 (metoda pasywna)

4. Depozycja atmosferyczna



Ryc. 8. Rozkład miesięczny stężeń S-SO₂ na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 (metoda pasywna)



Ryc. 9. Rozkład miesięczny stężeń N-NO₂ na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007 (metoda pasywna)

4. Depozycja atmosferyczna

Z jeszcze inną sytuacją mamy do czynienia w zlewni górnej Parsęty. Przebieg miesięcznych wartości stężeń tlenków siarki i azotu w powietrzu jest w roku 2007 podobny jak w latach 2005 i 2006. W żadnym miesiącu w okresie od listopada 2006 do grudnia 2007 nie doszło do przekroczenia dopuszczalnych stężeń miesięcznych dwutlenku siarki i dwutlenku azotu. Średnie roczne stężenia S-SO₂ i N-NO₂ były w roku 2007 niższe niż w roku 2006 (Szpikowski 2008).

Średnie stężenie S-SO₂ dla roku hydrologicznego w zlewni Czarnej Hańczy wynosiło 0,49 µg/m³ i było prawie dwukrotnie niższe od wartości z roku poprzedniego (Krzysztofiak i in. 2008).

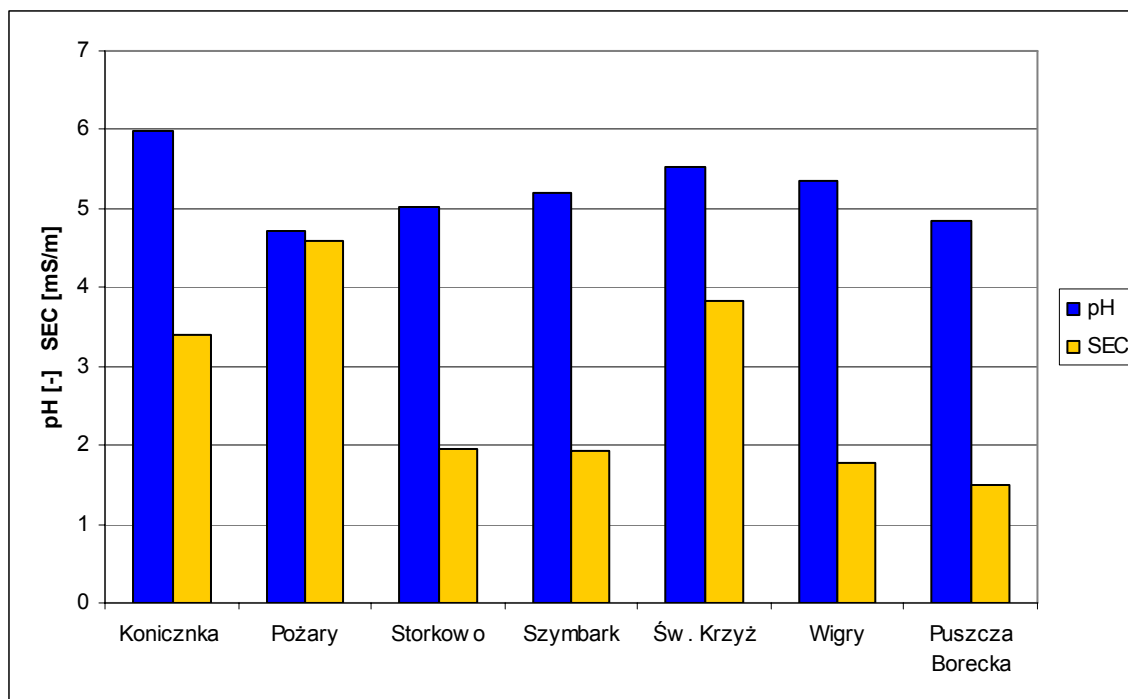
W zlewni Jeziora Łękuk pod względem stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego rok 2007 charakteryzował się wystąpieniem najmniejszych lub zbliżonych do najmniejszych wartości średnich rocznych stężeń badanych składników. Tym samym stężenia średnie roczne dwutlenku siarki osiągnęły wartości najmniejsze w okresie prowadzenia pomiarów na Stacji. W przypadku dwutlenku azotu została zahamowana tendencja spadkowa, odnotowano wzrost średniego rocznego stężenia NO₂ o 22% (Śniezek i in. 2008).

W roku hydrologicznym 2007 program C1 „Chemizm opadów atmosferycznych” był realizowany poprzez monitoring depozycji całkowitej, polegający na eksponowaniu kolektorów przez całą dobę niezależnie od tego czy wystąpił opad czy też nie oraz przez monitoring depozycji mokrej z wykorzystaniem kolektorów mokrego opady firmy Eigenbrodt.

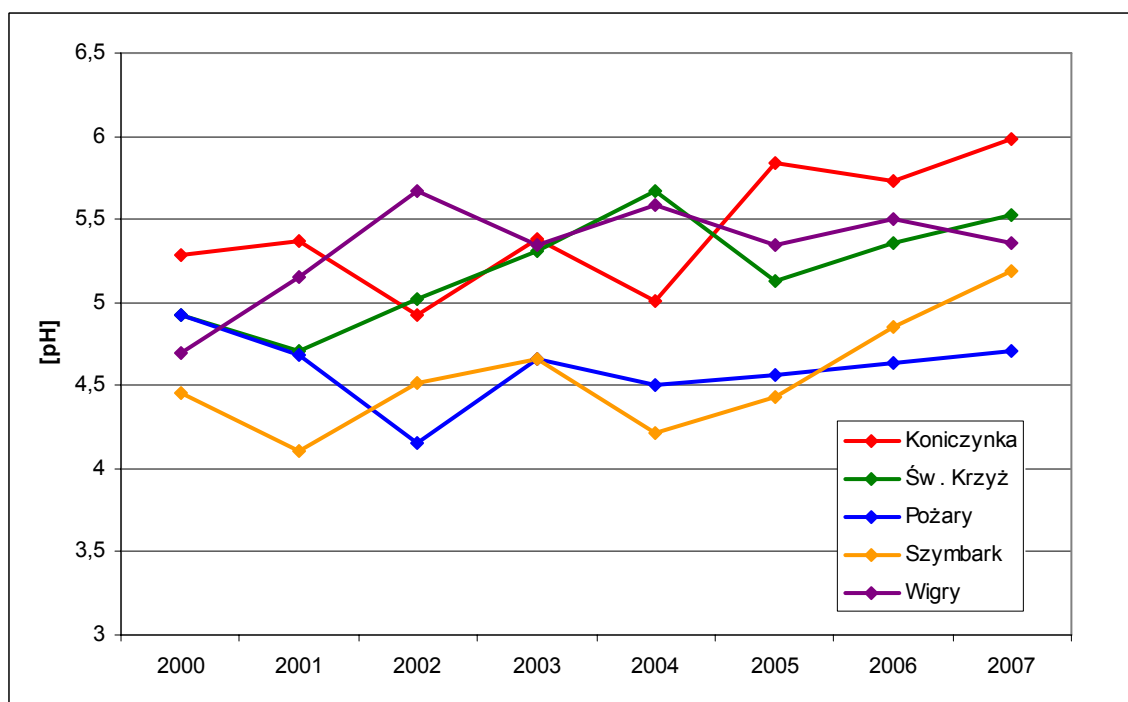
Warunki meteorologiczne oraz zanieczyszczenia powietrza w głównej mierze kształtują skład chemiczny opadów atmosferycznych. Rok hydrologiczny 2007 był rokiem wyjątkowo ciepłym i wilgotnym, jednak nie odnotowano istotnych anomalii pogodowych. Wszystkie wymienione czynniki miały wpływ na wielkość dostawy substancji rozpuszczonych do badanych geoekosystemów.

Jednym z najistotniejszych elementów charakteryzujących opady atmosferyczne na otwartych przestrzeniach jest odczyn, który jest wskaźnikiem opisującym równowagę kwasowo-zasadową pomiędzy rozpuszczonymi i zdysocjowanymi składnikami wody i jest ściśle zależny o ilości zanieczyszczeń pyłowych i gazowych zawartych w powietrzu (Kruszyk 2006).

4. Depozycja atmosferyczna



Ryc. 10. Średnie ważone roczne pH i przewodności elektrolitycznej właściwej opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2007



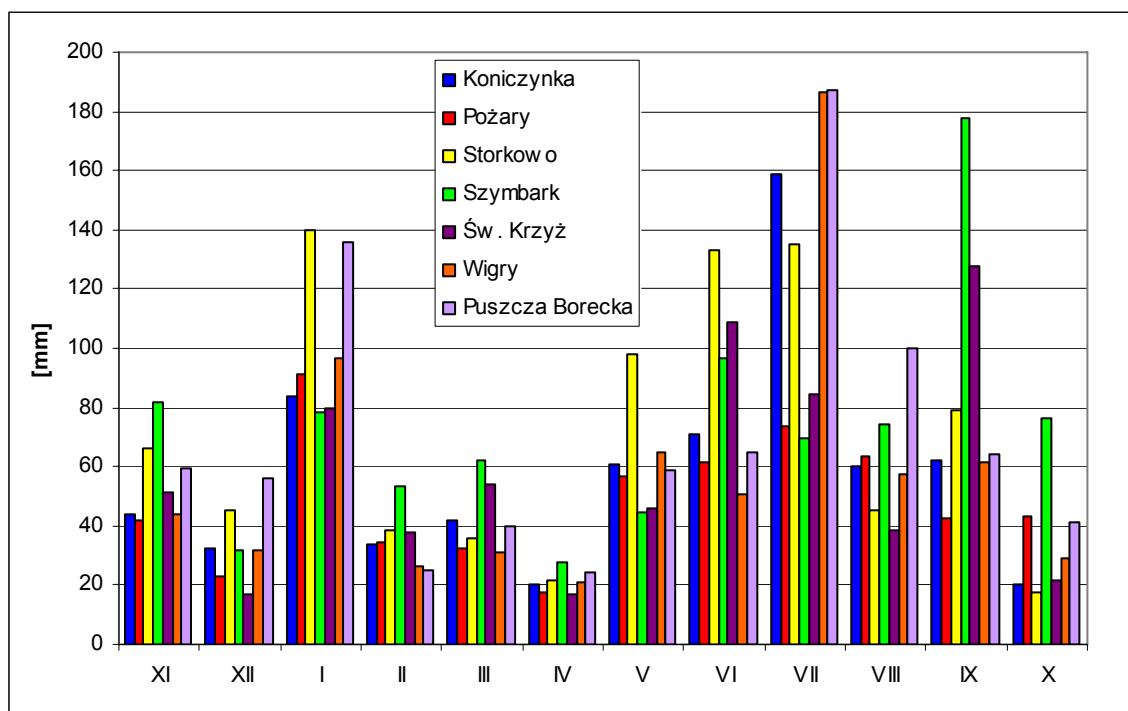
Ryc. 11. Rozkład pH opadów atmosferycznych w latach hydrologicznych 2000-2007 dla wybranych stacji

4. Depozycja atmosferyczna

Wartości odczynu opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2007 na poszczególnych Stacjach Bazowych kształtowały się na podobnym poziomie i mieściły się w przedziale od 4,71 do 5,98 jednostki pH (ryc. 10.).

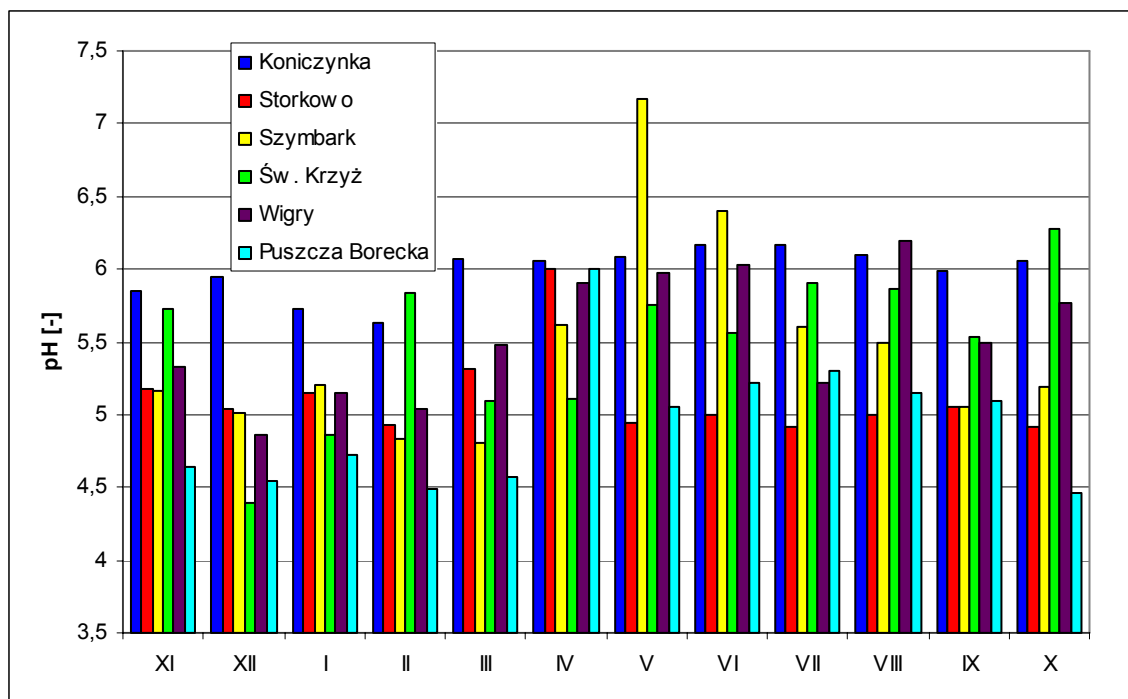
Analizując z kolei zmienność czasową odczynu w kilku ostatnich latach na wybranych stacjach zauważalny jest niewielki trend wzrastający pH (Koniczynka, Pożary, Św. Krzyż, Szymbark). Jedynie w przypadku Wigier wystąpił niewielki spadek odczynu, pomimo lokalizacji stacji z dala od źródeł emisji zanieczyszczeń (ryc. 11.).

Zmienność czasowa odczynu w cyklu rocznym wykazuje podobną tendencję jak w roku 2006. Obniżone wartości odczynu występują najczęściej w miesiącach zimowych, natomiast podwyższone w okresie letnim (ryc. 13.). Szczególnie widoczny letni wzrost wystąpił w Szymbarku, Wigrach i w Puszczy Boreckiej. W Koniczynie, Storkowie i na Św. Krzyżu wielkość odczynu utrzymywała się na zbliżonym poziomie przez cały rok hydrologiczny. Skrajne, średnie, miesięczne wartości mieściły się w przedziale od 4,4 do 7,17 pH.

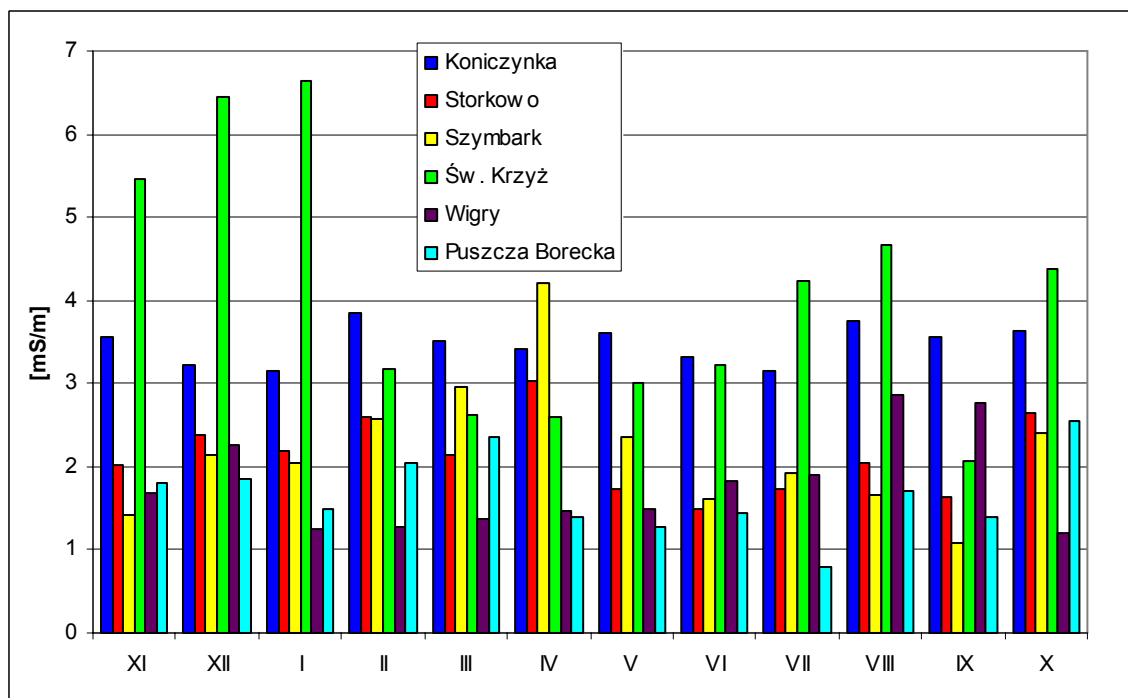


Ryc. 12. Rozkład czasowy opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2007 na wybranych Stacjach Bazowych

4. Depozycja atmosferyczna



Ryc. 13. Rozkład czasowy odczynu w roku hydrologicznym 2007 na wybranych Stacjach Bazowych



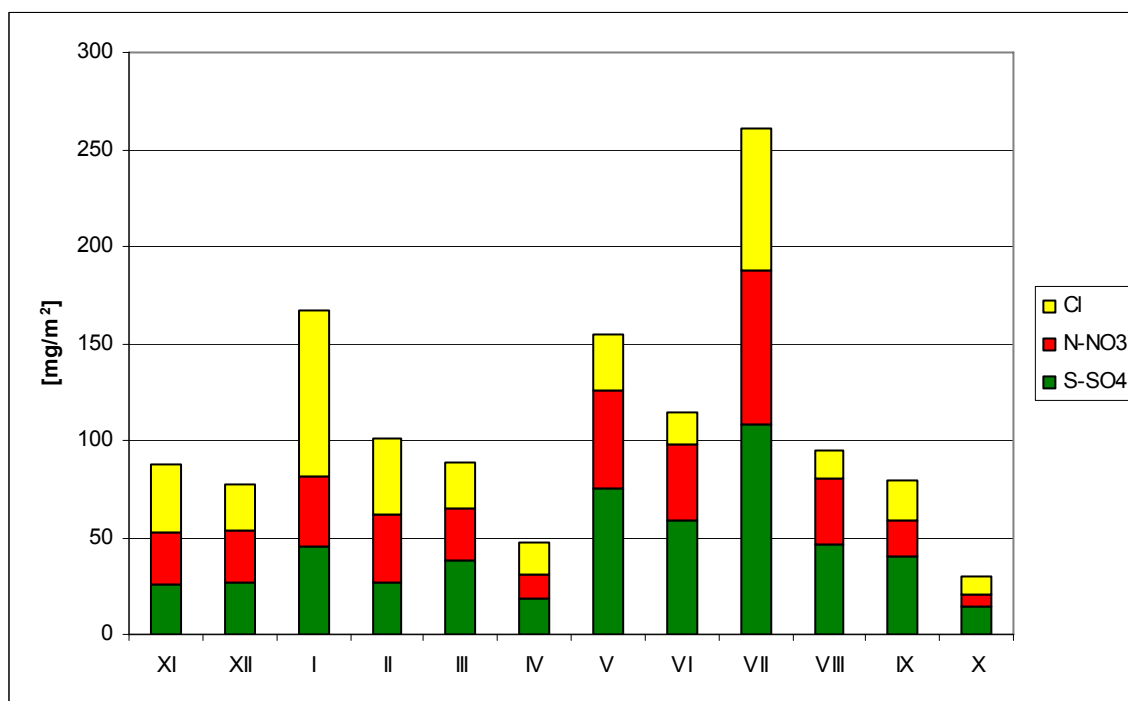
Ryc. 14. Rozkład czasowy przewodności elektrolitycznej właściwej w roku hydrologicznym 2007 na wybranych Stacjach Bazowych

4. Depozycja atmosferyczna

Wartości średnie, miesięczne przewodności elektrolitycznej właściwej w ubiegłym roku mieściły się w przedziale od wartości niewielkich (0,80 mS/m w Puszczy Boreckiej) do wartości bardzo wysokich (6,64 mS/m na Św. Krzyżu). Nie zaobserwowano stałej tendencji rocznej, jednak w kilku przypadkach zauważalne są wyższe wartości przewodności w okresie zimowym, a niższe w ciepłym półroczu (Św. Krzyż, Szymbark, Storkowo) (ryc. 14.). Podobna sytuacja miała miejsce w latach wcześniejszych 2004-2006. Podwyższone wartości SEC w zimnej porze roku należy wiązać z mniejszymi opadami atmosferycznymi i większym poziomem zanieczyszczeń powietrza, które wywołane są m. in. spalaniem paliw kopalnych. Mineralizacja osiągnęła najniższe wartości w lipcu i wrześniu, kiedy wystąpiły większe sumy opadów (ryc. 12.).

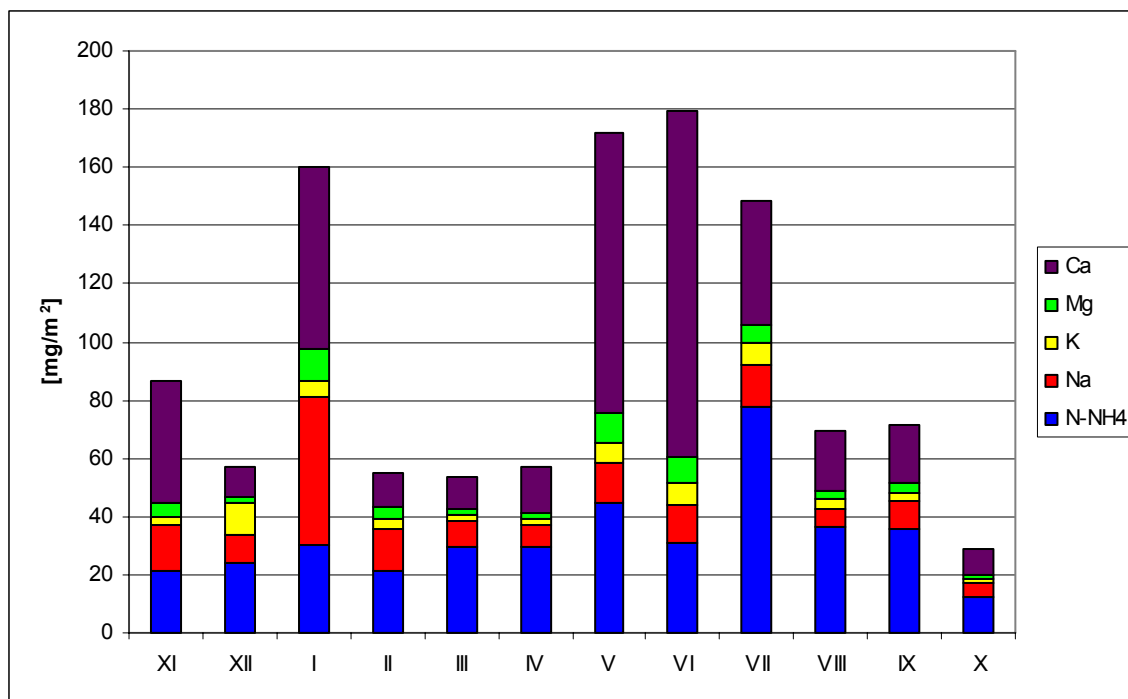
Szczególnie istotnym elementem dla funkcjonowania geoekosystemów jest struktura i wielkość depozycji atmosferycznej (ryc. 15a – 19).

