RAPORT KOŃCOWY

z realizacji zadania

„MONITORING EFEKTÓW HYDROLOGICZNYCH PRAC W GÓRNEJ ŁYNIE"

w roku 2013 w ramach umowy nr CKPŚ/382/HRP-III/3 zawartej w dn. 20 marca 2013 r. z Polskim Towarzystwem Ochrony Ptaków w ramach projektu

„OCHRONA ŻÓŁWIA BŁOTNEGO W WOJ. WARMIŃSKO–MAZURSKIM – ETAP 2"

współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków E F R R w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

AUTORZY OPRACOWANIA:

dr hab. Katarzyna Glińska-Lewczuk, prof. nadzw.

mgr inż. Paweł Burandt

dr Paweł Sowiński

mgr inż. Cristina Maria Timofte

Olsztyn 2014

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI ..... Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

1. PODSTAWA I CEL OPRACOWANIA **3**

2. ZAKRES PRAC BADAWCZYCH **3**

3. METODYKA WYKONANYCH BADAŃ **5**

3.1. ROZPOZNANIE TERENOWE-SIEĆ OBSERWACYJNO-POMIAROWA 5

3.2. OBSERWACJE I POMIARY HYDROLOGICZNE 8

3.3. MONITORING WŁASCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH wody 10

3.4. ANALIZA OBSZARÓW ZASILANIA ZBIORNIKÓW (ZLEWNI HYDROGRAFICZNYCH), KIERUNKI ODPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH 12

3.5. OPRACOWANIE WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH 12

4. WYNIKI BADAŃ 13

4.1. LOKALIZACJA I WARUNKI PRZYRODNICZE OBSZARU I OBIEKTÓW BADAŃ 13

4.2. UŻYTKOWANIE TERENU 20

4.3. SIEĆ HYDROGRAFICZNA I OBSZARY ZLEWNI RZECZNYCH 23

4.2. SYTUACJA METEOROLOGICZNA a WARUNKI HYDROLOGICZNE 37

4.2.1. Zasoby wodne 38

4.2.2. Stany wód 41

4.2.3. Kierunki odpływu wody 50

4.3. WŁASCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WÓD 58

WNIOSKI I PODSUMOWANIE 65

1. PODSTAWA I CEL OPRACOWANIA

Opracowanie zostało wykonane na zlecenie PTOP pt. „*Monitoringu efektów hydrologicznych prac w górnej Łynie*" będącego elementem projektu „*Ochrona Żółwia błotnego w woj. warmińsko – mazurskim – etap 2*", zwanego dalej Projektem, współfinansowanego przez Unie Europejska ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej".

Głównym celem zadania badawczego jest ocena dynamiki zmian zasobów wodnych w zlewni górnej Łyny, ze szczególnym uwzględnieniem miejsc występowania żółwia błotnego, na podstawie prac monitoringowych z zakresu hydrologii i hydrochemii.

2. ZAKRES PRAC BADAWCZYCH

Zakres opracowania hydrologicznego i hydrochemicznego został podporządkowany wieloaspektowej charakterystyce środowiska przyrodniczego na obszarze zlewni górnej Łyny – od strefy źródliskowej po miejscowość Brzeźno Łyńskie, zgodnie z wymaganiami określonymi w Umowie.

Złożony i szeroki zakres prac narzucił wykonanie opracowania w następującym układzie:

- prac przygotowawczych,
- prac terenowych,
- prac analitycznych.

2.1. PRACE PRZYGOTOWAWCZE

- Pozyskanie i wstępna analiza materiałów źródłowych (kartograficznych i publikacji naukowych) w celu opracowania charakterystyki przyrodniczo-morfologicznej zlewni.
- Analiza zebranych map topograficznych pod kątem określenia granic obszarów zasilania zbiorników wodnych – miejsc potencjalnego bytowania żółwia błotnego; oraz charakterystyki hydrografii terenu badań;
- Zakup materiałów do wykonania piezometrów;
- Wybór, pod kątem dopasowania do potrzeb planowanych badań, czujników tzw. data-loggerów do rejestracji stanów wód gruntowych umieszczonych na każdym z badanych obiektów.