Rok 2007 był rokiem wilgotnym, co uwidoczniło w wielkości rocznej depozycji atmosferycznej. Analizując jej zróżnicowanie przestrzenne na poszczególnych Stacjach Bazowych widoczna jest spora dysproporcja.

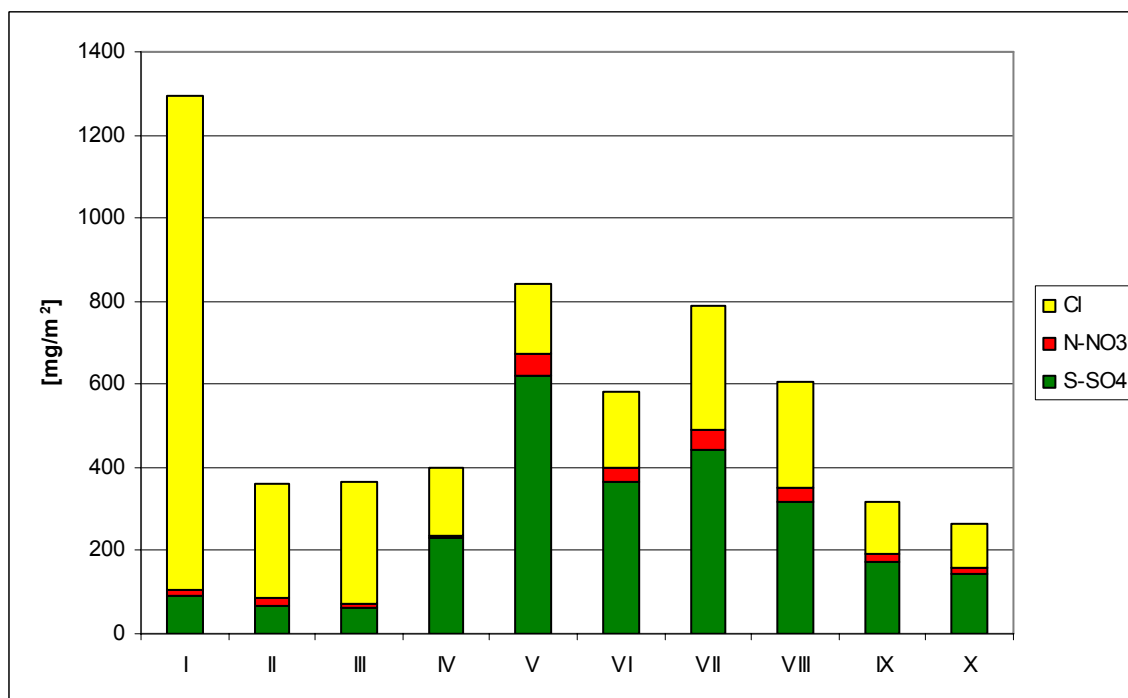


Ryc. 15a. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Strugi Toruńskiej

4. Depozycja atmosferyczna

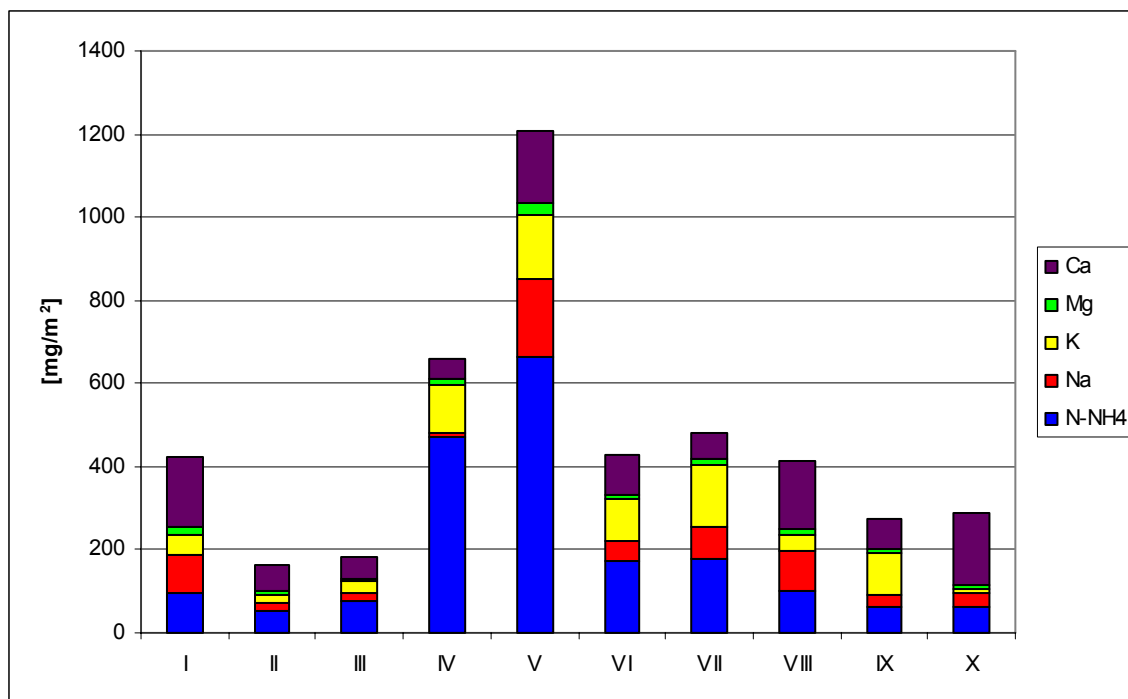


Ryc. 15b. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Strugi Toruńskiej

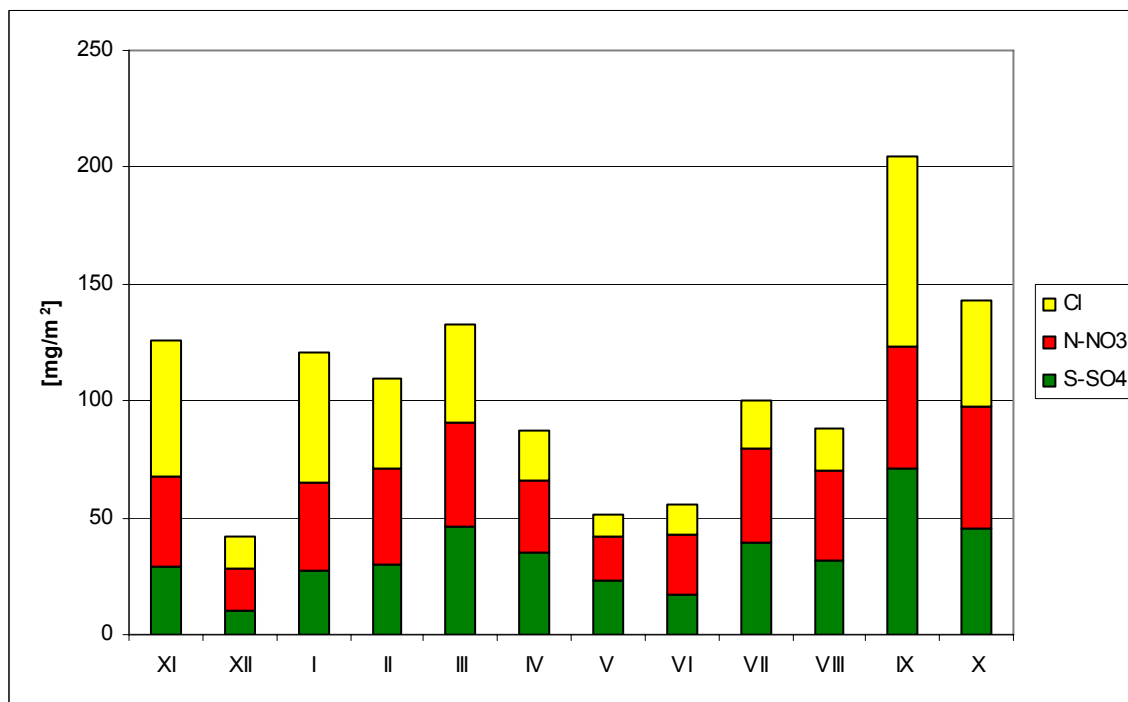


Ryc. 16a. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Kanalu Olszowieckiego

4. Depozycja atmosferyczna

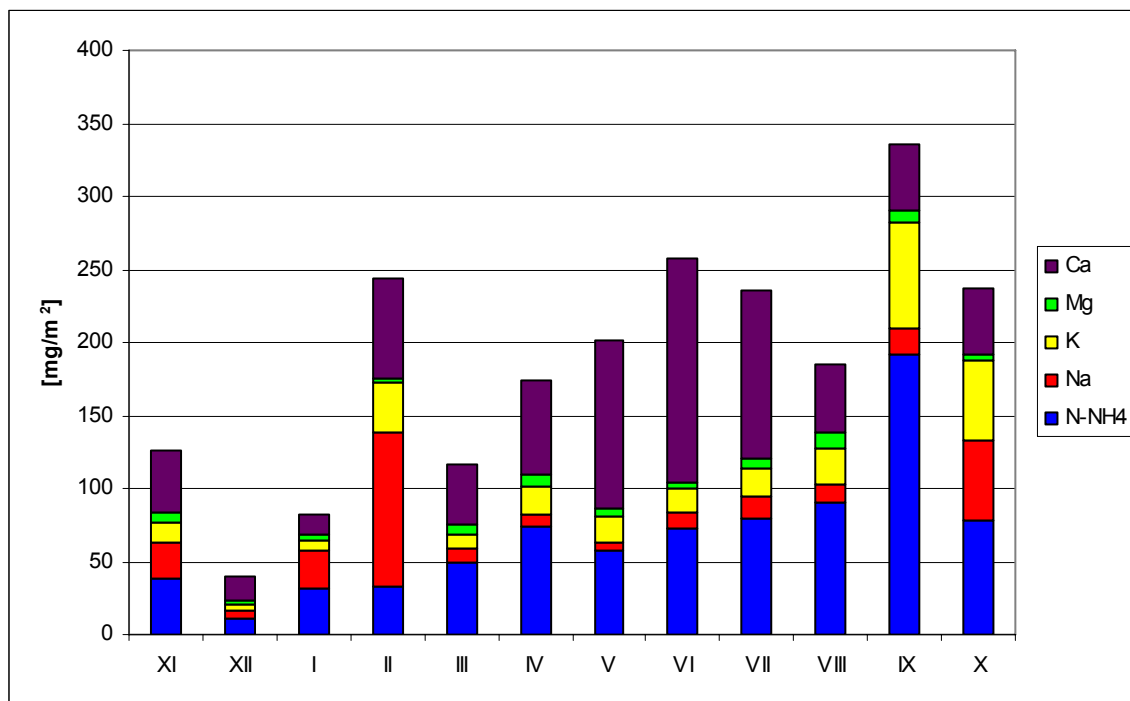


Ryc. 16b. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Kanalu Olszowieckiego

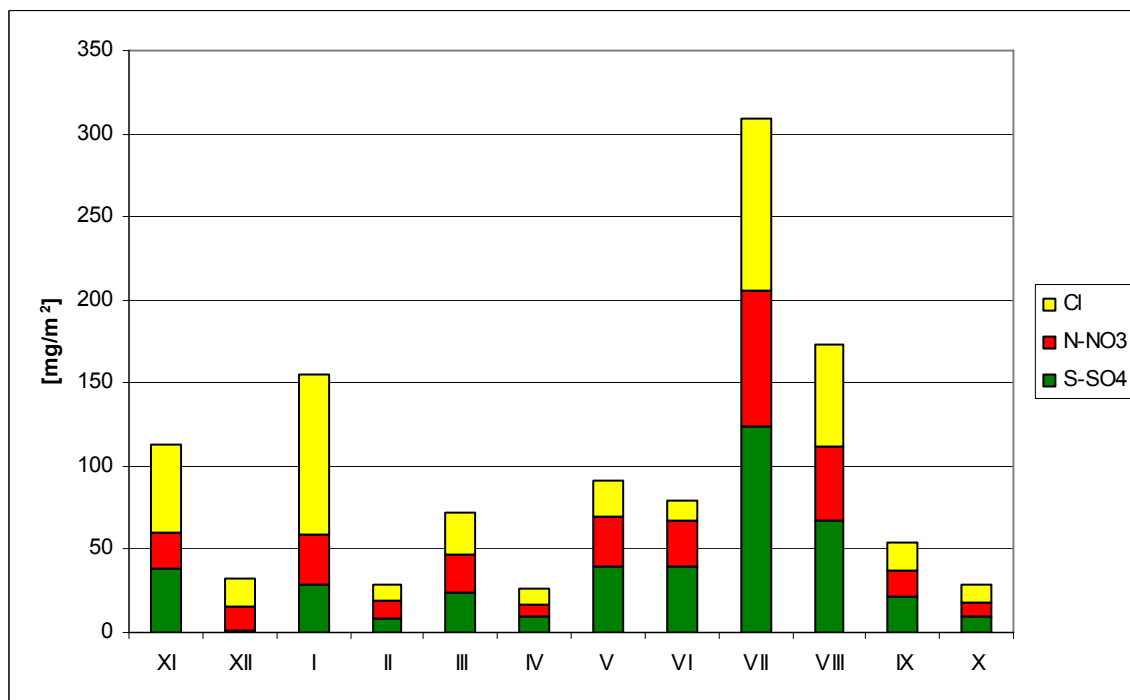


Ryc. 17a. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Bystrzanki

4. Depozycja atmosferyczna

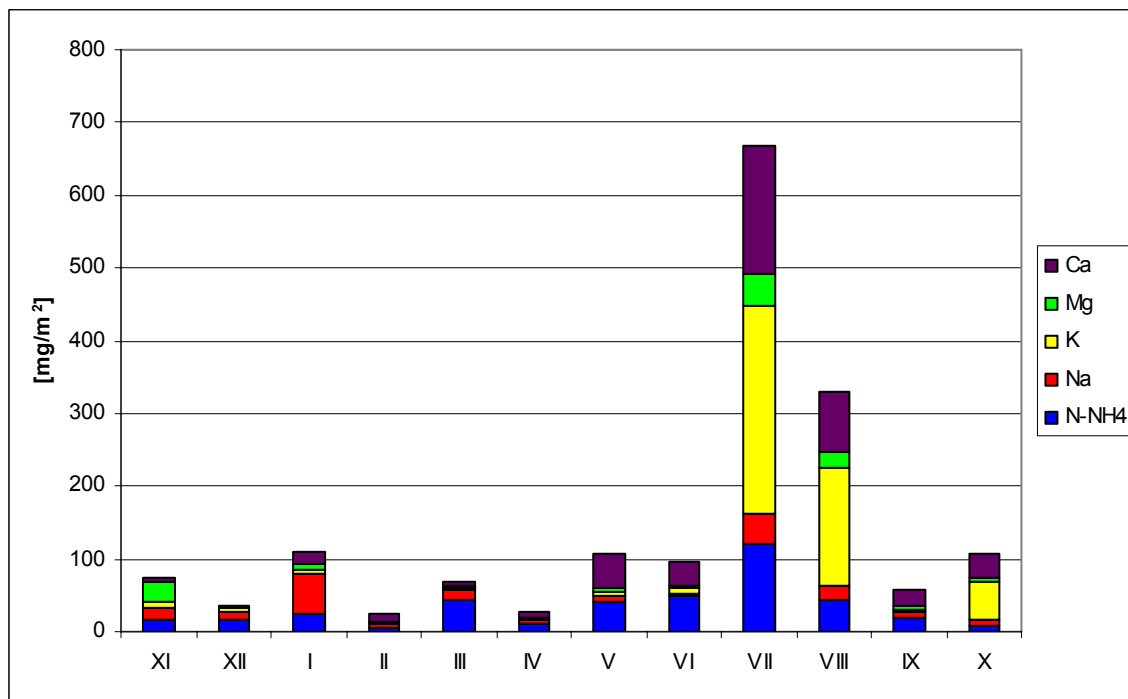


Ryc. 17b. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Bystrzanki

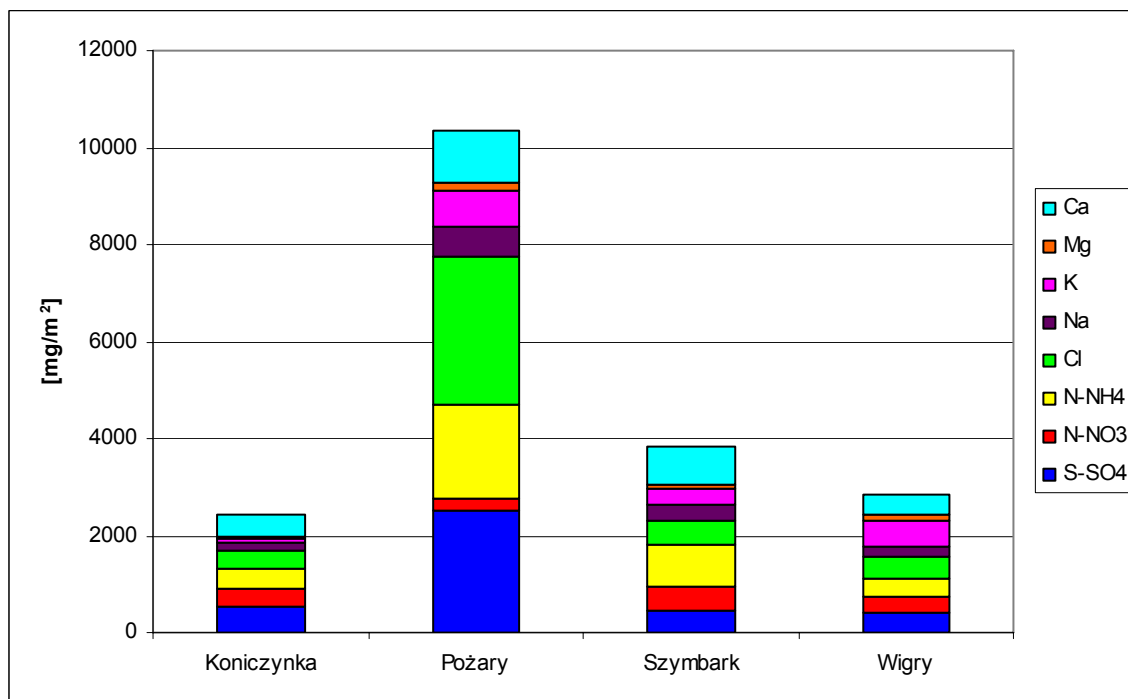


Ryc. 18a. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Czarnej Hańczy

4. Depozycja atmosferyczna



Ryc. 18b. Miesięczny rozkład depozycji atmosferycznej w zlewni Czarnej Hańczy



Ryc. 19. Wielkość rocznej depozycji atmosferycznej na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007

4. Depozycja atmosferyczna

Szczególnie wyróżnia się stacja Pożary, która charakteryzuje się najwyższą wartością rocznej depozycji atmosferycznej (ryc. 19.). Odmienna sytuacja ma miejsce w przypadku Koniczynki, która również zlokalizowana jest w pobliżu dużej aglomeracji miejskiej. Na trzech stacjach (Pożary, Szymbark, Wigry) odnotowano przyrost rocznej depozycji atmosferycznej w stosunku do roku poprzedniego, przy czym najbardziej widoczny wzrost wystąpił w zlewniach Kanału Olszowieckiego i Czarnej Hańczy. Decydujące znaczenie na taki rozkład depozycji atmosferycznej mają roczne sumy opadów i wysoka mineralizacja wód opadowych.

Analiza zmienności czasowej depozycji pozwala wydzielić półrocze letnie jako okres zwiększonego dopływu substancji rozpuszczonych z opadem atmosferycznym. Tendencja taka jest widoczna na wszystkich Stacjach Bazowych i skorelowana jest z letnim maksimum opadowym przypadającym na miesiące, w których odnotowano wyższe wartości depozycji atmosferycznej.

5. PRZEPŁYW MATERII W PROFILU: ATMOSFERA – ROŚLINNOŚĆ – GLEBA

Pomiary chemizmu opadu podkoronowego prowadzone były w roku hydrologicznym 2007 na 6 Stacjach Bazowych, a spływu po pniach na 4 stacjach w różnych składach gatunkowych drzewostanów: Puszcza Borecka (świerk, grab, dąb), Pożary (sosna), Storkowo (sosna, dąb), Szymbark (grab, świerk), Św. Krzyż (buk, jodła), Wigry (świerk, sosna).

W strefie klimatu umiarkowanego roślinność wywiera duży wpływ na obieg wody oraz cykle biogeochemiczne pierwiastków. Roślinność odgrywa dużą rolę szczególnie na obszarach narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza. Z jednej strony stanowi filtr dla zanieczyszczeń dlatego ładunek jonów docierający z opadem do gleby pod koronami drzew jest większy niż na terenie otwartym. Z drugiej strony roślinność pobiera z opadów niektóre jony (H^+ , NO_3^- , NH_4^+), lub wydala np. kwasy organiczne, przeciwdziałając lub intensyfikując procesy zakwaszania wód opadowych (Kruszyk 2006).

Opad atmosferyczny przechodzący przez strefy koron drzew ulega nie tylko zmianom jakościowym, ale również ilościowym. Zmienia się ilość wody i czas jej dotarcia do podłoża.

Na Św. Krzyżu ilość opadu przenikającego przez drzewostan jodłowo-bukowy w 2007 roku wynosiła 590,1 mm, co stanowi 86,3% opadu bezpośredniego. W drzewostanie bukowym odpowiednio 633,8 mm (92,6%). Średni opad podkoronowy w drzewostanie jodłowo-bukowym w latach 2000-2007 wynosił 512,4 mm a w bukowym 519,8 mm. Uzyskane wartości należą do najwyższych spośród zanotowanych w latach 2000-2007. Przyczyną takiego stanu były m.in. utrzymujące się wysokie wartości wilgotności powietrza, osiągając od listopada do lutego średnie miesięczne wartości powyżej 90% (Jóźwiak i in. 2008).

W zlewni Czarnej Hańczy w poszczególnych miesiącach korony drzew zatrzymywały od 23,5 (marzec) do 94,7% (grudzień) wód opadowych. Im mniejsze były opady, tym więcej pozostawało ich w koronach drzew (Krzysztofiak i in. 2008).

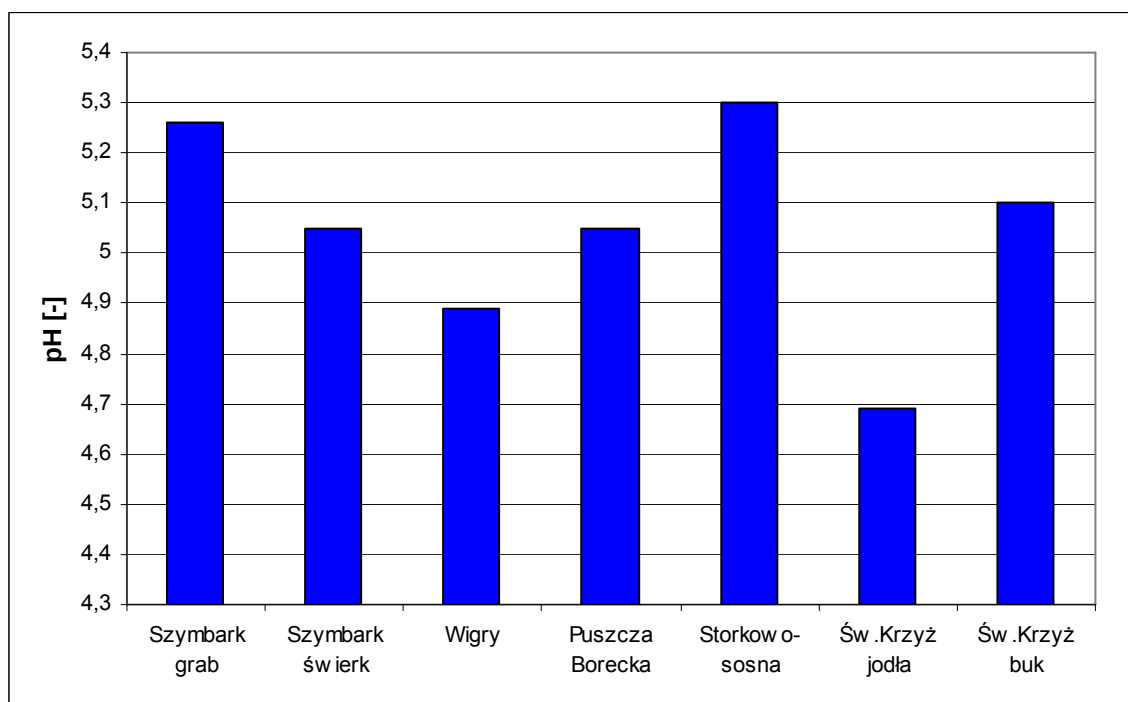
Z kolei w zlewni Jeziora Łękuk roczna suma opadów podkoronowych stanowiła 74% opadu odnotowanego na otwartej przestrzeni, a przebieg sum miesięcznych nie odbiegał od przebiegu na otwartej przestrzeni (Śniezek i in. 2008).

Jeszcze inne wartości odnotowano w zlewni Bystrzanki, gdzie roczny wskaźnik opadu pod koronami graba wyniósł 485,0 mm (55,5 % opadu bezpośredniego), a pod koronami świerka 409,9 mm (46,9% opadu bezpośredniego). Najwyższe miesięczne sumy wystąpiły we wrześniu, miesiącu o najwyższej w ciągu roku miesięcznej sumie opadu, i wyniosły: pod

grabem 100,6 mm, a pod świerkiem – 108,7 mm, stanowiąc odpowiednio 57 i 61% miesięcznej sumy opadu atmosferycznego (Bochenek i in. 2008).

Analizując średnie ważone roczne odczynu opadu podkoronowego zauważa się nieco inną tendencję niż to miało miejsce w roku 2005 i podobną jak w ubiegłym roku hydrologicznym. W 2005 roku na wszystkich stacjach Bazowych pH opadu podkoronowego było niższe od opadu na terenie otwartym.

W roku hydrologicznym 2007 w przypadku dwóch stacji Św. Krzyża i Wigier odnotowano pH opadu podkoronowego niższe od opadu na otwartej przestrzeni. Na Św. Krzyżu średnia roczna wartość odczynu opadu bezpośredniego wyniosła 5,52, a podkoronowego w drzewostanie bukowym 4,69 pH i w drzewostanie jodłowo-bukowym 5,10 pH. W zlewni Czarnej Hańczy różnica ta kształtowała się od wartości 5,36 pH na terenie otwartym do 4,89 pH pod okapem drzew.



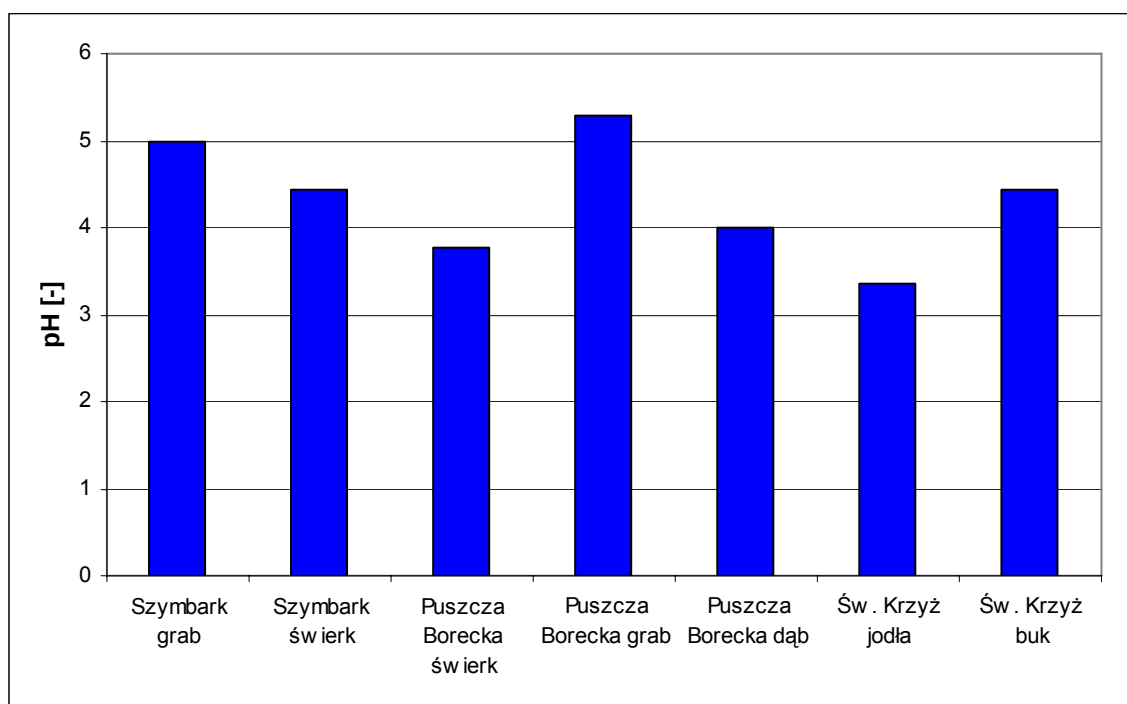
Ryc. 20. Średnie ważone roczne pH opadu podkoronowego

W przypadku dwóch pozostałych stacji odnotowano sytuację odwrotną, polegającą na wyższych wartościach odczynu opadu podkoronowego niż na terenie otwartym. Wartości te kształtowały się następująco: Storkowo – 5,03 pH (teren otwarty); 5,30 pH (opad podkoronowy); Puszcza Borecka – 4,84 pH (teren otwarty); 5,05 (opad podkoronowy). W przypadku stacji w Szymbarku odczyn na terenie otwartym osiągnął wartość 5,19 pH. Pod

drzewostanem grabowym odczyn był wyższy niż na terenie otwartym i osiągnął wartość 5,26 pH, a pod drzewostanem świerkowym był niższy - 5,05 pH. Średnie ważone roczne odczynu opadu podkoronowego w różnych typach gatunkowych drzewostanów na wybranych Stacjach Bazowych przedstawiono na rycinie 20.

Opad atmosferyczny po przejściu przez strefę koron drzew ulega dalszemu zakwaszaniu. Znacznie bardziej kwaśne od opadu podkoronowego są wody spływające po pniach drzew. Średnie roczne ważone odczynu tych wód są niższe od pH opadu podkoronowego od 0,26 do 1,33 jednostki pH. Wyjątek stanowią wody spływające po pniach graba w Puszczy Boreckiej, które w skali roku są wyższe o 0,23 jednostki pH od opadu podkoronowego. Wartości te dla różnych typów gatunkowych drzewostanów na wybranych Stacjach Bazowych przedstawiono na rycinie 21.

Rozpatrując zmienność sezonową odczynu opadu podkoronowego zaznacza się dysproporcja między półroczem zimowym i letnim (ryc. 24, 26 i 28). Zimą odnotowano najniższe wartości odczynu, czyli wystąpiła taka sama sytuacja jak w przypadku odczynu opadów na terenie otwartym. Zasadniczym czynnikiem decydującym o kwasowości wód przenikających przez strefy koron drzew jest depozycja atmosferyczna. Maksymalne wartości stężeń związków siarki i azotu odnotowuje się w powietrzu w miesiącach zimowych.

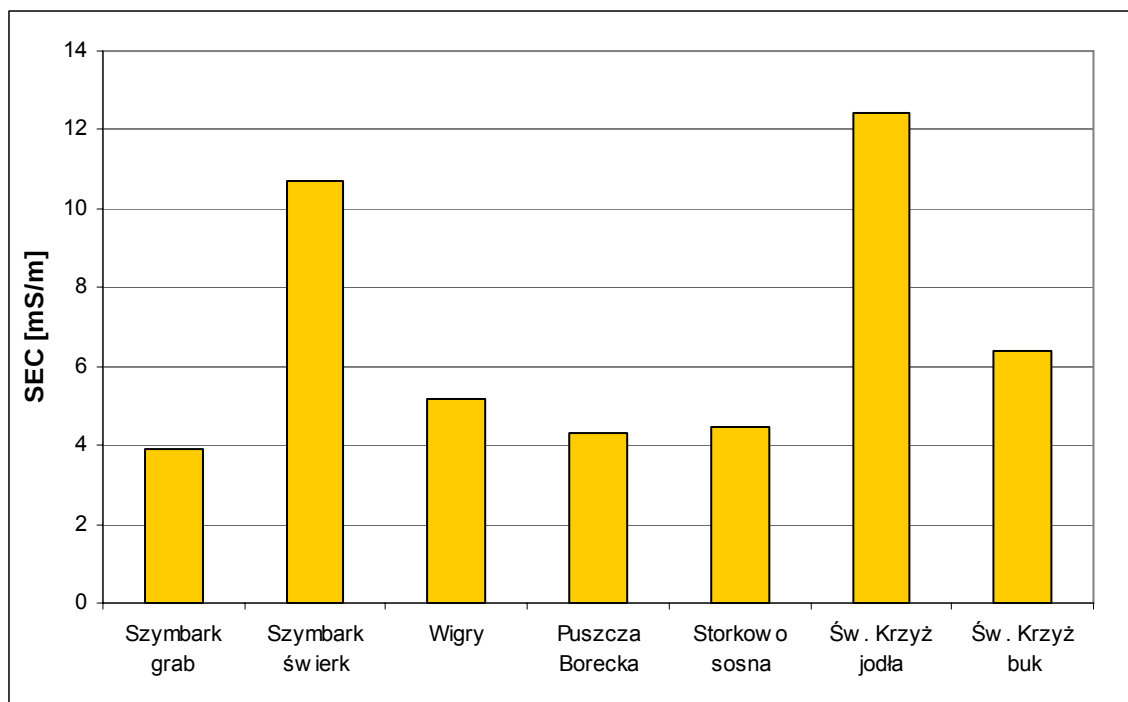


Ryc. 21. Średnie ważone roczne pH spływu po pniach

Wskaźnikiem ilości związków rozpuszczonych w wodzie jest przewodność elektrolityczna. Opad atmosferyczny po przejściu przez strefy koron drzew ulega transformacji i jest wzbogacany w związki chemiczne, które powodują wzrost konduktancji. Średnie ważone roczne przewodności elektrolitycznej właściwej są bardzo zróżnicowane i wyższe niż na terenie otwartym. Kształtują się od wartości 3,93 mS/m pod grabem w Szymbarku do wartości 12,45 mS/m w drzewostanie jodłowym na Św. Krzyżu (ryc. 22.).

Zauważa się prawidłowość polegającą na wystąpieniu wyższych wartości konduktancji pod koronami drzew iglastych (Szymbark – świerk 10,7 mS/m; Św. Krzyż – jodła 12,45 mS/m) niż pod drzewami liściastymi (Szymbark - grab 3,93 mS/m; Św. Krzyż – buk 6,37 mS/m).

Wody spływające po pniach drzew charakteryzują się jeszcze wyższą konduktancją niż pod koronami (ryc. 23.). Różnica ta jest kilkukrotna i spowodowana głównie zateżeniem roztworów w wyniku intercepcji oraz wypłukiwaniem aerozoli osadzonych w wyniku depozycji suchej na powierzchni drzew.

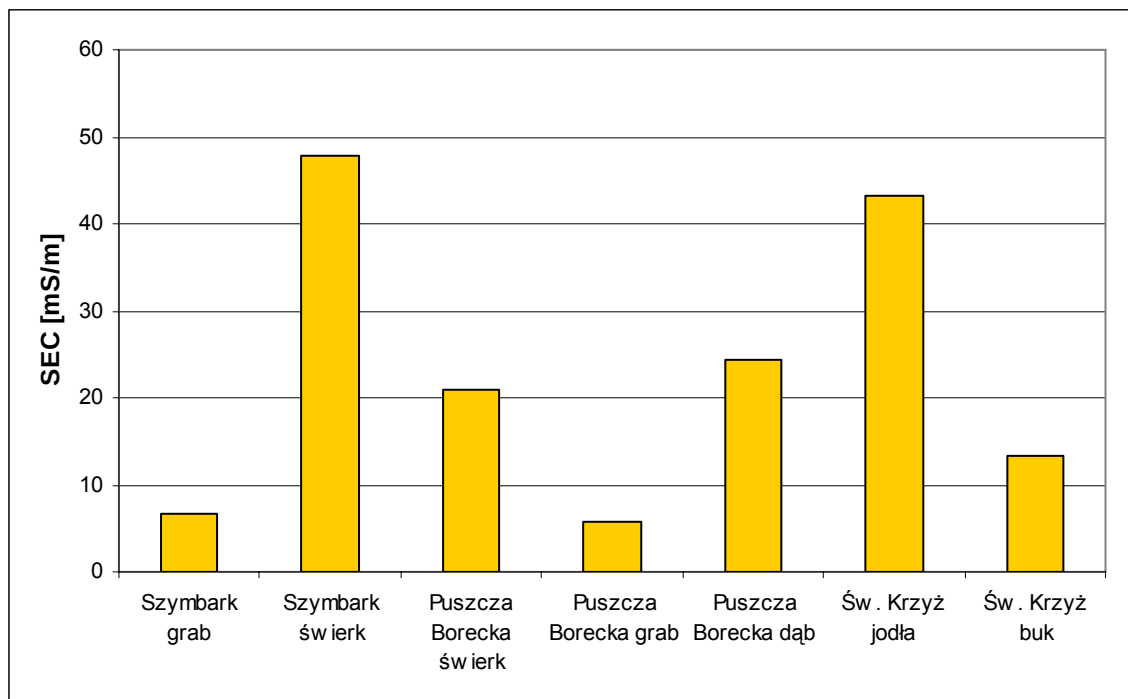


Ryc. 22. Średnie ważone roczne przewodności elektrolitycznej właściwej (SEC) opadu podkoronowego

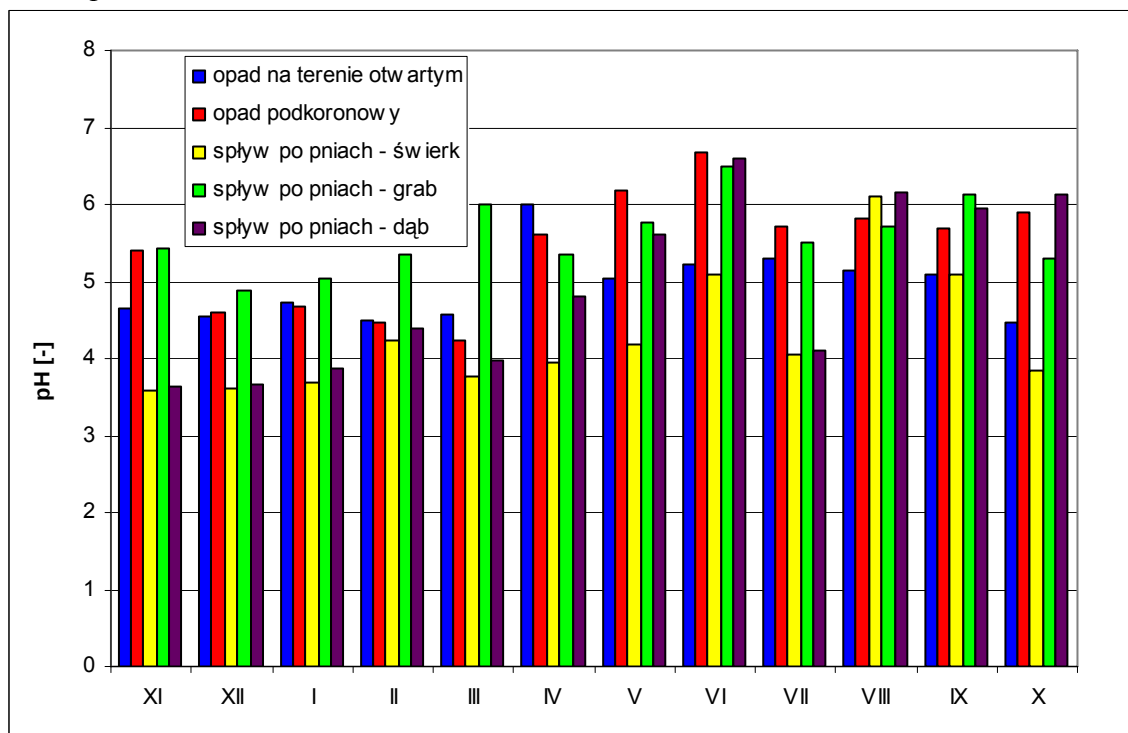
Analizując zmienność sezonową konduktancji w opadzie podkoronowym i w wodach spływających po pniach nie zaobserwowano stałej tendencji rocznej, jednak w kilku

5. Przepływ materii w profilu: atmosfera – roślinność – gleba

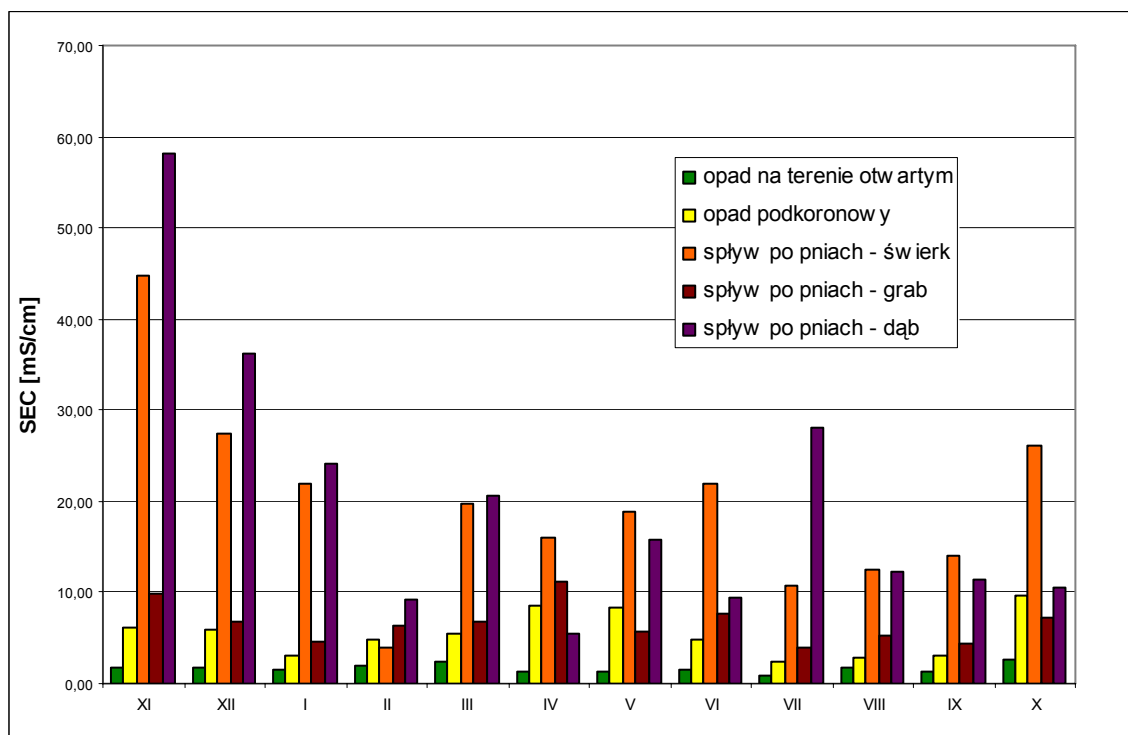
przypadkach zauważalne są wyższe wartości przewodności w okresie zimowym, a niższe w ciepłym półroczu (ryc. 25, 27 i 29.). Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku opadów na terenie otwartym.