2.2. PRACE TERENOWE

- Rozpoznanie terenowe.
- Wybór miejsc obserwacyjno-pomiarowych, w tym:
    - Wytypowanie zbiorników retencyjnych;
    - Wykonanie i lokalizacja piezometrów;
- Wytypowanie miejsc do instalacji 7 czujników do ciągłej rejestracji stanów wody na badanym obszarze;
- Wizja terenowa polegająca na określeniu potencjalnych źródeł zanieczyszczeń w zlewni jeziora Orłowo Małe i Orłowo Wielkie oraz zlewniach oczek wodnych (naturalnych i sztucznych);
- Wytypowanie miejsc poboru prób wody do analiz jakościowych;
- Odczyty stanów wód i pomiary właściwości fizyko-chemicznych w terenie;
- Pobory próbek wody do analiz laboratoryjnych;
- Wykonanie dokumentacji fotograficznej.

2.3. PRACE ANALITYCZNE

- Kalibracja urządzeń pomiarowo – badawczych;
- Wykonanie oznaczeń składu chemicznego próbek wody w warunkach laboratoryjnych;
- Analiza danych hydrologicznych i hydrochemicznych;
- Opracowanie graficzne materiału kartograficznego.

Prace terenowe przeprowadzono na obszarze zlewni górnej Łyny zgodnie z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej (*Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej*).

3. METODYKA WYKONANYCH BADAŃ

3.1. ROZPOZNANIE TERENOWE-SIEĆ OBSERWACYJNO-POMIAROWA

Na podstawie obserwacji terenowych przeprowadzonych w kwietniu 2013 r. dokonano wyboru lokalizacji punktów obserwacyjno badawczych hydrologicznych i pomiarów hydrochemicznych na sieci hydrograficznej w dolinie górnej Łyny.

Wykorzystując obecność zbiorników wodnych wykonanych w ramach projektu utworzono własną sieć obserwacyjno- pomiarową obejmująca następujące obiekty hydrograficzne (**Rys. 1**):

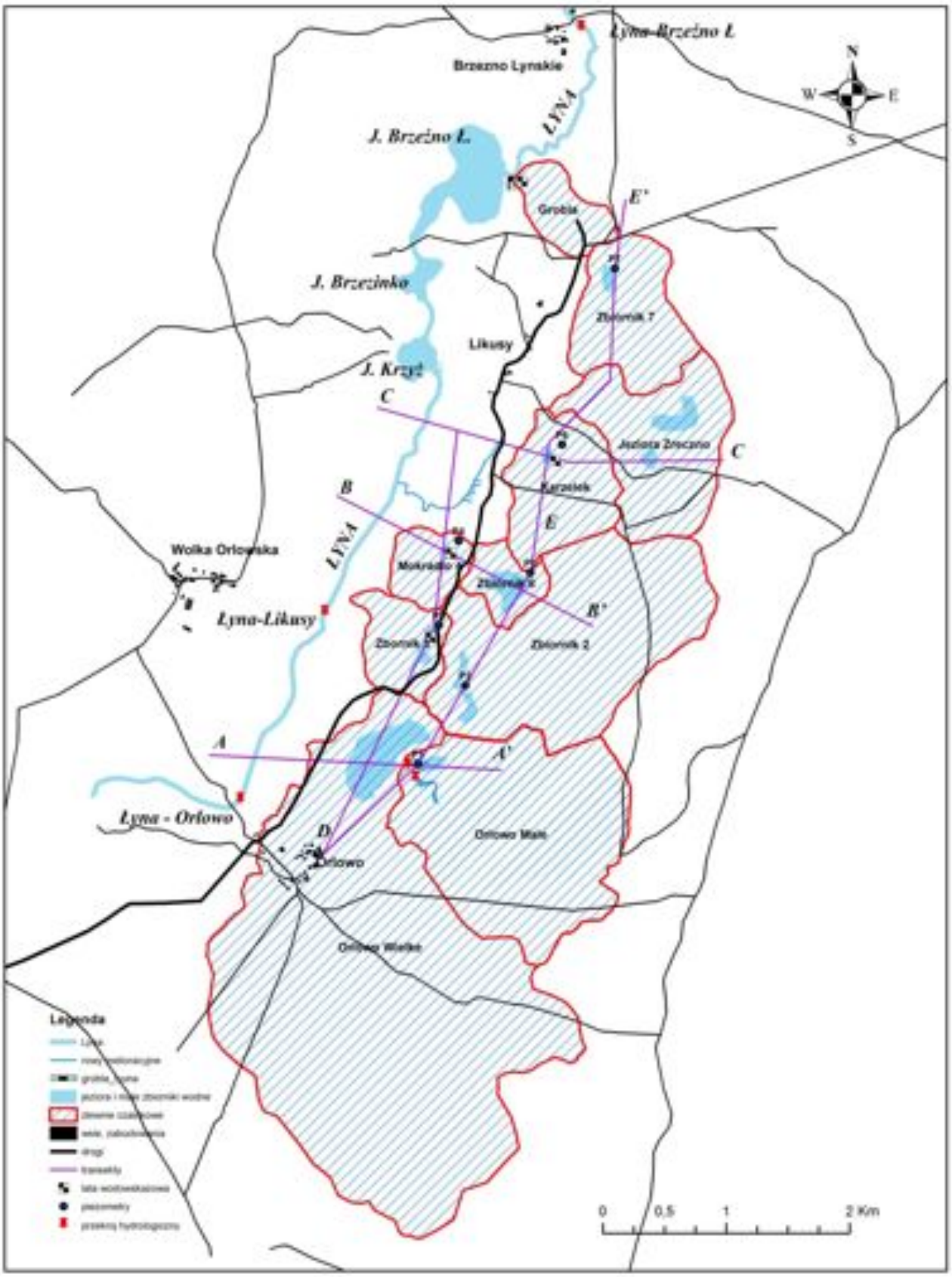
-obiekty naturalne:

- jeziora polodowcowe:
  - ✓ Jezioro Orłowo Małe (OM),
  - ✓ Jezioro Orłowo Wielkie (OW),
  - ✓ Jezioro Karzełek (6),
- śródleśne mokradło w odległości ok. 2 km na południe od miejscowości Likusy (zbiornik 4);
- wody płynące:
  - ✓ dopływ do jezioro Orłowo Małe (rów),
  - ✓ dopływ do jeziora Orłowo Wielkie (rów),
  - ✓ Łyna w trzech przekrojach: Orłowo, Likusy, Brzeźno Łyńskie;
- wody gruntowe (7 piezometrów, wyposażonych w data-loggery);

-zbiorniki antropogeniczne (PTOP 2013): 5 zbiorniki wód powierzchniowych (zbiornik 2, zbiornik 3, zbiornik 4, zbiornik 8, mokradło powyżej grobli)

Każdy z obiektów wyposażono w urządzenia pomiarowe: łaty wodowskazowe bądź repery oraz czujniki czyli data-loggery, do automatycznej rejestracji stanów wód i ich temperatur.

Punkty pomiarowe lokalizowano za pomocą ręcznych odbiorników GPS pozwalających na określenie położenia w terenie z dokładnością do ok. 1 m. Pomiary prowadzone były z wykorzystaniem dwuczęstotliwościowego odbiornika GPS GMS-2 firmy TOPCON oraz odbiornika GPS firmy Garmin.



Rys.1. Lokalizacja obszarów badań objętych monitoringiem efektów hydrologicznych w dolinie górnej Łyny