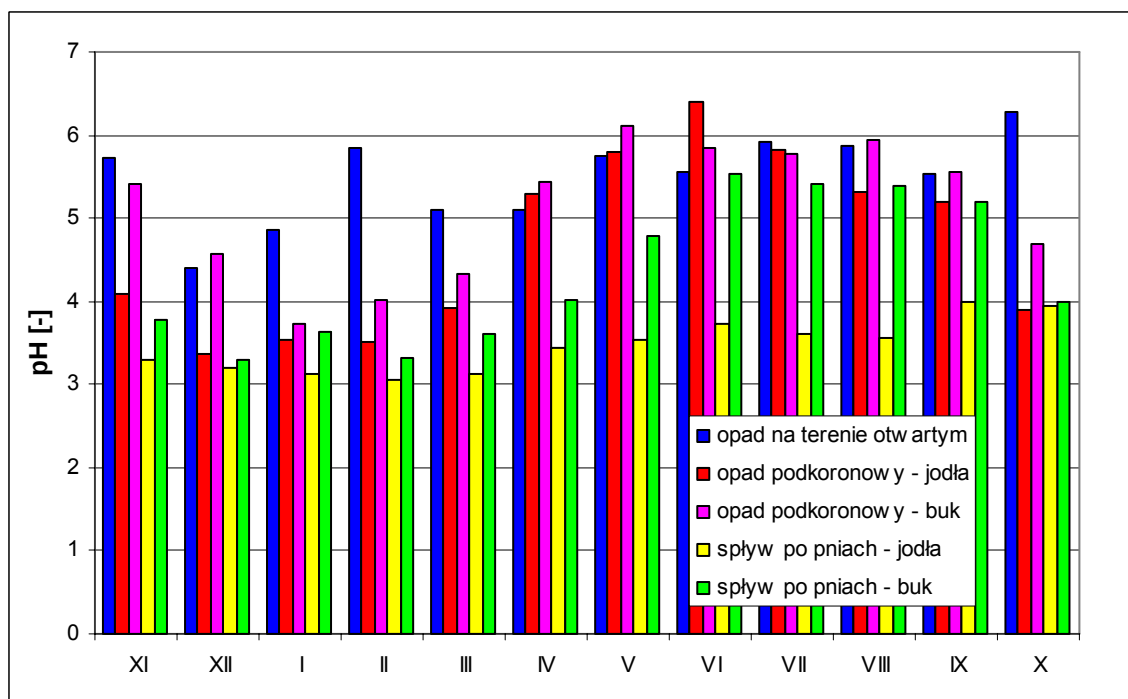
Ryc. 23. Średnie ważone roczne przewodności elektrolitycznej właściwej (SEC) spływu po pniach



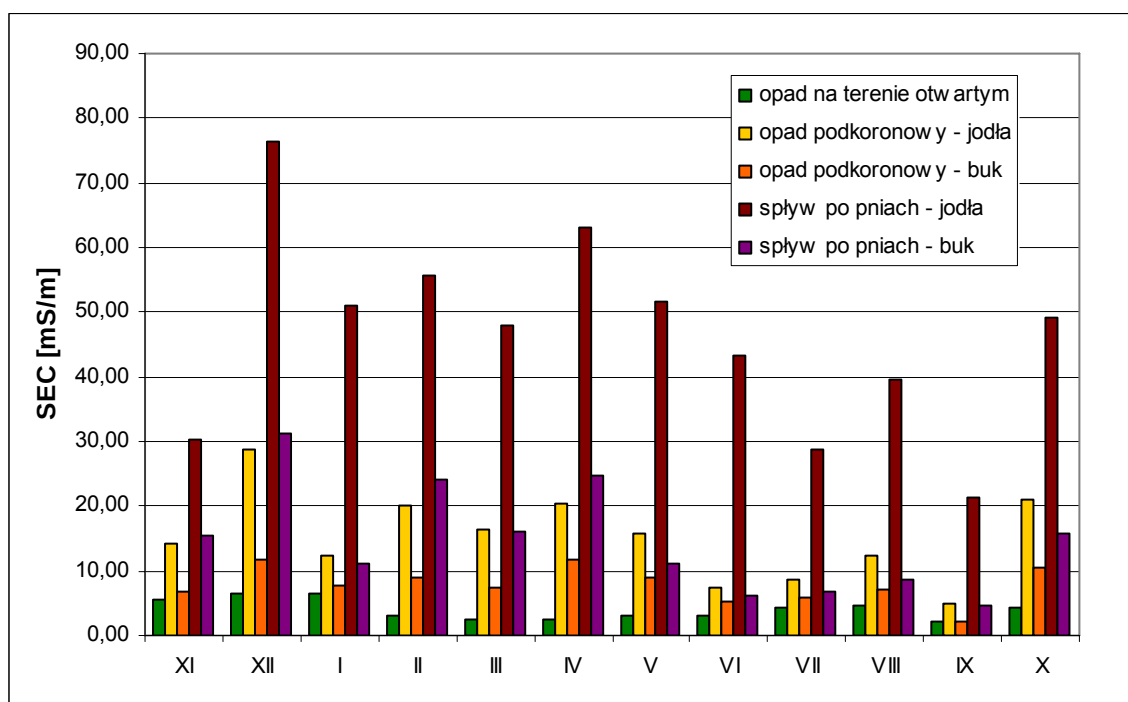
Ryc. 24. Rozkład miesięczny pH w opadzie na terenie otwartym, podkoronowym i spływie po pniach w roku hydrologicznym 2007 w zlewni Jeziora Łękuk



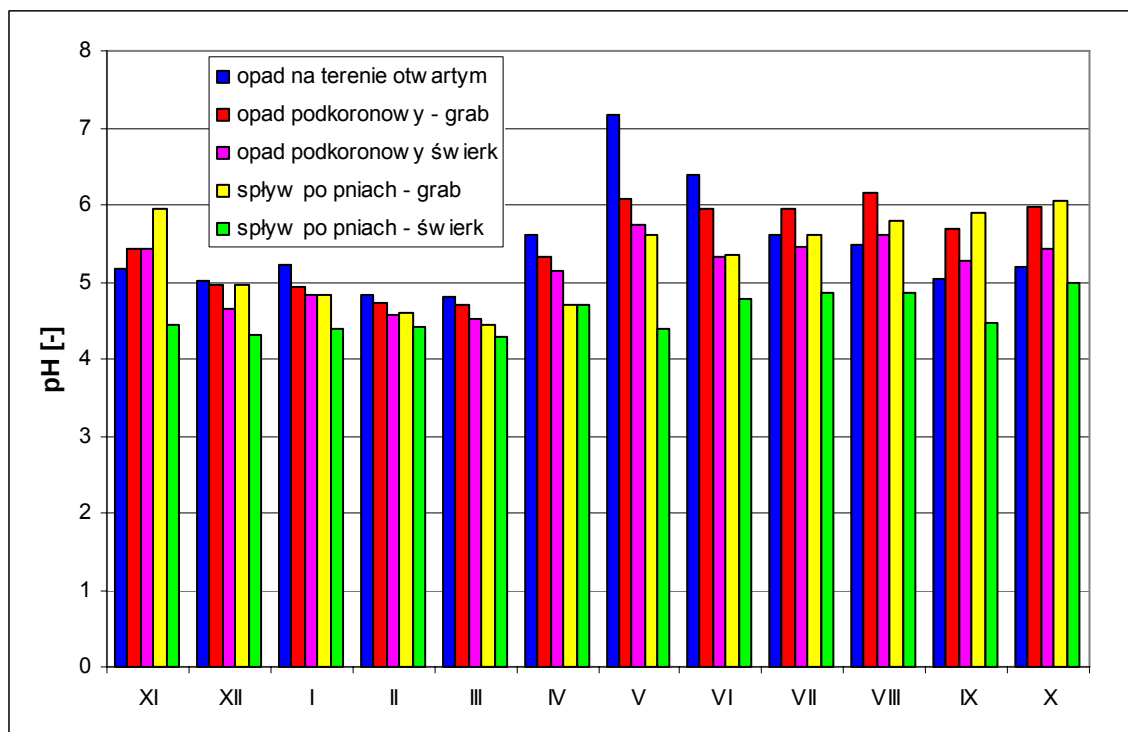
Ryc. 25. Rozkład miesięczny przewodności elektrolitycznej (SEC) w opadzie na terenie otwartym, podkoronowym i spływie po pniach w roku hydrologicznym 2007 w zlewni Jeziora Łękuk



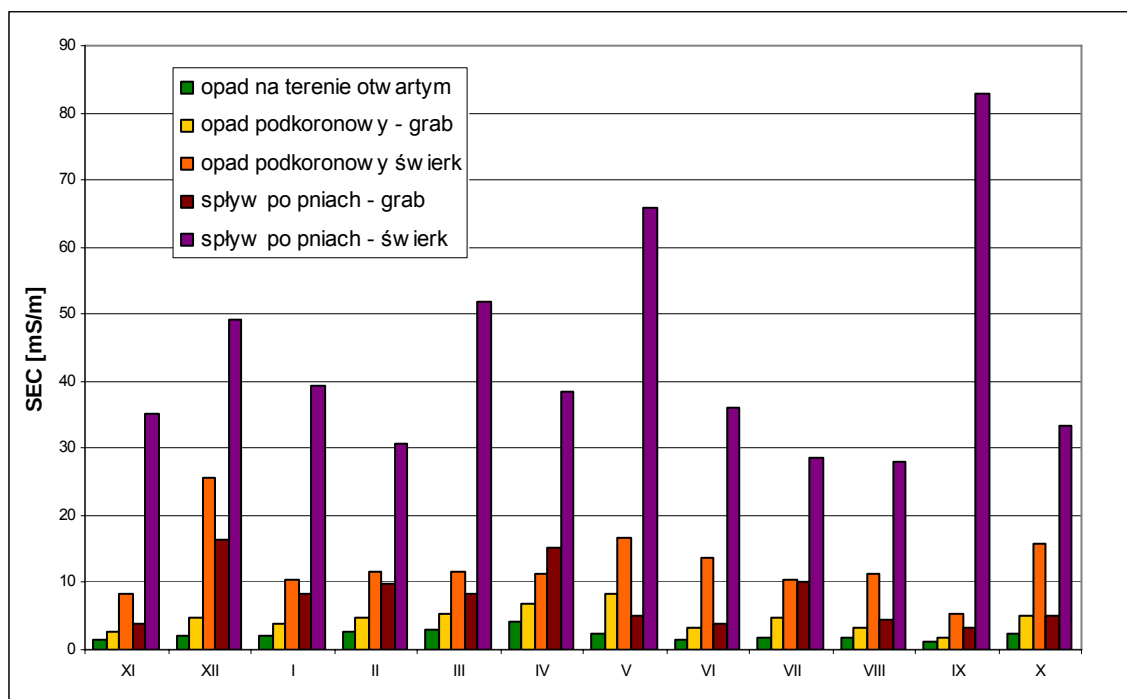
Ryc. 26. Rozkład miesięczny pH w opadzie na terenie otwartym, podkoronowym i spływie po pniach w roku hydrologicznym 2007 na Św. Krzyżu



Ryc. 27. Rozkład miesięczny przewodności elektrolitycznej (SEC) w opadzie na terenie otwartym, podkoronowym i spływie po pniach w roku hydrologicznym 2007 na Św. Krzyżu



Ryc. 28. Rozkład miesięczny pH w opadzie na terenie otwartym, podkoronowym i spływie po pniach w roku hydrologicznym 2007 w zlewni Bystrzanki



Ryc. 29. Rozkład miesięczny przewodności elektrolitycznej (SEC) w opadzie na terenie otwartym, podkoronowym i spływie po pniach w roku hydrologicznym 2007 w zlewni Bystrzanki

Opad podkoronowy oraz wody spływające po pniach drzew ulegają zmianom pod względem składu chemicznego i zasadniczo różnią się od chemizmu opadu bezpośredniego.

Na Św. Krzyżu najwyższy wzrost ładunku składników (opad podkoronowy i spływ po pniach) w podniesieniu do opadu bezpośredniego, stwierdzono dla większości badanych jonów. Najwyższym wzbogaceniem w stosunku do wód na wejściu odnotowano dla ładunku manganu, którego wielkość dostarczona do gleb była w przypadku drzewostanu jodłowo-bukowego ponad 37-krotnie, a w przypadku drzewostanu bukowego, ponad 28-krotnie wyższa od ładunku dostarczonego do geosystemu z opadem bezpośrednim. Znaczący wzrost ładunku dotyczy również jonów potasu, odpowiednio 21,3 i 26,0 oraz fosforanów, odpowiednio 3,1 i 13,6. Wysoka była również łączna depozycja azotu ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$). W drzewostanie jodłowo-bukowym wyniosła 46,7 kg/ha/rok i w drzewostanie bukowym 26,8 kg/ha/rok. Tak znacząca depozycja azotu, głównie w postaci NO_3^- powoduje wymywanie z roślin znacznych ilości jonów K^+ oraz Mn^{2+} . W porównaniu do lat poprzednich stwierdzono wyraźny wzrost ładunku jonów wapnia, co może być efektem zwiększonego dopływu powietrza z kierunku zachodniego, gdzie znajdują się emitery zanieczyszczeń pyłów cementowych („Białe Zagłębie”) (Jóźwiak i in. 2008).

5. Przepływ materii w profilu: atmosfera – roślinność – gleba

W Szymbarku średnia roczna suma składników rozpuszczonych w opadzie podkoronowym wyniosła 11,2 mg/dm³ w drzewostanie grabowym i 22,9 mg/dm³ w drzewostanie świerkowym. W minionym roku zaobserwowano wyraźnie niższą sumę składników w drzewostanie świerkowym w porównaniu z 2006r. (31,3 mg/dm³). W opadzie pod grabem dominującymi kationami były K⁺ (33,2%) i Ca²⁺ (32,1%), a anionem SO₄²⁻ (53,3%). Pod świerkiem w grupie anionów ponownie dominacją cechuje się SO₄²⁻ (45,4% udziału), zaś w grupie kationów NH₄⁺ (39,8%). Roczna dostawa substancji z opadem podkoronowym wyniosła 5273 kg/km² w drzewostanie grabowym i 9391 kg/km² w drzewostanie świerkowym. W drzewostanie grabowym największa dostawa dotyczyła K⁺ (1995 kg/km²) i Ca²⁺ (1023 kg/km²), natomiast w drzewostanie świerkowym najwyższe ładunki dotyczyły jonów K⁺ (2018 kg/km²) i S-SO₄ (1578 kg/km²) (Bochenek i in. 2008).

W zlewni Czarnej Hańczy w opadzie podkoronowym najwyższe stężenia stwierdzono dla jonów siarczanowych, azotowych i chlorkowych. Największe ładunki jonów siarczanowych docierały do dna lasu w listopadzie, azotanowych w maju, a chlorkowych w styczniu (Krzysztofiak i in. 2008).

W zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 2007 największe roczne ładunki w opadzie podkoronowym związane były z dostawą Cl⁻ (24,24 kg/ha/rok), SO₄²⁻ (19,55 kg/ha/rok) i NH₄⁺ (17,76 kg/ha/rok).

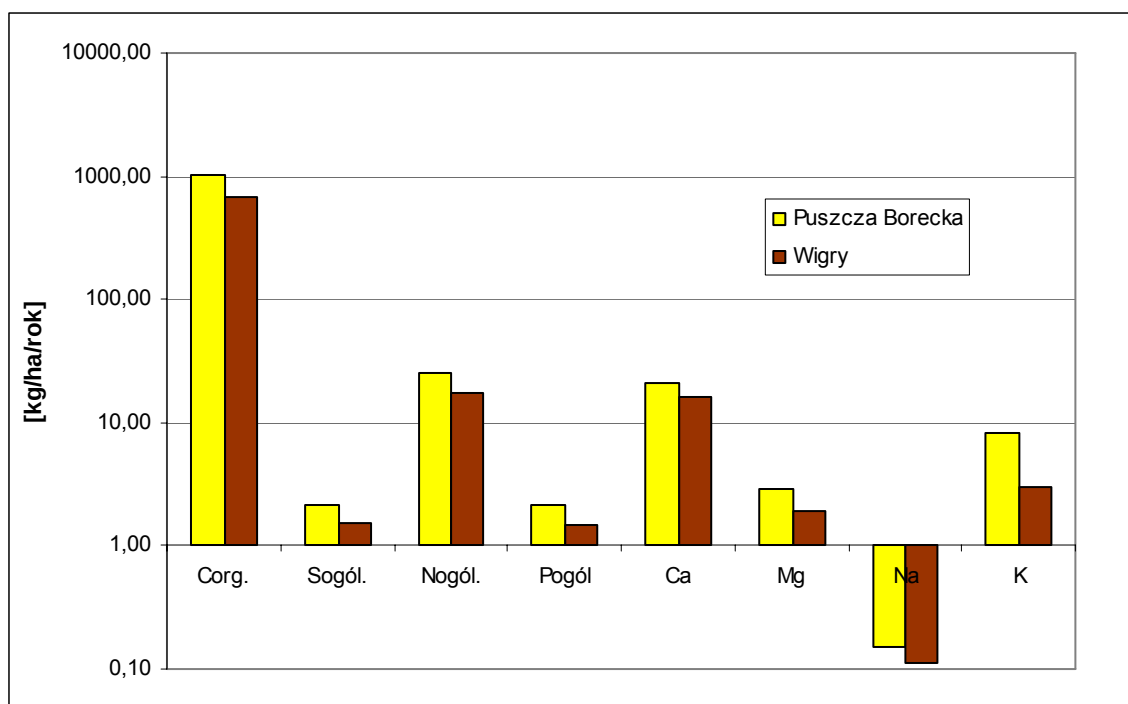
Na terenie zlewni Jeziora Łękuk najwyższe wartości współczynnika koncentracji, który jest stosunkiem stężenia jonu w opadzie podkoronowym do stężenia jonu w opadzie na terenie otwartym, odnotowano dla potasu (52), magnezu i wapnia. Najwyższe wartości ładunków wniesionych do podłoża przez opad podkoronowy dotyczyły takich składników jak: K⁺ (2747,2 mg/m²/rok), Cl⁻ (1882,0 mg/m²/rok), S-SO₄ (1050,3 mg/m²/rok).

Pomiary chemizmu opadu organicznego prowadzone były w 2007 roku na 3 Stacjach Bazowych: Puszcza Borecka, Wigry i Święty Krzyż.

W zlewni Jeziora Łękuk zbierano opad organiczny w cyklach miesięcznych, i segregowano próbkę na cztery frakcje: organy asymilacyjne (igły i liście), owoce oraz pozostałe. Następnie ważono frakcje w stanie świeżym, łączono poszczególne frakcje, suszono poszczególne frakcje w temperaturze 65°C, ważono każdą frakcję roczną po wysuszeniu, zmielono poszczególne frakcje, wykonano oznaczenia zawartości substancji w następujących komponentach: organy asymilacyjne (igły, liście), pozostałe (gałęzie i porosty, owoce i inne). Łączny dopływ suchej masy wyniósł 289,57 g/m² (Śnieżek i in. 2008).

W badanym roku hydrologicznym wielkość całkowitego rocznego opadu organicznego była zbliżona do wyniku z roku poprzedniego i wyniosła $4,92 \text{ t ha}^{-1}$ (w 2006 roku - $5,06 \text{ t ha}^{-1}$). Obie te wielkości znacznie odbiegają wielkością od masy opadu z roku 2005, wynoszącej $7,1 \text{ t ha}^{-1}$ (różnica w składzie procentowym między rokiem 2005 i 2007 wyniosła 13%). Prawdopodobnie w pierwszym roku badawczym wystąpiło zjawisko wymiany igieł, co znacznie zwiększyło masę opadu organicznego. Głównym składnikiem opadu organicznego, podobnie jak w latach poprzednich, były igły, które stanowiły 56% suchej masy opadu oraz gałązki – 15% suchej masy. W roku 2007 odnotowano 90-cio procentowy wzrost udziału szyszek i ponad 80-cio procentowy spadek udziału kwiatów w całkowitej masie opadu. Pozostałe komponenty suchej masy opadu biologicznego występowały w niewielkim procencie (Krzysztofiak i in. 2008).

Na Św. Krzyżu opad organiczny był segregowany na 4 grupy składników: organy asymilacyjne (igły - jodła, liście - buka, grabu, klonu i jarzębiny), owoce - buka, grabu i klonu oraz inne (gałęzie, korę łuski pączków, pozostałe).



Ryc. 30. Stężenia substancji w opadzie organicznym

Łączna masa opadu organicznego w roku 2007 wynosiła $1460,98 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s.m}$, w tym $771,86 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s.m}$ (52,83%) stanowiły organy asymilacyjne, $158,88 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s.m}$ (10,87%) owoce. Na powierzchni z drzewostanem jodłowo-bukowym, masa opadu wynosiła $679,69 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s.m}$ i

była wyższa od średniej z wielolecia 1994-2006 o 256,46 g*m⁻²s.m. Na powierzchni z dominującym drzewostanem bukowym, masa opadu wynosiła 781,29 g*m⁻²s.m i była większa od średniej z wielolecia o 321,29 g*m⁻²s.m (Józwiak i in. 2008).

Sezonowa zmienność masy opadu organicznego charakteryzowała się na wszystkich trzech stacjach, tak jak w roku 2006, dużym opadem w okresie jesiennym i niewielkim opadem w okresie zimowym.

Analizując wielkość ładunku biogenów wracających z opadem organicznym do podłoża na stacjach Puszcza Borecka i Wigry widać, że dominującym składnikiem jest węgiel organiczny (ryc. 30.). Na kolejnych miejscach plasują się azot ogólny i wapń. W najniższych stężeniach występuje sód poniżej 1 kg/ha/rok. Proporcje stężeń poszczególnych składników na obu stacjach są takie same.

Pomiary chemizmu roztworów glebowych prowadzono w 2007 roku na trzech Stacjach Bazowych: Święty Krzyż, Wigry oraz Storkowo.

Roztwory glebowe są czułym wskaźnikiem zmian zachodzących w glebie i ich monitoring prowadzony jest w celu poznania charakteru procesów biogeochemicznych zachodzących w glebie.

Na stacji Święty Krzyż wykorzystano 12 podciśnieniowych próbników roztworów glebowych z końcówkami teflonowymi firmy Eijkelkamp. Próbniki zainstalowane są na głębokościach: 15, 30, 60, 90 i 120 cm w profilu gleby brunatno-rdzawej i opadowoglejowej (RD2).

Badania roztworów glebowych na stacji Wigry prowadzone były na powierzchni leśnej w Sobolewie, na trzech stanowiskach. Do badań wykorzystano teflonowo-kwarcowe próbniki firmy Prenart, które umieszczono na głębokościach 30, 50 i 100 cm w profilu gleby płowej zbielicowanej.

Na Św. Krzyżu badania właściwości fizyko-chemicznych roztworów glebowych w roku hydrologicznym 2007 wykazały, że roztwory glebowe w całym mierzonym profilu są kwaśne. Średnia ważona wartość pH dla wszystkich badanych głębokości wynosiła 4,24, wykazując w porównaniu do roku 2006 wzrost o 0,04 jednostki pH. Wraz z głębokością następuje spadek kwasowości. Najbardziej kwaśne były roztwory na głębokości 15 cm z pH 3,94, co jest wartością niższą w porównaniu do roku poprzedniego. Najwyższą wartość pH zanotowano na głębokości 90 cm z pH 4,77. O zakwaszeniu roztworów decydują głównie siarczany i chlorki, które pochodzą z powietrza atmosferycznego oraz jony żelaza i glinu wypłukiwane z gleby (Józwiak i in. 2008).

5. Przepływ materii w profilu: atmosfera – roślinność – gleba

Uzyskane w roku 2007 wartości pH w roztworach glebowych na wszystkich głębokościach, wykazują spadek wartości pH w porównaniu do średnich z roku 2006. Wzrosło zatem zakwaszenie gleby, największe na głębokości 15 cm. Należy przypuszczać, że spadek stężenia pyłu zawieszonego wpłynął na zwiększenie zakwaszenia opadów.

Mineralizacja roztworów glebowych mieściła się w granicach od 7,50 do 12,04 mS/m, przy średniej dla wszystkich poziomów wynoszącej 9,68 mS/m. Minimum zanotowano na głębokości 15 cm – 7,65 mS/m, a maksimum na 120 cm -12,04 mS/m (Józwiak i in. 2008).

W Wigrach wartości odczynu roztworów glebowych na wszystkich głębokościach mieściły się w przedziale od 4,61 do 6,58 pH. Roztwory glebowe z głębokości 30 cm charakteryzowały się najniższą średnią roczną wartością odczynu 5,02 pH, a najwyższą z głębokości 100 cm – 5,60 pH. Roztwory glebowe pobrane z głębokości 50 cm miały średnią roczną wartość odczynu równą 5,54 (tab. 11.).

Wartości przewodności elektrolitycznej roztworów glebowych kształtowały się na poziomie od 4,3 do 21,8 mS/m - na głębokości 30 cm, od 4,5 do 10,9 mS/m - na głębokości 50 cm i od 1,4 do 15,4 mS/m - na głębokości 100 cm. Średnie roczne wartości wynosiły: 12,9 mS/m na głębokości 30 cm, 8,9 mS/m na głębokości 50 cm, 6,1 mS/m na głębokości 100 cm (tab. 11.).

W składzie chemicznym roztworów glebowych w grupie anionów zdecydowanie dominowały jony siarczanowe, natomiast wśród kationów jony wapniowe i amonowe (Krzysztofiak i in. 2008).

Na stacji w Storkowie w roku hydrologicznym 2007 badania składu chemicznego roztworów glebowych prowadzono w zlewni Jeziora Czarnego. Na powierzchni testowej umieszczono dwa komplety podciśnieniowych próbników na dwóch głębokościach: 60 i 120 cm p.p.t. w profilu gleby bielcowo-rdzawej.

Rozkład odczynu wskazuje na spadek pH wraz z głębokością. Na głębokości 60 cm średnia arytmetyczna wartość pH dla roku hydrologicznego wyniosła 4,88 jednostki, natomiast na głębokości 120 cm – 4,74 jednostki. Są to wartości mniejsze o ponad pół jednostki pH w porównaniu do wód opadu podkoronowego (średnia roczna równa 5,30 pH). Wzrost kwasowości roztworu glebowego to przede wszystkim efekt dysocjacji kwasu węglowego oraz kwasów organicznych. Wysokie stężenia siarczanów przypuszczalnie wskazują na rolę tego związku w procesach kształtowania równowagi kwasowo-zasadowej w glebie (Kruszyk 2008).

5. Przepływ materii w profilu: atmosfera – roślinność – gleba

Tab. 11. Średnie ważone roczne odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej (SEC) roztworów glebowych na poszczególnych głębokościach na stacjach Św. Krzyż, Wigry i Storkowo

Św. Krzyż	pH	SEC	Wigry	pH	SEC	Storkowo	pH	SEC
L15	3,83	6,93	L30	5,02	12,9	L60	4,88	6,04
L30	4,05	7,45	L50	5,54	8,93	L120	4,75	7,03
L60	4,01	11,28	L100	5,60	6,14			
L90	4,61	10,52						
L120	4,22	12,15						

Uzyskane wyniki potwierdzają dużą rolę roślinności w procesach transformacji właściwości fizykochemicznych wód opadowych. Opad atmosferyczny przechodzący przez strefę koron drzew ulega istotnym zmianom ilościowym i jakościowym. Korony drzew wychwytyją zanieczyszczenia atmosferyczne. Opady atmosferyczne przechodząc przez strefę koron wzbogacają się w składniki chemiczne pochodzące z komórek roślinnych i następnie doprowadzają wymyte składniki do podłoża zwiększając w ten sposób zakwaszenie gleby.

6. OBIEG MATERII W SKALI ZLEWNI RZECZNEJ

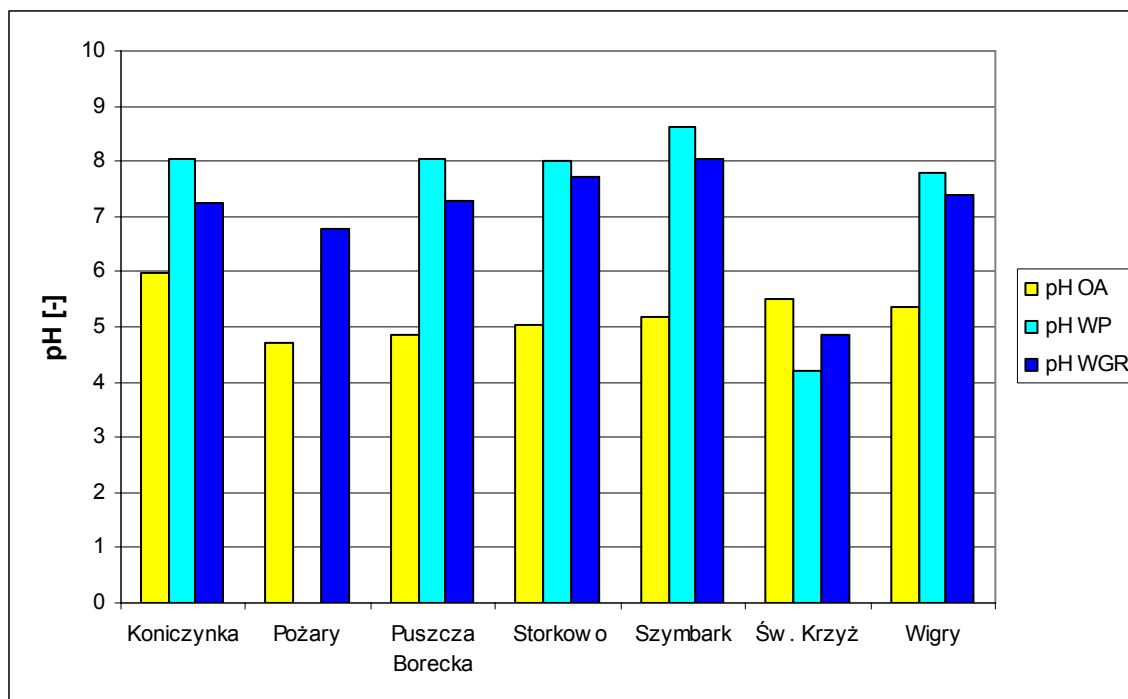
Z obszaru zlewni substancje rozpuszczone odprowadzane są przede wszystkim poprzez odpływ powierzchniowy, który jest etapem wyjścia z geoekosystemu. Składniki odpływu powierzchniowego pochodzą z dostawy atmosferycznej, obiegu biologicznego, procesów denudacyjnych i zasilania podziemnego. Nie bez znaczenia jest też wpływ antropopresji, a zwłaszcza dostawa zanieczyszczeń przemysłowych i rolniczych.

Monitoring wód powierzchniowych – rzek, był prowadzony w roku hydrologicznym 2007 na wszystkich Stacjach Bazowych, a monitoring jezior w jednej zlewni.

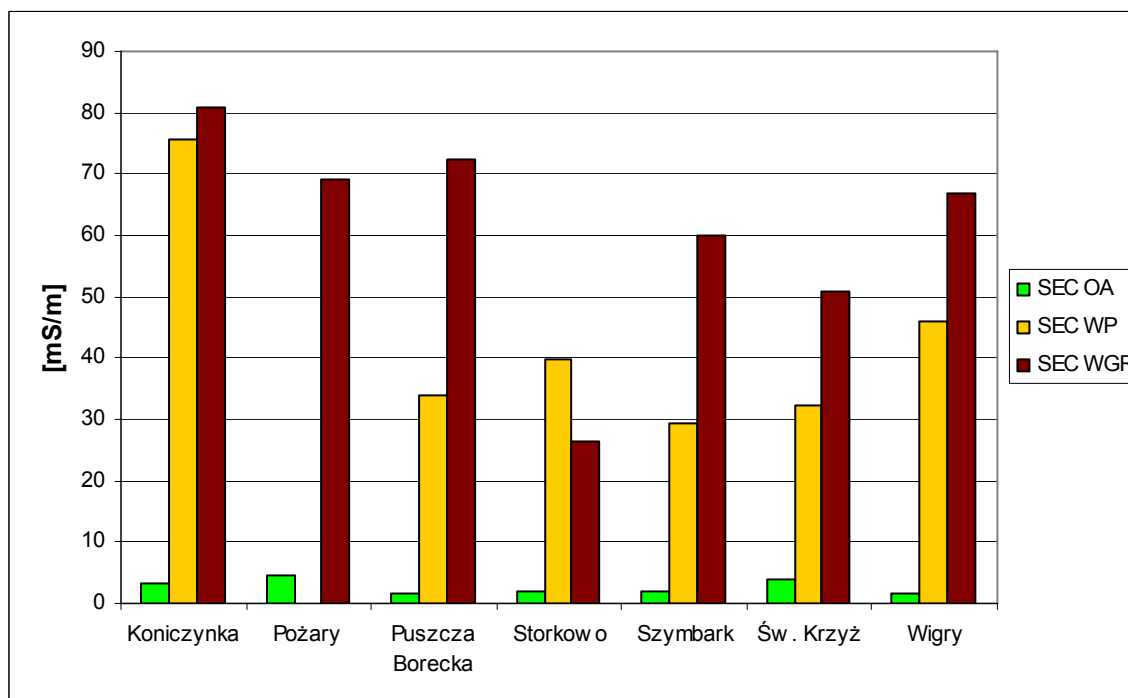
Tab. 12. Klasyfikacja hydrochemiczna wg Alowskiego i Szwieca wód powierzchniowych w roku hydrologicznym 2007 na wybranych Stacjach Bazowych

Stacja Bazowa	Typ hydrogeochemiczny
Storkowo Parsęta	$\frac{Ca^{85} Mg^8 Na^6 K^1}{HCO_3^{76} SO_4^{16} Cl^{5} NO_3^3}$
Szymbark Bystrzanka	$\frac{HCO_3^{62} \cdot SO_4^{27} \cdot Cl^7}{Ca^{71} \cdot Na^{15} \cdot Mg^{11}}$
Wigry Czarna Hańcza Sobolewo	$\frac{HCO_3^{77} \cdot SO_4^{10} \cdot Cl^{10}}{Ca^{70} \cdot Mg^{18} \cdot Na^{12}}$

Analiza składu chemicznego wód powierzchniowych pozwala zaliczyć je, według klasyfikacji Alowskiego i Szwieca (Macioszczyk 1987), do wód prostych, dwuskładnikowych wodorowęglanowo-wapniowych w zlewniach górnej Parsęty i Czarnej Hańczy oraz trójskładnikowych wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowych w zlewni Bystrzanki (tab. 12.). Na Św. Krzyżu również są wody dwuskładnikowe. Typ hydrogeochemiczny wód w profilu C5 jest wapniowo-siarczanowy, a w profilu C6 siarczanowo-wapniowy. W porównaniu do wód powierzchniowych z ubiegłego roku w składach chemicznych nie zaszły większe zmiany.



Ryc. 31. Rozkład pH wód powierzchniowych (WP) na tle opadów atmosferycznych (OA) i wód podziemnych (WGR) w roku hydrologicznym 2007

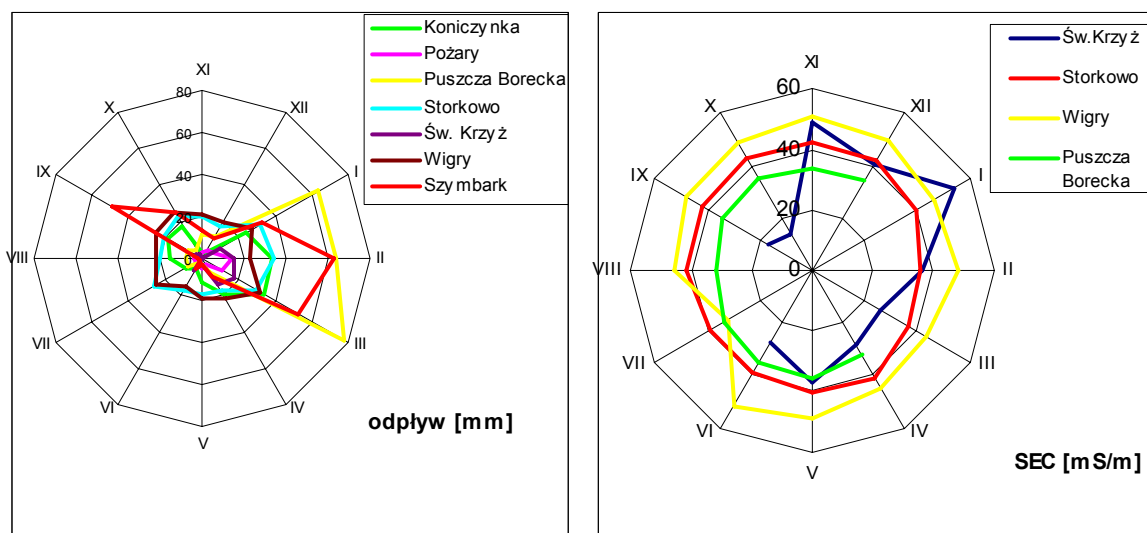


Ryc. 32. Rozkład przewodności elektrolitycznej (SEC) wód powierzchniowych (WP) na tle opadów atmosferycznych (OA) i wód podziemnych (WGR) w roku hydrologicznym 2007

6. Obieg materii w skali zlewni rzecznej

Wody rzeczne badane na wszystkich Stacjach Bazowych w ramach programu wody powierzchniowe rzeki należą pod względem odczynu do wód obojętnych lub lekko zasadowych (ryc. 31). Wyjątkiem są wody na Św. Krzyżu, które należą do wód lekko kwaśnych o średniej rocznej wartości pH 4,19 (stanowisko C6). Średnie ważone roczne odczynu dla pozostałych rzek mieszczą się w przedziale od 7,79 pH (Czarna Hańcza) do 8,64 pH (Bystrzanka). Pod względem konduktacji badane wody powierzchniowe należą do wód wysoko mineralizowanych o średnich ważonych rocznych przewodności elektrolitycznej właściwej kształtujących się w granicach od 29,2 mS/m w Bystrzance do 75,6 mS/m w Strudze Toruńskiej (ryc. 32.). Najwyższe wartości mineralizacji stwierdzono w wodach Strugi Toruńskiej, czyli cieku płynącego na obszarze będącym pod wpływem dostawy zanieczyszczeń z dużego ośrodka miejskiego jakim jest Toruń.

Uzyskane wyniki świadczą o zasilaniu wód powierzchniowych w większości badanych zlewni przez systemy wód śródglebowych i gruntowych. Wyjątek stanowią wody śródleśnego potoku na Św. Krzyżu, których parametry fizykochemiczne świadczą o dominacji zasilania opadowego.

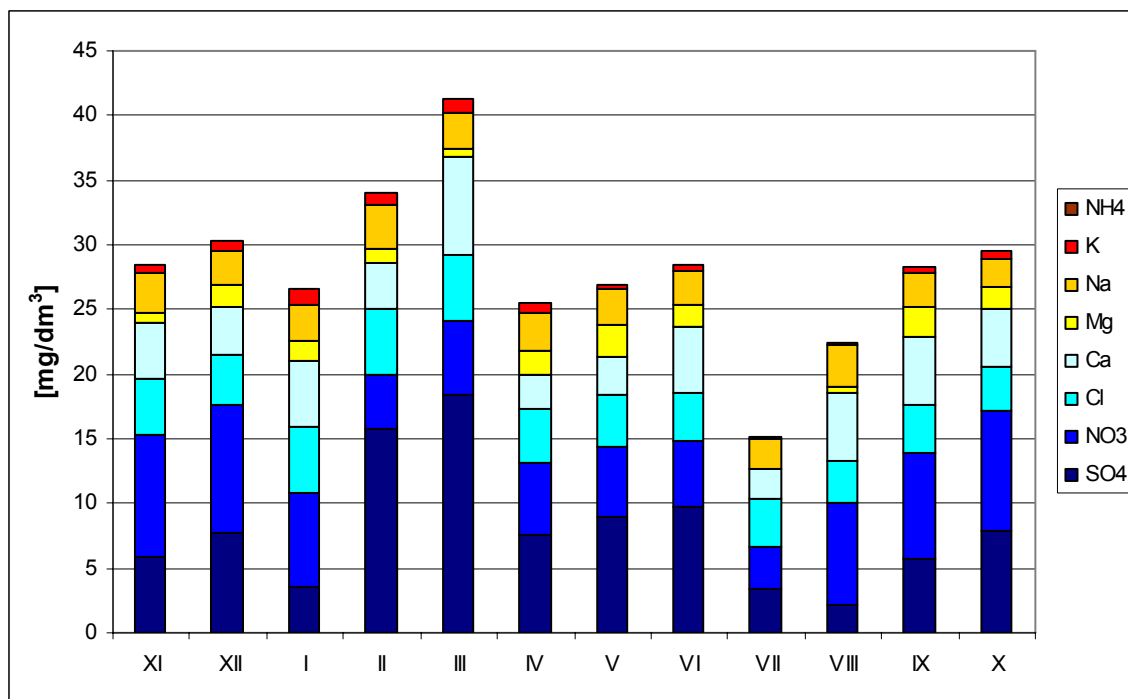


Ryc. 33. Rozkład miesięczny przewodności elektrolitycznej (SEC) na tle odpływu na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007

6. Obieg materii w skali zlewni rzecznej

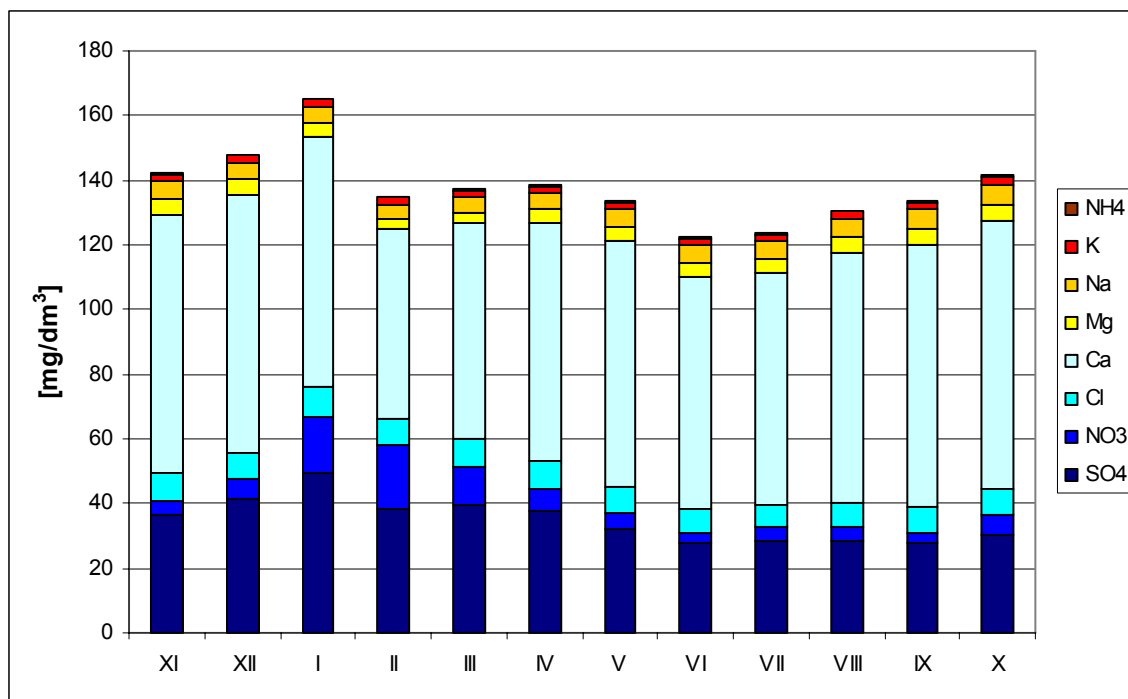
Sezonowość transportu fluwialnego zależy od źródeł dostawy materiału oraz warunków hydrometeorologicznych. Analizując sezonową zmienność odpływu zaznacza się dominacja tego wskaźnika w większości badanych zlewni w miesiącach wczesnowiosennych tuż po roztopach, zimowych ze względu łagodną zimę oraz po letnich opadach w lipcu i wrześniu (ryc. 33). Istnieje też zależność wielkości przewodności elektrolitycznej właściwej od stanów wód w ciekach. W okresach niskich stanów występują najwyższe wartości konduktancji. I odwrotnie, rozcieńczanie wód rzecznych przyczynia się do spadku mineralizacji. Ma to miejsce w czasie wysokich stanów po roztopach wiosennych i w okresach charakteryzujących się wysokimi sumami opadów atmosferycznych.

Zmienność sezonowa koncentracji rozpuszczonych związków w odpływie powierzchniowym w skali całego roku uzależniona jest od panujących warunków hydrometeorologicznych oraz od sposobów i źródeł dostawy jonów do koryta rzeki. Generalnie zależności między przepływem a stężeniem substancji rozpuszczonych nie są zbyt silne (Kostrzewski, Mazurek, Zwoliński 1994). W okresach wiosennych charakteryzujących się wysokimi przepływami maleją stężenia takich związków jak jony wodorowęglanowe, wapń i magnez (ryc. 34-37). Podstawowym źródłem wymienionych składników oraz zjonizowanej krzemionki są procesy denudacji chemicznej. Wysokie ich stężenia są wskaźnikiem udziału zasilania wód powierzchniowych przez wody gruntowe.

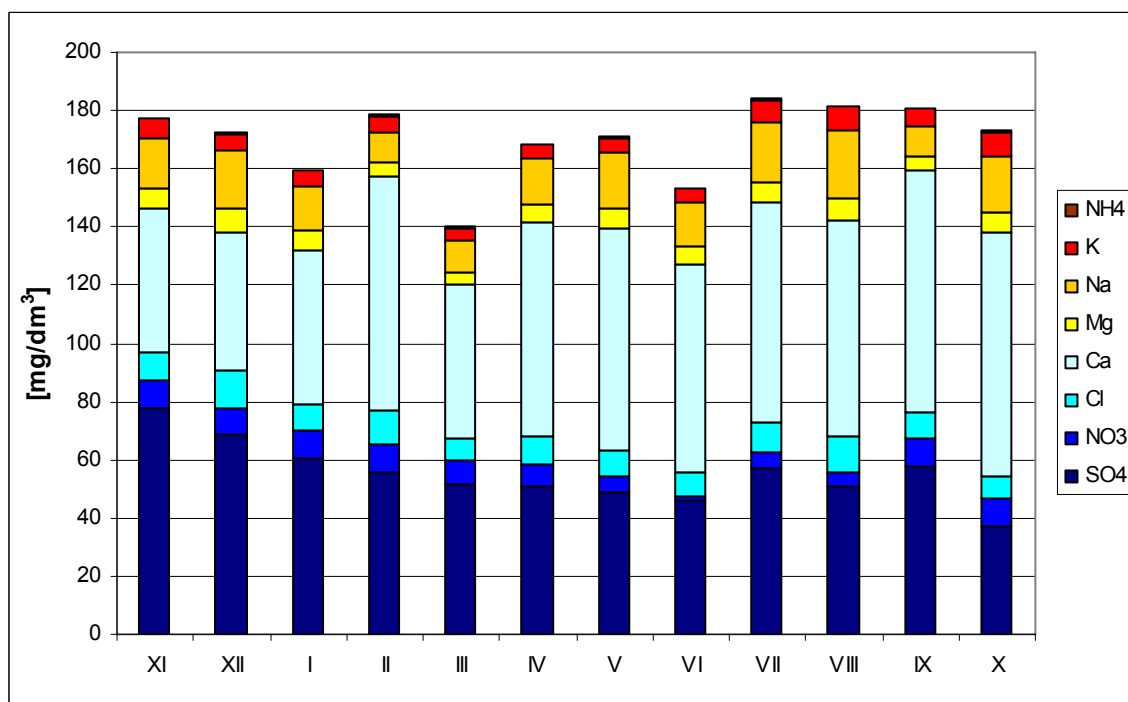


Ryc. 34. Miesięczny rozkład stężeń jonów w wodach potoku (profil C5) na Św. Krzyżu w roku hydrologicznym 2007

6. Obieg materii w skali zlewni rzecznej



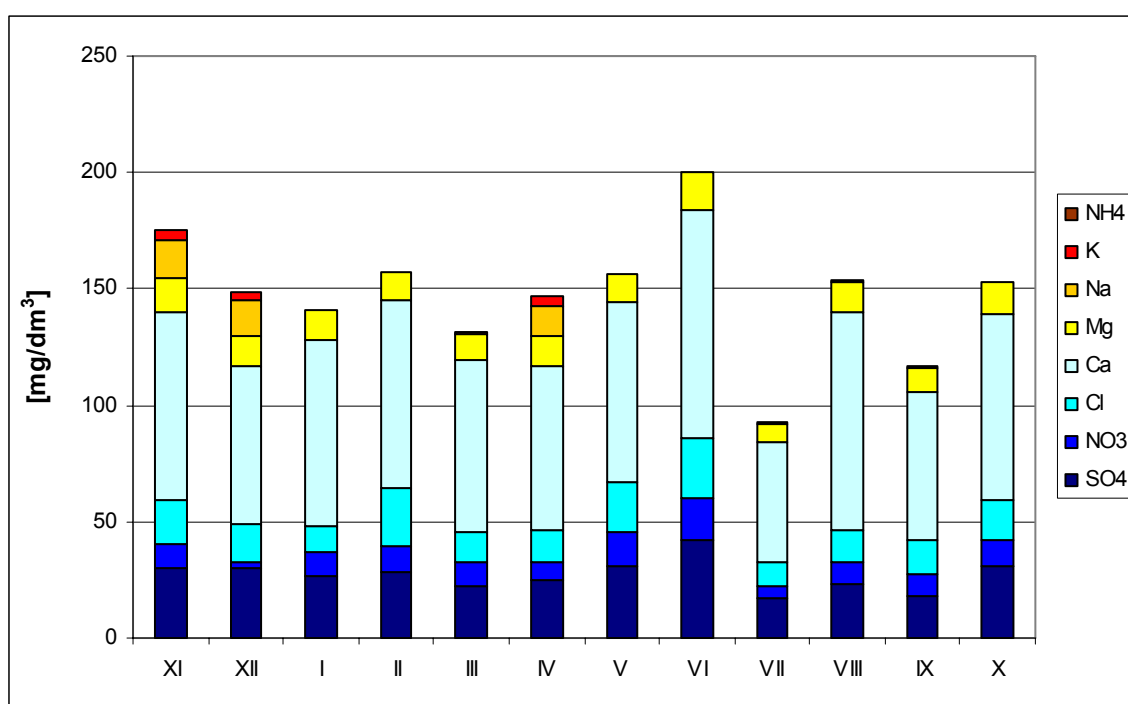
Ryc. 35. Miesięczny rozkład stężeń jonów w wodach Parsęty w roku hydrologicznym 2007



Ryc. 36. Miesięczny rozkład stężeń jonów w wodach Bystrzanki w roku hydrologicznym 2007

6. Obieg materii w skali zlewni rzecznej

W roku hydrologicznym 2007 w wodach rzecznych Parsęty i Młyńskiego Potoku, wraz ze wzrostem przepływu malały stężenia: wodorowęglanów, wapnia, magnezu, sodu, siarki siarczanowej i fosforu fosforanowego. Zwiększony przepływ wody powodował rozcieńczanie tych składników. Natomiast stężenie azotu azotanowego, azotu amonowego, potasu i chlorku wykazuje zależność wprostproporcjonalną do wielkości przepływu. W małych zlewniach słabsze jest oddziaływanie czynnika hydrologicznego, stężenia niektórych jonów są w mniejszym stopniu zależne od wahań przepływów, a istotne znaczenie mają uwarunkowania lokalne decydujące o drogach i czasie krążenia wody, a zarazem o dostawie składników rozpuszczonych do koryta rzecznej. (Mazurek 2008).



Ryc. 37. Miesięczny rozkład stężeń jonów w wodach Czarnej Hańczy w roku hydrologicznym 2007

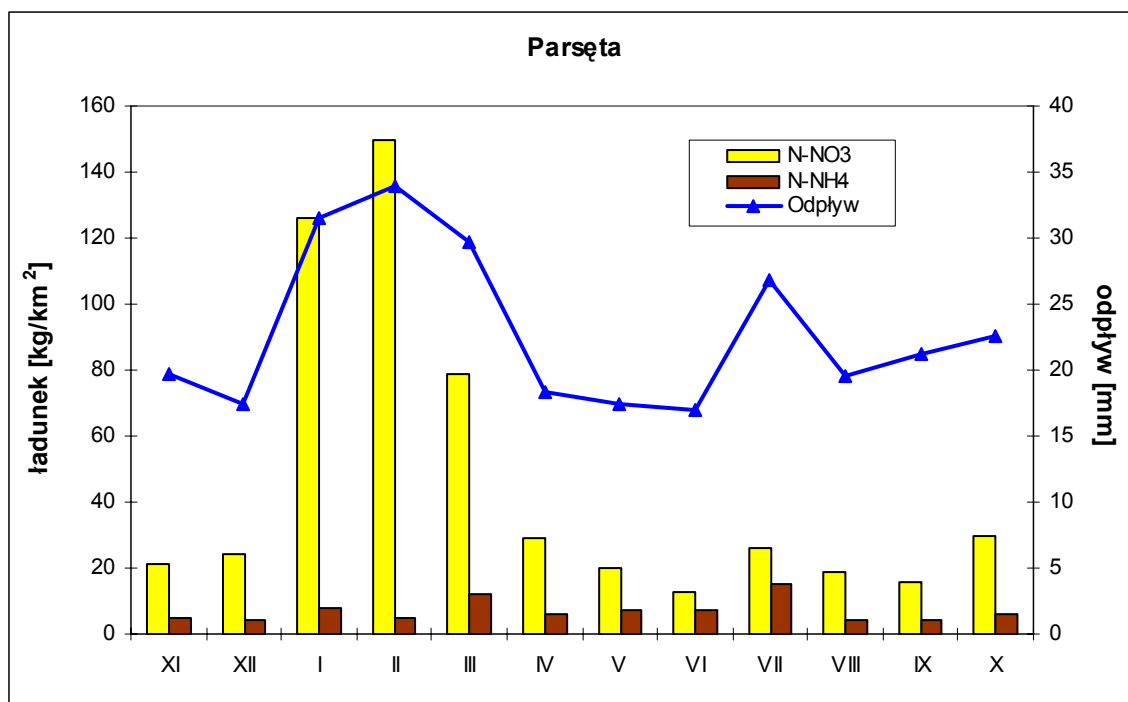
Składniki biogenne stanowią niewielką część odpływu. Wnoszą najmniejsze ładunki, jednak ich zmienność czasowa nawiązuje do wielkości odpływu ze zlewni (ryc. 38, 39). Największy odpływ ma miejsce najczęściej w półroczu zimowym i w tym też okresie notuje się największą koncentracją składników biogenych w wodach powierzchniowych. Wysokie stężenia biogenów w okresie zimowym wiązać należy z procesami wymywania tych związków z gleby, a najniższe latem w związku z pobieraniem ich przez organizmy. Schemat

ten może zostać zakłócony przez dopływ ścieków komunalnych lub zanieczyszczeń pochodzących z sektora rolniczego.

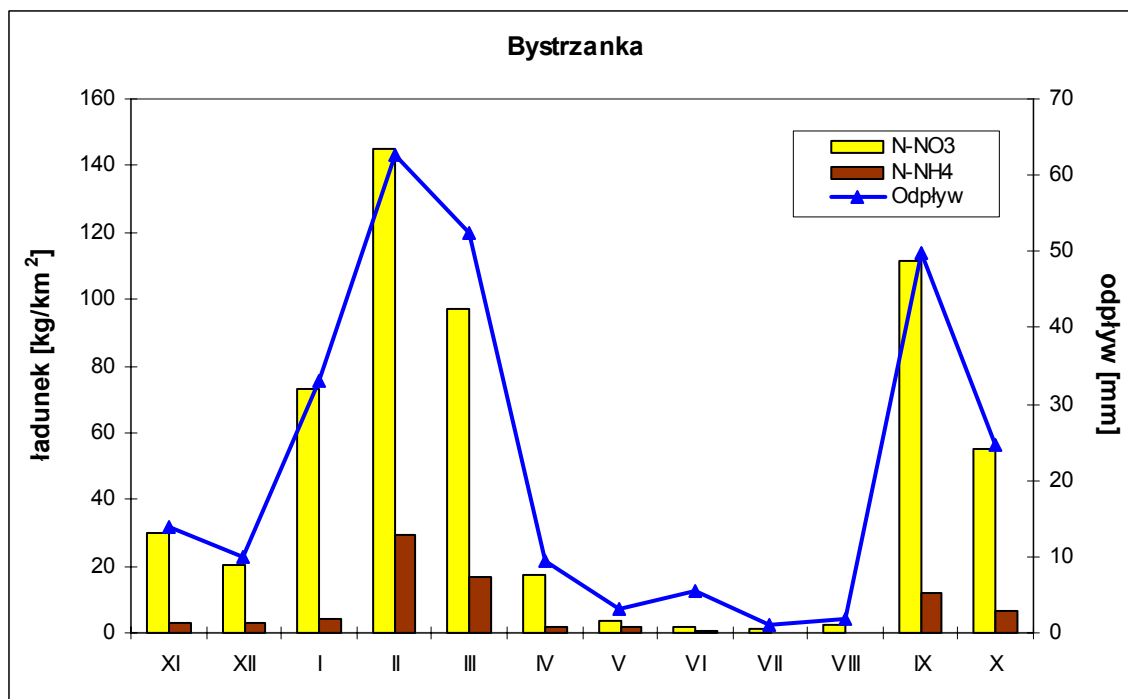
W Puszczy Boreckiej przebieg zmian stężeń podstawowych związków biogenych (N-NO_3 , N-NH_4 i P całkowity) w latach 1994-2007 wykazuje niewielką tendencję wzrostową (mniej lub bardziej wyraźną) zwłaszcza, że od 2005 roku stężenia tych związków rosną. Wymienione biogeny wykazują przy tym dużą amplitudę zmian stężeń.

W Koniczynie poniżej stanowiska w Lipowcu na jakość wód Strugi Toruńskiej w decydującym stopniu wpływa rolniczy charakter zlewni. Intensywne zabiegi rolnicze powodują erozję gleb i wypłukiwanie do wód związków biogenych. Potwierdzeniem tego jest znaczący wzrost średniorocznych stężeń azotu azotanowego, obserwowany w Koniczynie w latach 1993-2007 (Kejna i in. 2008).

W zlewni Bystrzanki średni udział substancji biogenych (NH_4 , NO_3 , K, PO_4) w składzie chemicznym stanowił 3,5 %, najwyższa suma stężeń tych soli wystąpiła w październiku $10,8 \text{ mg/dm}^3$ stanowiąc 4,5% całkowitej mineralizacji (Bochenek i in. 2008).



Ryc. 38. Miesięczny rozkład wybranych substancji biogenych w odpływie rzecznej Parsęty w roku hydrologicznym 2007



Ryc. 39. Miesięczny rozkład wybranych substancji biogennych w odpływie rzecznej Bystrzanki w roku hydrologicznym 2007

Ocenę stężeń wód płynących w roku hydrologicznym 2007 dokonano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004r (Dz.U.04.32.284 – Klasyfikacja dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód).

Według tej klasyfikacji spośród wszystkich badanych zlewni w najgorszym stanie są wody Strugi Toruńskiej, zaliczane do IV klasy – niezadawalającej jakości (tab. 13.). Najbardziej niekorzystnie sklasyfikowano zawartość węgla organicznego. Ponadto, poniżej Jeziora Mlewieckiego, na stanowisku w Lipowcu, latem utrzymywały się niedobory tlenu. Natomiast w Koniczynie notowano wysokie stężenia azotanów, wynikające z rolniczego zagospodarowania zlewni. Pozostałe analizowane parametry, szczególnie parametry organiczne i biogenne (z wyjątkiem azotanów) wykazywały niewielkie obniżenie stężeń. Badania zawartości metali ciężkich, analizowanych w szerokim zakresie wykazywały ich brak (poniżej granicy oznaczalności) lub stężenia nie przekraczające granic klasy I (Kejna i in. 2008).

Wartości parametrów fizykochemicznych wód górnej Parsęty i Młyńskiego Potoku w roku hydrologicznym 2007 zostały zakwalifikowane do klas czystości od I do III. O przeciętnym stanie jakości wód Parsęty zdecydowały podwyższone wartości stężenia metali

6. Obieg materii w skali zlewni rzecznej

ciężkich, stanowiących zanieczyszczenie geogeniczne: manganu i żelaza (klasa III). Na obniżenie jakości wód w obydwu ciekach wpłynął także wskaźnik BZT₅ oraz stężenia jonów NO₃, jonów amonowych (w przypadku Parsęty) i zawiesiny. Natomiast o relatywnie dobrej jakości tych wód zdecydowały stężenia materiału rozpuszczonego oraz brak znaczących źródeł dostawy zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego. W roku 2007 nie stwierdzono szczególnych zagrożeń dla stanu jakościowego wód rzecznych oraz zasobów wody na obszarze badanych zlewni. Istniejąca obecnie tendencja ograniczeń emisji zanieczyszczeń atmosferycznych, poprawa stosunków wodnych - poprzez przeprowadzenie melioracji gruntów, odnowienie form małej retencji wody i odpowiednią gospodarkę wodno-ściekową, pozwolą na utrzymanie obecnego kierunku i dynamiki procesów fluwialnych i denudacyjnych w zlewni górnej Parsęty (Mazurek 2008).

Tab. 13. Klasyfikacja wybranych wskaźników jakości wód powierzchniowych (rzek) na wybranych Stacjach Bazowych w roku hydrologicznym 2007

Rzeka	pH	SEC	SO ₄	NO ₃	NH ₄	Cl	Ca	Mg	PO ₄	P _{og}	O ₂	BZT ₅	Mn	Fe
Struga Toruńska (Koniczynka)														
Parsęta														
Bystrzanka														
Św. Krzyż (C6)										bd		bd		
Cz.Hańcza (Sobolewo)									bd				bd	bd

I klasa	II klasa	III klasa	IV klasa	V klasa
---------	----------	-----------	----------	---------

Wody Bystrzanki pod względem odczynu mieściły się w III klasie czystości, a biorąc pod uwagę stężenia azotanów, wapnia, fosforanów i BZT₅ w II klasie. Pozostałe dostępne wskaźniki wskazują na I klasę czystości wód.

Jakość wody Czarnej Hańczy w 2007 roku nie uległa pogorszeniu. Woda zarówno w Sobolewie jak i na Ujściu odpowiadała III klasie czystości, czyli wodzie o zadawalającej jakości. Podobnie jak w roku 2006 większość badanych parametrów fizykochemicznych, zarówno w Sobolewie, jaki i na Ujściu, zawierała się w I klasie czystości (zasadowość, wapń, chlorki, pH, tlen, amoniak, siarczany, magnez i temperatura). Pozostałe parametry (stężenia wapnia i azotanów oraz przewodnictwo elektrolityczne) na obu stanowiskach zawierały się w II klasie czystości. Zawartość fosforu ogólnego w Sobolewie zawierała się w I klasie, a na

6. Obieg materii w skali zlewni rzecznej

Ujściu spadła do II klasy (podobnie, jak w roku poprzednim). W III klasie czystości, na obu stanowiskach, znalazł się tylko jeden badany parametr – BZT₅ (Krzysztofiak in. 2008).

W Puszczy Boreckiej rok hydrologiczny 2007 był bogaty w przepływy i ładunki wód powierzchniowych oraz przeciętny pod względem właściwości fizykochemicznych, które były podstawą do zakwalifikowania tych wód do drugiej klasy. Należy zaznaczyć, że w roku 2007 ładunki były prawie o rząd wielkości większe niż w roku ubiegłym, w którym największe ładunki wnoszone były w okresie maj-czerwiec (Śniezek i in. 2008).

W zlewni położonej w obrębie stacji Św. Krzyż, na stanowisku C6, podobnie jak w roku ubiegłym, odczyn zaliczono do najgorszej V klasy jakości wód, co jest efektem uwarunkowań środowiskowych związanych z procesami zakwaszania. Procesy te wywołane są depozycją atmosferyczną substancji kwasogennych oraz ograniczonymi właściwościami buforowymi gleb. Do IV klasy czystości zaliczono mangan, a do II: fosforany, zawartość tlenu, żelazo oraz przewodność. Pozostałe elementy wskazują na I klasę czystości wód.

7. BIOINDYKACJA

W ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego realizowane są programy (epifity nadrzewne M1 i fauna epigeiczna O1) oparte o wykorzystanie organizmów żywych (roślin i zwierząt) jako bioindykatorów wrażliwych na zmiany bilansu biogenów i substancji toksycznych w geoekosystemie. W tym celu wykorzystuje się porosty oraz faunę epigeiczną. Organizmy te szybko reagują na pogarszanie się warunków siedliskowych, w tym wzrost stężeń substancji toksycznych, zmianę stosunków termicznych i wilgotnościowych (Kruszyk 2006).

Wśród bioindykatorów uniwersalne są porosty. Monitoring zawartości siarki i metali ciężkich w plechach porostów stanowi uzupełnienie pomiarów chemizmu powietrza atmosferycznego i opadów atmosferycznych realizowanych przez Stacje Bazowe. W ramach programu wykorzystywany jest porost pustulka pęcherzykowata *Hypogymnia physodes*. Wykorzystuje się w tym celu egzemplarze naturalnie występujące na obszarach badanych zlewni lub też przenosi się żywe plechy porostów (metoda transplantacji) z obszarów charakteryzujących się małym zanieczyszczeniem powietrza na obszary o dużym zanieczyszczeniu.

Program epifity nadrzewne (M1) prowadzony był w 2007 roku na pięciu Stacjach Bazowych: Koniczynka, Storkowo, Św. Krzyż, Pożary i Wigry.

W zlewni Strugi Toruńskiej założonych jest 9 powierzchni testowych, na których dla celów monitoringowych wytypowano 4 gatunki porostów.

Na terenie zlewni górnej Parsęty wyznaczono 9 stanowisk badawczych, na których założono 11 powierzchni monitoringowych. Monitoringiem objęto w sumie 10 gatunków porostów. Obserwacje na stałych powierzchniach przeprowadzane są obecnie raz na rok między majem a listopadem.

W 2007 roku skartowano 8 powierzchni monitoringowych. Z badań wyłączone zostały w latach poprzednich powierzchnie nr 2 i 4 wskutek wycięcia drzew oraz powierzchnia nr 7, na której od dwóch lat nie stwierdza się gatunków monitoringowych.

Zaobserwowano zwiększenie powierzchni całkowitej większości gatunków monitorowanych porostów. Od początku badań wzrasta powierzchnia plech *Pertusaria amara*. Widać to zwłaszcza na powierzchni 5a, gdzie powierzchnia plech otwornicy od początku badań monitoringowych zwiększyła się prawie cztery razy. Nieznacznie wzrosła powierzchnia plech *Hypogymnia physodes* oraz *Melanelia fuliginosa*. Zaobserwowano dalszy

7. Bioindykacja

wzrost powierzchni *Parmelia submontana*, wprowadzie na jednej z dwóch powierzchni, na której występuje ten gatunek powierzchnia plech uległa niewielkiemu zmniejszeniu, na drugiej natomiast powierzchnia plech wzrosła o ponad 13%.

Stałą tendencją spadkową charakteryzuje się *Platismatia glauca*. Na początku badań plechy tego porostu zajmowały powierzchnie powyżej 8 cm² zaś w roku 2007 było to już zaledwie 0,6 cm². Z jednej powierzchni (5a) gatunek zniknął całkowicie.

Zanotowano również zdecydowane zmniejszenie powierzchni *Evernia prunastri* i to na obu powierzchniach, na których ten krzaczkowaty gatunek występuje. Ogółem powierzchnia mąkli zmniejszyła się o niemal 30%. Nieznacznie zmniejszyła się powierzchnia drugiego po otwornicy gatunku skorupiastego – *Phlyctis argena* (Domańska 2008).

Na Św. Krzyżu założono 8 stanowisk epifitów nadrzewnych zlokalizowanych na wysokości 320 m n.p.m. Są to modrzew europejski (*Larix decidua*) - 1 stanowisko, brzoza pospolita (*Betula obscura*) – 1 stanowisko, sosna pospolita (*Pinus silvestris*) – 1 stanowisko, brzoza brodawkowata (*Betula pendula*) – 4 stanowiska oraz dąb szypułkowy (*Quercus rober*) – 1 stanowisko. Corocznie wykonywane są pomiary wielkości plechy porostu *Hypogymnia physodes*. W roku 2007 przeprowadzono pomiary wielkości powierzchni zajmowanej przez porosty na 6 stanowiskach. Na skutek wycięcia dwóch drzew stracono dwa stanowiska *Hypogymnia physodes*, na brzozie czarnej *Betula obscura* i brzozie brodawkowatej *Betula pendula*. Na wszystkich powierzchniach zanotowano przyrost powierzchni zajmowanej przez porosty, co ewidentnie świadczy o poprawie stanu środowiska przyrodniczego. Po obliczeniu powierzchni porostów na wytypowanych stanowiskach zanotowano przyrost powierzchni zajmowanej przez plechy porostu *Hypogymnia physodes* od 0,1% i 0,4% (Jóźwiak i in. 2008).

W stacji Pożary monitoring epifitów nadrzewnych prowadzony jest od 2001 roku. Wytypowano w tym celu 10 powierzchni monitoringu porostów i wybrano 4 gatunki tych organizmów: pustułkę pęcherzykowatą *Hypogymnia physodes*, mąklę tarniową *Evernia prunastri*, mąklik otrębiasty *Pseudoevernia furfuracea*, i tarczownicę bruzdkowaną *Parmelia sulcata*.

W wyniku przeprowadzonych badań w 2007 r. na 10 stanowiskach stwierdzono występowanie 4 gatunków porostów przeznaczonych do monitorowania. *Hypogymnia physodes* występowała na wszystkich powierzchniach monitoringu epifitów nadrzewnych, *Evernia prunastri* na 5, a *Parmelia sulcata* i *Pseudoevernia furfuracea* na 2. Na 3 powierzchniach występował tylko jeden gatunek, na 5 – 2 gatunki, na 2 – 3 gatunki. Na żadnej powierzchni nie stwierdzono wszystkich czterech gatunków podlegających

7. Bioindykacja

monitoringowi. Wielkość 4 z 7 monitorowanych powierzchni od 2002 roku zwiększyła się w wyniku rozrostu korowiny drzew (Olszewski, Wierzbicki i in. 2008).

W Wigrach badania składu gatunkowego porostów, powierzchni ich plech i zdrowotności przeprowadzono w 2007 roku na 12 stanowiskach, na których w 1998 roku wyznaczono na pniach drzew powierzchnie monitoringowe. Do obserwacji wytypowano 12 gatunków porostów nadrzewnych (epifitycznych), w tym 5 taksonów o plechach krzaczkowatych, 5 - listkowatych i 2 - skorupiastych. Spośród tych gatunków 8 podlega ochronie prawnej, w tym 7 ochronie ścisłej, a 1 ochronie częściowej. W ubiegłym roku nie zaobserwowano stałej tendencji. Niektóre z porostów zwiększyły swoje powierzchnie, a inne zmniejszyły.

Drugim programem w ramach ZMŚP, w którym wykorzystuje się bioindykatory jest program O1 fauna epigeiczna.

Głównym celem realizowanego programu jest wykorzystanie bezkręgowców jako bioindykatorów zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym. Bogactwo gatunków, różnorodność związków i zależności łączących je z innymi organizmami, a także obecność we wszystkich typach środowiska lądowego pozwala wykorzystać bezkręgowce jako wskaźniki zmian zachodzących w badanych geoekosystemach (Kruszyk 2007).

W 2007 roku badania fauny bezkręgowcej prowadzone były na wszystkich siedmiu Stacjach Bazowych, przy czym w Konieczynie badana była fauna bezkręgowca glebowa.

Przedmiotem prowadzonych obserwacji są chrząszcze z rodziny *Carabidae*. Do odławiania chrząszczy stosuje się pułapki Barbera, które są eksponowane w terenie przez 5 miesięcy, od maja do końca września.

W Puszczy Boreckiej badania prowadzono na siedmiu powierzchniach badawczych:

- w grądzie – na 3 powierzchniach,
- w lesie mieszanym – na 3 powierzchniach,
- w borze bagiennym – na 1 powierzchni.

Badania na terenie powierzchni 012 – bór bagieny wykonywane były jedynie w roku 2004. W następnych latach powierzchnię tę jako nie reprezentatywną dla siedlisk Puszczy Boreckiej, wyłączono z badań.

W obydwu typach siedlisk, po spadku w latach 2005 i 2006, obserwuje się ponowny wzrost liczebności odłowów. W lesie mieszanym widać wzrost łowności jednostkowej od maja do czerwca, a następnie stopniowy spadek do września. Największa średnia łowność jednostkowa (0,52 osobnika/pułapka/doba) miała miejsce w roku 2007, natomiast najmniejsza

7. Bioindykacja

(0,29 osobnika/pułapka/doba) w roku 2005. W grudzie największa łowność występowała w lipcu/sierpniu po czym spadała gwałtownie we wrześniu. Wyjątkiem była łowność 0,54 osobnika/pułapka/doba, jaka miała miejsce w maju 2005. Największa średnia łowność (0,22 osobnika/pułapka/doba) wystąpiła w latach 2004 i 2007, natomiast najmniejsza (0,16 osobnika/pułapka/doba) w roku 2006 (Śnieżek i in. 2008).

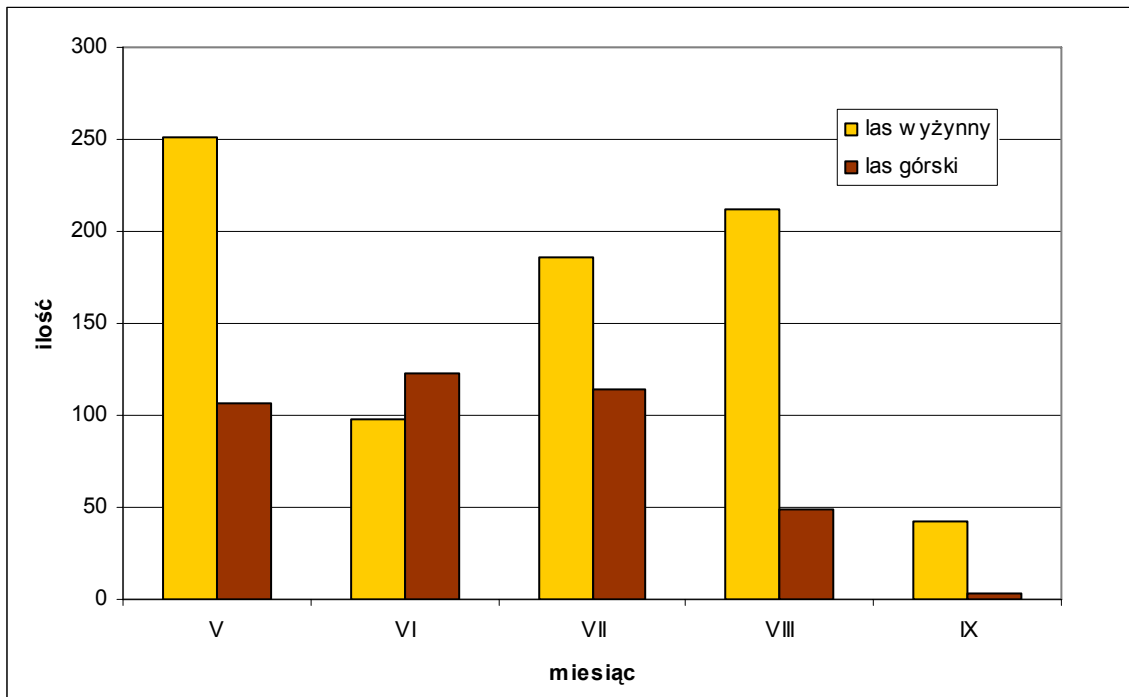
W zlewni Czarnej Hańczy badania prowadzone były w dwóch typach siedliskowych lasu – w borze bagiennym i lesie mieszanym. Na każdym siedlisku wytypowano po trzy stanowiska oddalone od siebie o około 250 m, na których zainstalowano po 5 pułapek. Pułapki (słoiki o pojemności 0,33 l i średnicy otworu 56 mm) zostały wkopane równo z powierzchnią gruntu i osłonięte daszkami. Jako płynu konserwującego użyto roztworu glikolu etylowego.

Na powierzchni zlokalizowanej w borze bagiennym odłowiono 400 chrząszczy z rodziny biegaczowatych *Carabidae*, które należały do 8 gatunków. W odłowionym materiale zabrakło chrząszczy z gatunku *Carabus granulatus*, który w poprzednim roku był subrecedentem. Po raz pierwszy na badanym stanowisku pojawiły się natomiast chrząszcze z gatunku *Pterostichus strenuus*. Średnia łowność biegaczowatych w pułapki Barbera wynosiła 0,18 osobnika na pułapkę w ciągu doby (ryc. 41). W odłowionym materiale jako eudominaty występowały dwa gatunki - szykoń czarny *Pterostichus niger* i biegacz fioletowy *Carabus violaceus* (ryc. 42). W strukturze troficznej zdecydowanie dominowały duże zoofagi, które stanowiły 93,5% wszystkich odłowionych na powierzchni biegaczowatych. Ponadto występowały małe zoofagi, które stanowiły 6,5% odłowionych biegaczowatych (ryc. 43.).

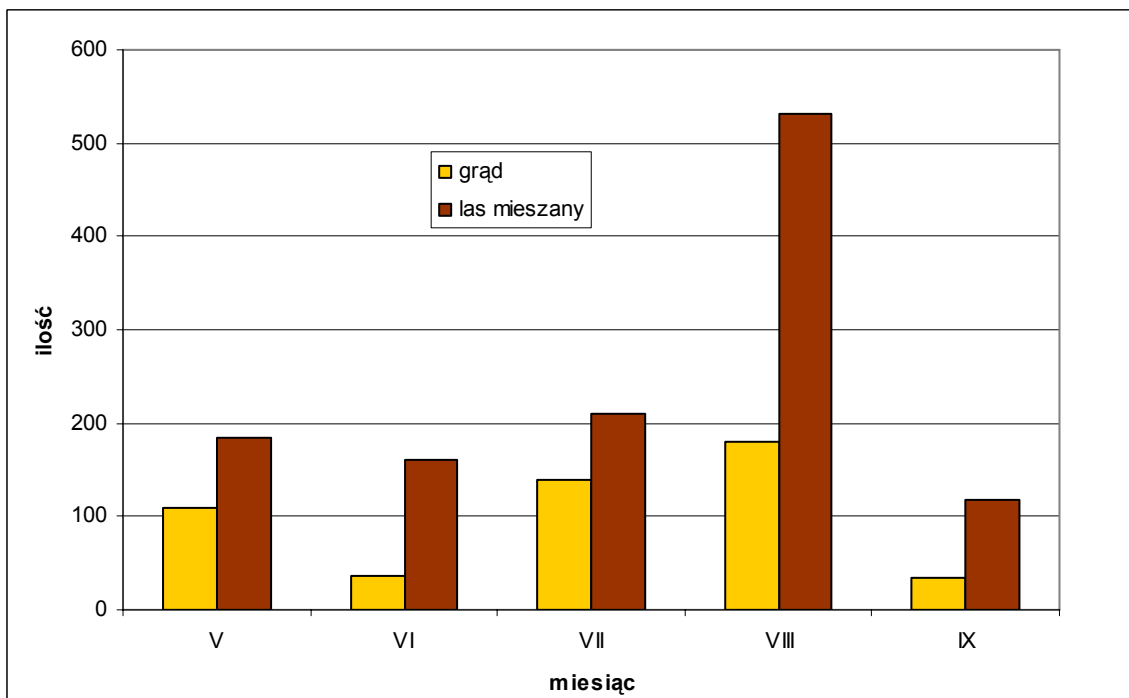
W lesie mieszanym odłowiono łącznie 2130 chrząszczy z rodziny *Carabidae*, należących do 11 gatunków. W porównaniu do poprzedniego roku w odłowionym materiale nie stwierdzono tylko jednego gatunków – *Pterostichus vulgaris*, który był dominantem. Nadal nie stwierdzono również osobników z gatunku *Pterostichus nigrity*, który dwa lata wcześniej występował na tym stanowisku. Pojawiły się natomiast dwa nowe gatunki: *Pterostichus melanarius* i *P. strenuus*. Średnia łowność biegaczowatych w pułapki Barbera wynosiła 0,94 osobnika na pułapkę w ciągu doby i była ponad pięciokrotnie wyższa, niż w borze bagiennym (ryc. 41). Rolę eudominantów w odłowionym materiale odgrywały trzy gatunki - szykoń czarny *Pterostichus niger*, biegacz ogrodowy *Carabus hortensis* oraz *Pterostichus melanarius* (ryc. 42). W strukturze troficznej dominowały, tak jak i w borze bagiennym, duże zoofagi, które stanowiły 97,8%. Ponadto występowały małe zoofagi, które stanowiły 2,16% odłowionych biegaczowatych oraz hemizoofagi. Te ostatnie były

7. Bioindykacja

reprezentowane tylko przez jeden gatunek (0,05%) – *Harpalus latus* (ryc. 43.) (Krzysztofiak i in. 2008).

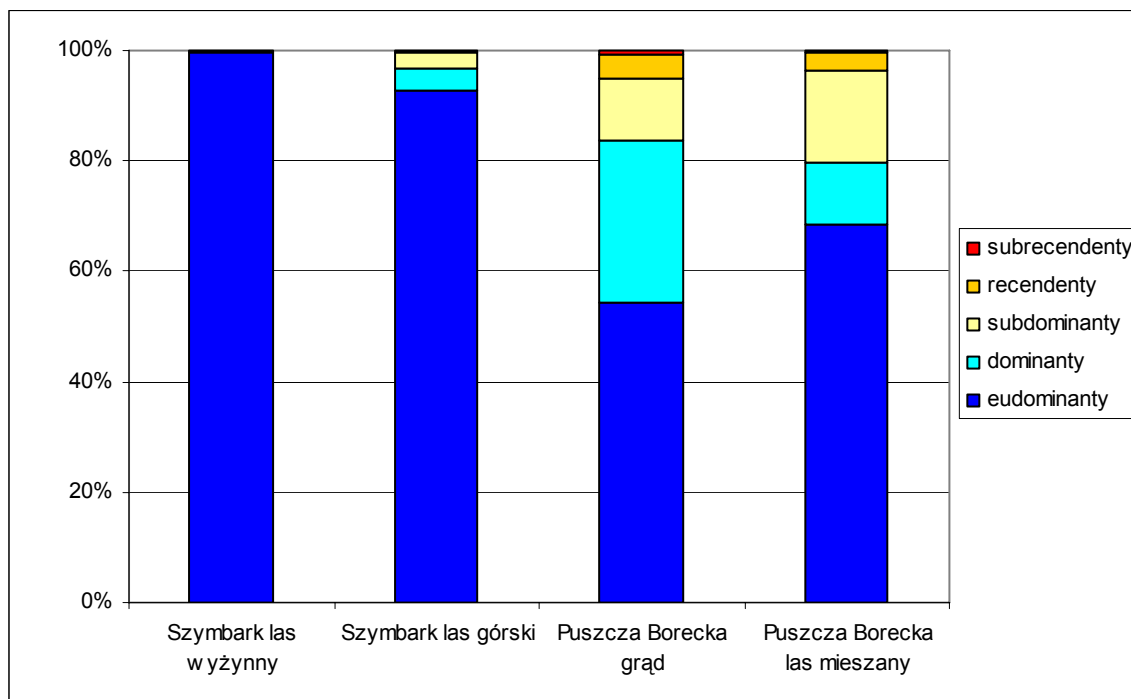


Ryc. 40 . Łowność ogólna Carabidae w różnych typach siedlisk w 2007 roku w Szymbarku

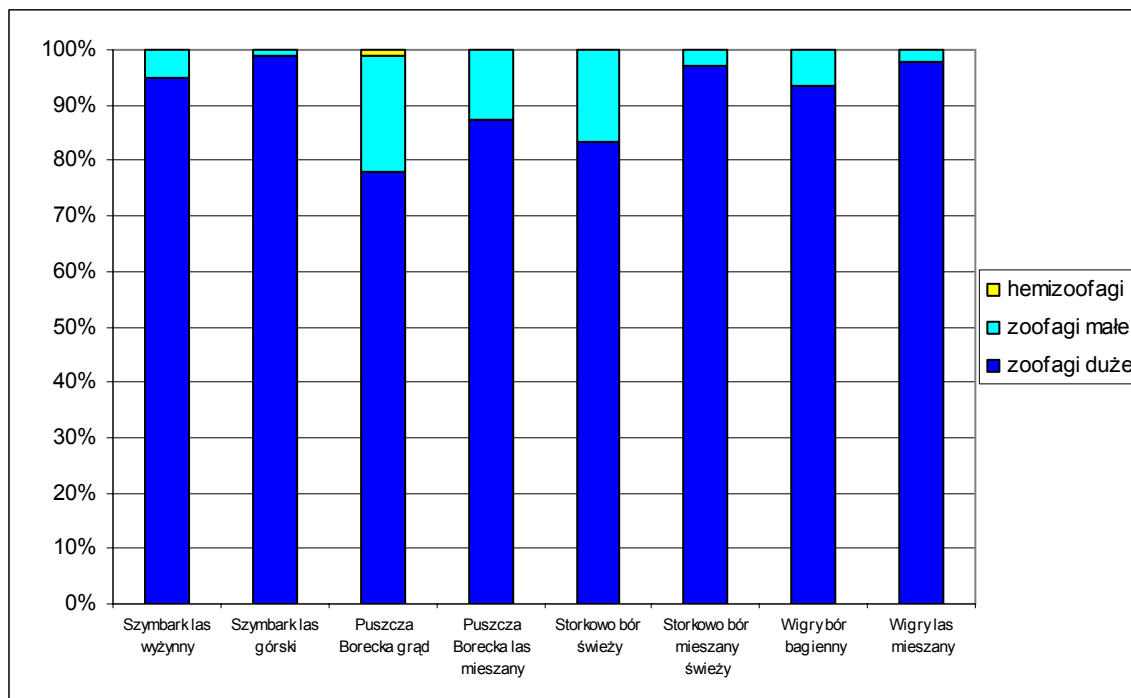


Ryc. 41. Łowność ogólna Carabidae w różnych typach siedlisk w 2007 roku w Puszczy Boreckiej

7. Bioindykacja



Ryc. 42. Struktura dominacji *Carabidae* w wybranych siedliskach leśnych w roku hydrologicznym 2007



Ryc. 43. Struktura troficzna *Carabidae* w wybranych siedliskach leśnych w roku hydrologicznym 2007

7. Bioindykacja

W Stacji bazowej w Storkowie w roku 2004 założono dwie powierzchnie monitoringowe w dwóch typach środowiska zgodnie z zaleceniami zawartymi w wytycznych. Jedna z nich znajduje się w typie siedliskowym boru świeżego w zlewni jeziora Czarnego. Drzewostan zbudowany jest głównie z sosny w wieku około 100 – poddz. b i 85 lat – poddz. d. W podszytcie występuje świerk, dąb, buk. W warstwie zielnej głównie: *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*. W warstwie mszystej: *Dicranum scoparium*, *Entodon schreberi*. Druga powierzchnia znajduje się w zlewni Młyńskiego Potoku w typie siedliskowym boru mieszanego świeżego. Drzewostan zbudowany jest z sosny w wieku około 60 lat z domieszką buka, świerku i dębu. W każdym z monitorowanych środowisk założono po 3 stałe powierzchnie badawcze.

W 2007 roku na powierzchni usytuowanej w borze świeżym odłowiono 666 osobników z rodziny biegaczowatych należących do 8 gatunków. Średni wskaźnik łowności wyniósł 0,30 osobnika na pułapkę w ciągu doby i był większy niż w latach poprzednich. Aż pięć gatunków można zaliczyć do eudominantów. Do *Carabus violaceus*, *Carabus linnaei* i *Pterostichus niger* dołączyły w tym roku *Carabus coriaceus* i *Pterostichus oblongopunctatus*. W największej liczbie osobników wystąpił *Pterostichus niger* (szykoń czarny). W strukturze troficznej dominowały duże zoofagi, stanowiły one 83,48% odłowionych gatunków. Przez jeden gatunek były reprezentowane małe zoofagi oraz hemizoofagi (ryc. 43).

W borze mieszanym świeżym odłowiono łącznie 387 osobników z rodziny *Carabidae*, ponad 20% mniej niż w roku poprzednim i dwa razy mniej niż w roku 2005. Stwierdzono występowanie 11 gatunków. Średni wskaźnik łowności wyniósł 0,17 osobnika na pułapkę na dobę. Do eudominantów zaliczono 3 gatunki: *Carabus coriaceus*, *Carabus violaceus* i *Carabus linnaei*, przy czym ten ostatni stanowił 50% wszystkich odłowionych osobników. W strukturze troficznej zdecydowanie dominowały duże zoofagi, które stanowiły 97% odłowionych chrząszczy. Niespełna 3% stanowiły zoofagi małe reprezentowane przez jeden gatunek. W siedlisku boru mieszanego świeżego brak było hemizoofagów (ryc. 43) (Domańska 2008).

Szczegółowo badano biegaczowate w Pożarach. 2007 rok był dziesiątym sezonem monitoringu fauny epigeicznej. Badania prowadzono na 18 powierzchniach reprezentujących różne siedliska. 17 powierzchni badawczych założono w pobliżu piezometrów zlokalizowanych wzdłuż kanału Olszowieckiego. Jedną z powierzchni stanowił teren stacji meteorologicznej przy siedzibie Stacji Bazowej „Pożary” (obok Muzeum Kampinoskiego PN). W 2007 roku złowiło się 1420 osobników, które należały do 68 gatunków (tab. 14.). Jest

7. Bioindykacja

to wynik zbliżony do obserwacji dokonanych w poprzednich latach (2006 r. - 1328 osobników - 63 gatunki; 2005 r. - 1555 osobników - 62 gatunki). Ogółem w latach 1999-2007 złowiono 13446 biegaczowatych reprezentujących 116 gatunków.

Stosunek liczebności osobników biegaczowatych złowionych w siedliskach suchych do zarejestrowanych w siedliskach wilgotnych (w przeliczeniu na 1 pułapkę) układał się następująco w ciągu 8 lat badań (1999-2007): 1,83, 0,80, 1,10, 1,22, 1,05, 0,77, 0,9, 0,58 i 1,0. Obserwacje z ostatnich lat sugerują przewagę łowności fauny zamieszkującej „mokre” siedliska.

Łowność biegaczowatych rozpatrywana w pojedynczych pułapkach, okazała się zróżnicowana w obu środowiskach: uznanych za podmokłe, jak suche. Znacznie większą średnią łowność i jej zmienność zanotowano w siedliskach suchych: $87,7 \pm 69,33$. W siedliskach mokrych wielkości te odpowiednio wynosiły: $78,7 \pm 38,03$. W bieżącym roku, najwięcej osobników: 188 i 156 zanotowano w „suchych” siedliskach 4 i 16. Natomiast 141 osobników złowiło się w punkcie 9 zaliczanym do środowisk „mokrych”. Najmniej osobników – 6 i 9 złowiło się na powierzchniach 10 i 18 (Mazur. S., Borowski, J., i in. 2008).

Wyniki badań *Carabidae* przeprowadzonych w roku hydrologicznym 2007 w różnych typach siedliskowych świadczą o stabilności pod względem liczby odłowów i struktury troficznej.

Tab. 14. Wykaz gatunków biegaczowatych złowionych w 2007 roku na badanych powierzchniach na terenie zlewni „Pożary” w Kampinoskim PN

Gatunek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Agonum assimilis</i> (Paykul, 1790)									1									
<i>Agonum fuliginosus</i> (Duftschmid, 1812)		1	1			2	1	6	10			7			9			
<i>A. livens</i> (Gyllenhal, 1810)		10	1			3	2	4	33			4	6	1	6			
<i>A. obscurus</i> (Herbst, 1784)			1	4		3		1	2			1	2					
<i>A. piceus</i> (Linnaeus, 1758)									1									
<i>A. sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758)							7											
<i>A. viduum</i> (Panzer, 1797)									4									
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)					1													
<i>A. brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)					4					1	3			1		19	2	
<i>A. bifrons</i> (Gyllenhal, 1810)				40	14						1					8		
<i>A. communis</i> (Panzer, 1797)				15									1					
<i>A. consularis</i> (Duftschmid, 1812)																4	3	
<i>A. fulva</i> (O.F.Muller, 1776)				1														
<i>A. lunicollis</i> (Schiodte, 1837)																	3	
<i>A. eurynota</i> (Panzer, 1797)															1		1	

7. Bioindykacja

<i>Badister bullatus</i> (Schränk, 1798)				1									1				
<i>B. dilatus</i> (Chaudoir, 1837)			1					3	6				2		7		
<i>B. unipustulatus</i> (Bonelli, 1813)		2	1			1	2		3			6			3		
<i>B. lacertosus</i> (Sturm, 1815)				2				1	2			2		1	2		
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabr.)							3	1				1					
<i>B. nigricorne</i> (Gyllenhal, 1827)								1							1		
<i>Carabus arcensis</i> (Herbst, 1784)	18	4			10						2					19	
<i>C. clatratus</i> (Linnaeus, 1761)					1		1	1	1						2		
<i>C. granulatus</i> (Linnaeus, 1758)		16	3	2		4	5	10	8		2	7	9	4	4		1
<i>C. hortensis</i> (Linnaeus, 1758)					4									16		2	
<i>C. nemoralis</i> (O.F.Müller, 1764)	1																
<i>Calathus erratus</i> (C.R.Sahlberg, 1827)					2					4	7					1	44
<i>C. fuscipies</i> (Goeze, 1777)																	7
<i>C. melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)				4	2											1	7
<i>C. micropterus</i> (Duftschmid, 1812)		3									5						1
<i>Chlaeniellus nigricornis</i> (Fabricius, 1787)						1			2							47	
<i>Clivina fossor</i> (Herbst, 1784)						1											
<i>Cychrus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	1	2		3	2		1	1	3							1	
<i>Dyschirius globosus</i> (Herbst, 1783)		1							2				1				
<i>Elaphrus cupreus</i> (Duftschmid, 1812)						1	1							1	2		
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)				1													
<i>H. picipennis</i> (Duftschmid, 1812)																	1
<i>H. progrediens</i> (Schauberg, 1922)																1	
<i>H. rubripes</i> (Duftschmid, 1812)																2	
<i>H. rufipes</i> (De Geer, 1774)																4	
<i>H. rufitarsis</i> (Illiger, 1778)																5	
<i>H. smaragdinus</i> (Duftschmid, 1812)																3	
<i>H. tardus</i> (Panzer, 1797)				1	1												
<i>H. zabroides</i>																1	
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758)				1	5					4					2		1
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)													1				
<i>Elaphrus cupreus</i> (Duftschmid, 1812)		3															
<i>Masoreus wetterhalli</i> (Linnaeus, 1767)																1	
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)										1							
<i>N. palustris</i> (Duftschmid, 1812)					1												
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)					32						15				1	6	
<i>Oodes helopioides</i> (Fabricius, 1792)		5	4				4	4	13		5		2	4			
<i>Pterostichus aethiops</i> (Panzer, 1797)		3			7										9		
<i>P. anthracinus</i> (Illiger, 1798)		14	16	7	1	17	7	23	17		2	20	12	13	20		
<i>P. diligens</i> (Sturm, 1824)	1		1		1		1	3	5		2	3		1			
<i>P. melanarius</i> Illiger 1798		10	2	3	2	1						1					
<i>P. minor</i> (Gyllenhal, 1827)		1	1			1	1	5	1		1	2	1				

7. Bioindykacja

<i>P. niger</i> (Schaller, 1783)	1	43	80	68	6	4		4	14	1	9		1	3	6	38		4
<i>P. nigrita</i> (Paykul, 1790)			1			1	8	1	4			3	1	1	2	1		
<i>P. oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)					3				1		3					38		
<i>P. strenuus</i> (Panzer, 1797)					1			1	2					1	6			
<i>P. vernalis</i> (Panzer, 1796)		4	6	3				2	4				1		2		5	
<i>P. lepidius</i> (Leske, 1787)																	1	
<i>Panageus cruxmajor</i> (Linnaeus, 1758)					2													
<i>Patrobis atrorufus</i> (Stroem, 1768)		1				3		1	1					1				
<i>Stenolophus mixtus</i> (Herbst, 1784)		1	2					1	1			3						
<i>Synuchus vivialis</i> (Illiger, 1798)		1																
<i>Syntosomus foveatus</i> (Fourcroy, 1785)						1										1	3	
Liczba osobników	22	125	121	156	102	44	44	74	141	6	56	63	39	49	87	188	94	9
Liczba gatunków	5	19	15	16	21	15	14	20	25	3	13	13	12	16	18	15	18	6

8. STAN GEOEKOSYSTEMÓW POLSKI W ROKU 2007 – PODSUMOWANIE

Badania w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w roku hydrologicznym 2007 prowadzone były na siedmiu Stacjach Bazowych: Koniczynie, Pożarach, Puszczy Boreckiej, Storkowie, Szymbarku, Św. Krzyżu i Wigrach. Na wszystkich wymienionych stacjach realizowano 6 programów pomiarowych: A1 – meteorologia, B1 – chemizm powietrza, C1 – chemizm opadów atmosferycznych, F2 – wody podziemne, H1 – wody powierzchniowe – rzeki oraz O1 – fauna epigeiczna. Pozostałe programy pomiarowe realizowane były w różnej konfiguracji na wybranych Stacjach Bazowych.

Bardzo ważną częścią badań monitoringowych jest właściwe rozpoznanie warunków meteorologicznych, a zwłaszcza termiki, opadów oraz dopływu energii słonecznej, gdyż głównie od tych elementów uwarunkowane jest funkcjonowanie geoekosystemów.

Warunki termiczne w roku hydrologicznym 2007 na poszczególnych Stacjach Bazowych były odmienne niż w roku wcześniejszym 2006. Według klasyfikacji termiczno-opadowej sporządzonej dla potrzeb ZMŚP rok 2007 pod względem termicznym i opadowym był rokiem bardzo ciepłym i wilgotnym. W układzie roku hydrologicznego zaznaczyła się przewaga opadów półroczna letniego. Latem występuje duże zróżnicowanie warunków opadowych. Występują w tym czasie również trwale okresy bezdeszczowe.

Pomiary anemometryczne wykazały, że w roku 2007 frekwencja kierunków wiatrów na większości stacji była podobna jak w latach poprzednich, czyli oprócz wiatrów z sektora zachodniego był też spory udział wiatrów z sektora wschodniego.

Pod względem stanów wód podziemnych rok hydrologiczny 2007 był odmienny aniżeli rok wcześniejszy. Na wszystkich Stacjach Bazowych odnotowano wzrost poziomów wód gruntowych i tym samym została zahamowana kilkuletnia tendencja do obniżania się stanów wód podziemnych. Przyczyniły się do tego bardzo znaczne opady atmosferyczne przewyższające wartości z wielolecia 1994-2006, ponadto stosunkowo wysokie temperatury powietrza w okresie zimowym oraz wczesne roztopy.

Maksymalne wartości współczynnika odpływu notowano podobnie jak w latach wcześniejszych w miesiącach zimowych i wczesnowiosennych: w lutym, marcu i kwietniu, co spowodowane było głównie dużymi opadami atmosferycznymi, niewielkim parowaniem i w mniejszym stopniu topnieniem pokrywy śnieżnej.

Warunki pogodowe występujące w roku hydrologicznym 2007 sprzyjały odbudowywaniu retencji gruntowej na badanych obszarach. Opady atmosferyczne wyższe od średniej z wielolecia 1994-2006, a co za tym idzie najczęściej podwyższenie się stanów wód

powierzchniowych i podziemnych miało duże znaczenie dla funkcjonowania badanych geoekosystemów.

Jednym z podstawowych czynników, które mają wpływ na obieg materii w geoekosystemie jest depozycja atmosferyczna.

Na podstawie analizy stężeń dwutlenku siarki i dwutlenku azotu uzyskanych metodą pasywną, w poprzednich latach badawczych wyodrębniano dwie grupy stacji różniących się wielkością zanieczyszczeń powietrza. Pierwszą grupę stanowiły stacje zlokalizowane w Polsce północno-wschodniej: Puszcza Borecka i Wigry oraz stacja zlokalizowana na Pomorzu Zachodnim – Storkowo.

Drugą grupę stanowiły pozostałe cztery stacje, które notowały wielkości zanieczyszczeń powietrza znacznie przekraczające wartości notowane na stacjach z pierwszej grupy.

Porównując zróżnicowanie przestrzenne dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w roku hydrologicznym 2007, zauważalna jest podobna tendencja jak w poprzednich latach. Najniższe stężenia omawianych zanieczyszczeń odnotowano na stacjach Wigry i Puszcza Borecka oraz Storkowo (w przypadku NO_2). W stosunku do roku wcześniejszego odnotowano spadek stężeń dwutlenku siarki na wszystkich Stacjach Bazowych. W przypadku stężeń dwutlenku azotu na trzech stacjach (Koniczynka, Pożary, Storkowo) zanotowano spadek wartości, w Puszczy Boreckiej stężenie NO_2 utrzymało się na tym samym poziomie, natomiast na pozostałych stacjach: Szymbark, Św. Krzyż, Wigry nastąpił wzrost stężeń analizowanego wskaźnika w roku hydrologicznym 2007.

Chemizm opadów atmosferycznych zależy przede wszystkim od warunków meteorologicznych oraz zanieczyszczeń powietrza.

Na podstawie uzyskanych danych zauważalna jest stabilność odczynu opadów atmosferycznych. Wartości odczynu opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2007 na poszczególnych Stacjach Bazowych kształtowały się na podobnym poziomie i mieściły się w przedziale od 4,71 do 5,98 jednostki pH. Zmienność czasowa odczynu w kilku ostatnich latach wykazuje niewielki trend wzrastający pH (Koniczynka, Pożary, Św. Krzyż, Szymbark). Jedynie w przypadku Wigier wystąpił niewielki spadek odczynu, pomimo lokalizacji stacji z dala od źródeł emisji zanieczyszczeń. Obniżone wartości odczynu wystąpiły najczęściej w miesiącach zimowych, natomiast podwyższone w okresie letnim.

Wartości średnie, miesięczne przewodności elektrolitycznej właściwej w ubiegłym roku mieściły się w przedziale od wartości niewielkich (0,80 mS/m w Puszczy Boreckiej) do wartości bardzo wysokich (6,64 mS/m na Św. Krzyżu). Nie zaobserwowano stałej tendencji

rocznej, jednak w kilku przypadkach zauważalne są wyższe wartości przewodności w okresie zimowym, a niższe w ciepłym półroczu (Św. Krzyż, Szymbark, Storkowo).

Rok 2007 był rokiem wilgotnym, co uwidoczniło w wielkości rocznej depozycji atmosferycznej. Analizując jej zróżnicowanie przestrzenne na poszczególnych Stacjach Bazowych widoczna jest spora dysproporcja.

Wysokie wartości depozycji atmosferycznej odnotowano w Pożarach, a niskie w Konieczynie, która również zlokalizowana jest w pobliżu dużej aglomeracji miejskiej. Na trzech stacjach (Pożary, Szymbark, Wigry) odnotowano przyrost rocznej depozycji atmosferycznej w stosunku do roku poprzedniego, przy czym najbardziej widoczny wzrost wystąpił w zlewniach Kanału Olszowieckiego i Czarnej Hańczy. Analiza zmienności czasowej depozycji pozwala wydzielić półrocze letnie jako okres zwiększonego dopływu substancji rozpuszczonych z opadem atmosferycznym.

W strefie klimatu umiarkowanego roślinność wywiera duży wpływ na obieg wody oraz cykle biogeochemiczne pierwiastków. Z jednej strony stanowi filtr dla zanieczyszczeń, a z drugiej strony roślinność pobiera z opadów niektóre jony lub wydala np. kwasy organiczne.

Opad atmosferyczny przechodzący przez strefy koron drzew ulega nie tylko zmianom jakościowym, ale również ilościowym. Zmienia się ilość wody i czas jej dotarcia do podłoża. W poszczególnych miesiącach korony drzew zatrzymywały od 24 do 95% wód opadowych.

W roku hydrologicznym 2007 w przypadku dwóch stacji Św. Krzyża i Wigier odnotowano pH opadu podkoronowego niższe od opadu na otwartej przestrzeni. W przypadku dwóch pozostałych stacji odnotowano sytuację odwrotną, polegającą na wyższych wartościach odczynu opadu podkoronowego niż na terenie otwartym. W przypadku stacji w Szymbarku odczyn pod drzewostanem grabowym był wyższy niż na terenie otwartym, a pod drzewostanem świerkowym niższy.

Znacznie bardziej kwaśne od opadu podkoronowego są wody spływające po pniach drzew. Średnie roczne ważone odczynu tych wód są niższe od pH opadu podkoronowego od 0,26 do 1,33 jednostki pH. Wyjątek stanowią wody spływające po pniach graba w Puszczy Boreckiej, które w skali roku są wyższe o 0,23 jednostki pH od opadu podkoronowego. Zaznacza się dysproporcja między półroczem zimowym i letnim. Zimą odnotowano niższe wartości odczynu, czyli wystąpiła taka sama sytuacja jak w przypadku odczynu opadów na terenie otwartym. Zasadniczym czynnikiem decydującym o kwasowości wód przenikających przez strefy koron drzew jest depozycja atmosferyczna.

Opad atmosferyczny po przejściu przez strefy koron drzew ulega transformacji i jest wzbogacany w związki chemiczne, które powodują wzrost konduktancji.

Średnie ważone roczne przewodności elektrolitycznej właściwej są bardzo zróżnicowane i wyższe niż na terenie otwartym. Kształtują się od wartości 3,93 mS/m pod grabem w Szymbarku do wartości 12,45 mS/m w drzewostanie jodłowym na Św. Krzyżu. Wyższe wartości konduktancji wystąpiły pod koronami drzew iglastych, a niższe pod drzewami liściastymi.

Wody spływające po pniach drzew charakteryzują się znacznie wyższą konduktancją niż pod koronami.

Pomiary chemizmu opadu organicznego prowadzone były w 2007 roku na 3 Stacjach Bazowych: Puszcza Borecka, Wigry i Święty Krzyż.

Po zebraniu opad był dzielony na 4 frakcje. W układzie rocznym większy opad był w okresie jesiennym i niewielki w okresie zimowym. W składzie chemicznym opadu organicznego dominuje węgiel organiczny. Na kolejnych miejscach plasują się azot ogólny i wapń. W najniższych stężeniach występuje sód poniżej 1 kg/ha/rok.

Pomiary chemizmu roztworów glebowych prowadzono w 2007 roku na trzech Stacjach Bazowych: Święty Krzyż, Wigry oraz Storkowo.

Na Św. Krzyżu roztwory glebowe w całym mierzonym profilu są kwaśne. Wraz z głębokością następuje spadek kwasowości. Uzyskane w roku 2007 wartości pH w roztworach glebowych na wszystkich głębokościach, wykazują spadek wartości pH w porównaniu do średnich z roku 2006.

Rozkład odczynu w Wigrach w minionym roku hydrologicznym wskazuje na wzrost pH wraz z głębokością, a w Storkowie na spadek odczynu wraz z głębokością.

Analiza składu chemicznego wód powierzchniowych pozwala zaliczyć je, według klasyfikacji Altowskiego i Szwieca, do wód prostych, dwuskładnikowych wodorowęglanowo-wapniowych w zlewniach górnej Parsęty i Czarnej Hańczy oraz trójskładnikowych wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowych w zlewni Bystrzanki. Na Św. Krzyżu również są wody dwuskładnikowe wapniowo-siarczanowe i siarczanowo-wapniowe.

Wody rzeczne badane na wszystkich Stacjach Bazowych w ramach programu wody powierzchniowe rzeki należą pod względem odczynu do wód obojętnych lub lekko zasadowych. Wyjątkiem są wody na Św. Krzyżu, które należą do wód lekko kwaśnych.

Pod względem konduktancji badane wody powierzchniowe należą do wód wysoko mineralizowanych.

Uzyskane wyniki świadczą o zasilaniu wód powierzchniowych w większości badanych zlewni przez systemy wód śródglebowych i gruntowych. Wyjątek stanowią wody śródleśnego potoku na Św. Krzyżu, gdzie dominuje zasilanie opadowe.

Największe wartości odpływu odnotowano w większości badanych zlewni w miesiącach wczesnowiosennych tuż po roztopach, zimowych ze względu łagodną zimą oraz po letnich opadach w lipcu i wrześniu. W okresach wiosennych charakteryzujących się wysokimi przepływami maleją stężenia takich związków jak jony wodorowęglanowe, wapń i magnez. Podstawowym ich źródłem są procesy denudacji chemicznej.

Zmienność czasowa koncentracji biogenów nawiązuje do wielkości odpływu ze zlewni. Największy odpływ ma miejsce najczęściej w półroczu zimowym i w tym okresie notuje się największą koncentrację składników biogennych w wodach powierzchniowych. Wysokie stężenia biogenów w okresie zimowym wiązać należy z procesami wymywania tych związków z gleby, a najniższe latem w związku z pobieraniem ich przez organizmy.

Według *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004r (Dz.U.04.32.284 – Klasyfikacja dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód)*, w najgorszym stanie są wody Strugi Toruńskiej, zaliczane do IV klasy – niezadowolającej jakości.

Wody Parsęty górnej Parsęty i Młyńskiego Potoku w roku hydrologicznym 2007 zostały zakwalifikowane do klas czystości od I do III. Z kolei wody Czarnej Hańczy i Bystrzanki odpowiadają III klasie czystości. W Puszczy Boreckiej zakwalifikowano wody do II klasy. Na Św. Krzyżu odczyn zaliczono do najgorszej V klasy jakości wód, co jest efektem uwarunkowań środowiskowych związanych z procesami zakwaszania. Do IV klasy czystości zaliczono mangan, a do II: fosforany, zawartość tlenu, żelazo oraz przewodność. Pozostałe elementy wskazują na I klasę czystości wód.

Program epifity nadrzewne (M1) prowadzony był w 2007 roku na pięciu Stacjach Bazowych: Koniczynka, Storkowo, Św. Krzyż, Pożary i Wigry.

W Storkowie zaobserwowano zwiększenie powierzchni całkowitej większości gatunków monitorowanych porostów. Od początku badań wzrasta powierzchnia plech *Pertusaria amara*. Nieznacznie wzrosła powierzchnia *Hypogymnia physodes* oraz *Melanelia fuliginosa*. Zaobserwowano dalszy wzrost powierzchni *Parmelia submontana*. Stałą tendencją spadkową charakteryzuje się *Platismatia glauca*. Zanotowano również zdecydowane zmniejszenie powierzchni *Evernia prunastri*. Nieznacznie zmniejszyła się powierzchnia drugiego po otwornicy gatunku skorupiastego – *Phlyctis argena*.

8. Stan geoekosystemów polski w roku 2007 – podsumowanie

Na Św. Krzyżu na wszystkich powierzchniach zanotowano przyrost powierzchni zajmowanej przez porosty. Powierzchnia plechy *Hypogymnia physodes* wzrosła od 0,1% i 0,4%. W Pożarach wielkość 4 z 7 monitorowanych powierzchni od 2002 roku zwiększyła się w wyniku rozrostu korowiny drzew. W Wigrach nie zaobserwowano stałej tendencji. Niektóre z porostów zwiększyły swoje powierzchnie, a inne zmniejszyły.

Drugim programem w ramach ZMŚP, w którym wykorzystuje się bioindykatory jest program (O1) fauna epigeiczna. Wyniki badań biegaczowatych *Carabidae* przeprowadzone w roku hydrologicznym 2007 w różnych typach siedliskowych świadczą o stabilności pod względem liczby odłowów i struktury troficznej.

Funkcjonowanie geoekosystemów w Polsce w 2007 roku uzależnione było przede wszystkim od panujących warunków meteorologicznych, a zwłaszcza stosunków termiczno-opadowych. Istotnym czynnikiem mającym wpływ na obieg materii jest depozycja atmosferyczna. Nie bez znaczenia jest też wpływ działalności człowieka, a przez to wprowadzanie do środowiska zanieczyszczeń przemysłowych i rolniczych wzmagające procesy eutrofizacji wód powierzchniowych. Zachodzą też zmiany struktury użytkowania terenu. Rozpoznanie wszystkich tych elementów jest konieczne do poznania stanu aktualnego geoekosystemów co pozwala na określenie tendencji rozwoju środowiska, kierunków zagrożeń i możliwości ochrony.

9. LITERATURA

- BOCHENEK, W. (red.), 2008: Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (Beskid Niski) w roku hydrologicznym 2007. Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN, Szymbark.
- Gil, E., Bochenek, W., 1998: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Szymbarku za lata hydrologiczne 1994-1997, [W:] Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geoeosystemów Polski w latach 1994-1997. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, s. 183-222.
- JÓŹWIAK, M., KOZŁOWSKI, R., WRÓBLEWSKI, H., 2008: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Święty Krzyż” za rok 2007. Uniwersytet Humanistyczno – Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Kielce.
- KEJNA, M.(red.), 2008: Raport za rok hydrologiczny 2007. Stacja Bazowa ZMŚP w Konieczynie, UMK, Toruń.
- KOSTRZEWSKI, A. (red.), 2008: Raport Stacji Bazowej ZMŚP w Storkowie za rok 2007. UAM, Poznań.
- KOSTRZEWSKI, A., MAZUREK, M., ZWOLIŃSKI, Z., 1994: Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni. Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich. Poznań.
- KOTARBA, A., 1970: Charakterystyka rzeźby okolic Szymbarku. [W:] Badania fizyczno-geograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej Instytutu Geografii PAN w Szymbarku. Pr. zb. pod red. L. Starkla. Dokumentacja Geogr., z. 3.
- KRUSZYK, R., 2006: Opracowanie sprawozdania o stanie geoeosystemów Polski w roku 2005. Raport ZMŚP, Poznań.
- KRZYSZTOFIAK, L., 1997: Stacja Bazowa Wigry – jej struktura i główne zadania. [W:] L. KRZYSZTOFIAK (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja Bazowa Wigry (Wigierski Park Narodowy): 14-17. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- KRZYSZTOFIAK, L. (red.), 2008: Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej Wigry za rok 2007. Krzywe.

9. Literatura

- LORENC, H., 1998: Ocena stopnia realizacji programu „obserwacje meteorologiczne i badania klimatyczne w systemie zintegrowanego monitoringu środowiska” oraz synteza uzyskanych wyników badań za okres 1994-1997. [W:] A. KOSTRZEWSKI (red.), Zintegr. Monit. Środ. Przynr., Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geoeosystemów Polski. Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 113-118.
- MACIOSZCZYK, A., 1987: Hydrogeochemia. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- OLSZEWSKI, A., WIERZBICKI, A.(red.), 2008: Raport o stanie środowiska przyrodniczego zlewni Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Pożary” w 2007 roku. Kampinoski Park Narodowy, Granica.
- STARKEL, L., 1972: Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat (i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej). Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, zeszyt 10, s.75-91.
- ŚNIEŻEK, T. (red.), 2008: Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej ZMŚP Puszcza Borecka w roku hydrologicznym 2007. IOŚ, Warszawa.
- WIERZBICKI, A., ANDRZEJEWSKA, A., 2007: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Pożary” za rok 2006. Kampinoski Park Narodowy, Granica.
- WÓJCIK, G., (red.), 1998: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Koniecinie k. Torunia za lata hydrologiczne 1994-1997, [W:] A. Kostrzewski (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geoeosystemów Polski w latach 1994-1997. Bibl. Monit. Środ. Warszawa, s. 123-160.