Tabela 1

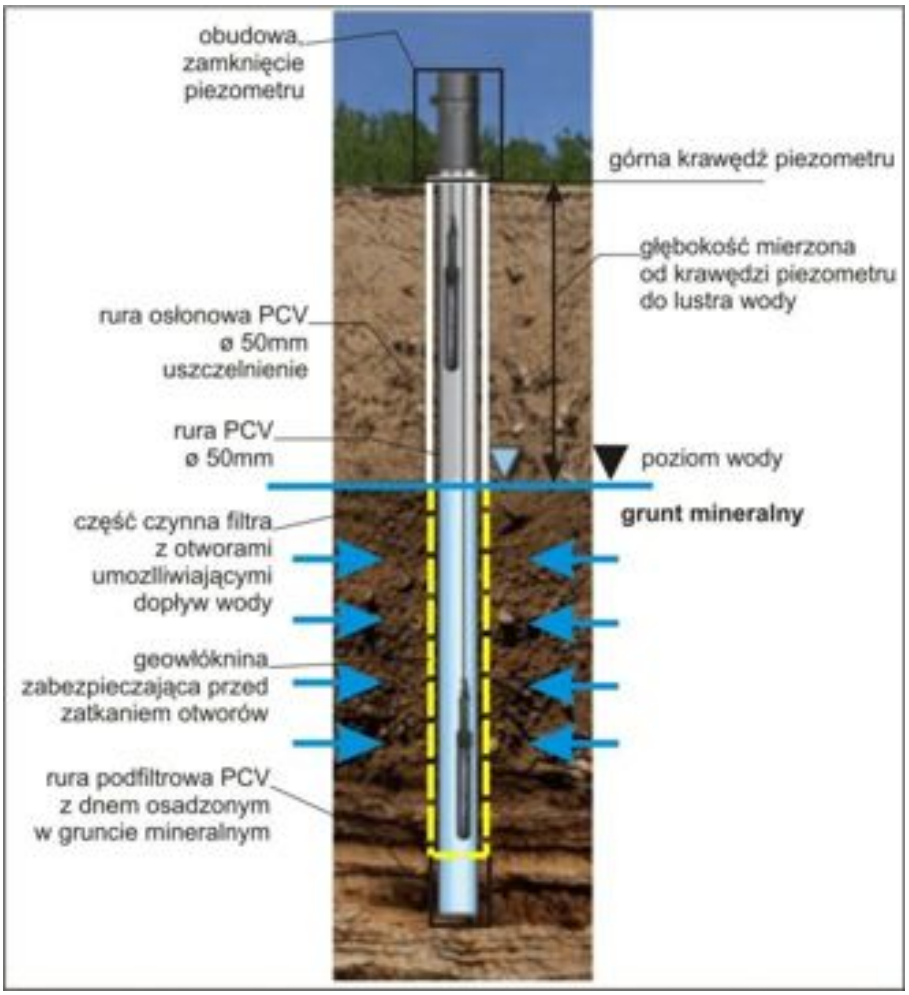
Wykaz obiektów hydrograficznych i piezometrów na obszarze badań

OBIEKT	Współrzędne geograficzne		Rzędna m n. p.m.	
	Szerokość geograficzna	Długość gegraficzna	Maks.	Min.
Zbiorniki wodne				
Orłowo Małe (OM)	N 53°27.3807'	E 020°27.9755'	140,72	140,59
Orłowo Wielkie (OW)	N 53°27.4005'	E 020°27.8226'	140,03	139,57
Ciek łączący OM z OW	N 53°27.2815'	E 020°27.8419'	-	-
Zbiornik wodny 2	N 53°27.6625'	E 020°28.2595'	136,56	136,28
Zbiornik wodny 3	N 53°27.9538'	E 020°28.0622'	134,65	134,57
Zbiornik wodny 4	N 53°28.3025'	E 020°28.1745'	130,38	129,94
Zbiornik wodny 6	N 53°28.7434'	E 020°28.9011'	130,27	129,92
Zbiornik wodny 7	N 53°29.5327'	E 020°29.2592'	128,48	128,09
Piezometry			zamknięcie piezometru	teren przy piezometrze
Piezometr (P1)	N 53°27.2049'	E 20°27.5162'	140,80	140,65
Piezometr (P2)	N 53°27.4102'	E 20°28.1208'	136,87	136,87
Piezometr (P3)	N 53°27.5670'	E 20°28.0024'	135,82	135,82
Piezometr (P4)	N 53°28.1846'	E 20°28.1064'	131,18	131,18
Piezometr (P6)	N 53°28.4482'	E 20°28.5338'	130,05	129,58
Piezometr (G7)	N 53°29.3103'	E 20°29.1558'	129,67	129,67
Przekroje pomiarowe natężenia przepływu				
Rów - dopływ do OM	N 53°27.1705'	E 20°27.4980'		
Rów - dopływ do OD	N 53°27.1717'	E 20°27.4876'		
Łyna Orłowo	N 53°27.1044'	E 20°26.3972'		
Łyna Likusy	N 53°27.5990'	E 20°27.1670'		
Łyna Brzeźno	N 53°30.3558'	E 20°29.0538'		

3.2. OBSERWACJE I POMIARY HYDROLOGICZNE

3.2.1. POMIARY ZALEGANIA WÓD GRUNTOWYCH

Na każdym stanowisku obserwacyjnym, tj. w pobliżu sztucznego lub naturalnego zbiornika wodnego zainstalowano studzienki obserwacyjne stanów wód w postaci piezometrów (**Rys.2**).



Rys. 2. Schemat budowy piezometru z zainstalowanym czujnikiem poziomu wody

Każdy piezometr został umieszczony w podłożu do głębokości 5 – 6 m, tak aby rura podfiltrowa osadzona została w sposób trwały w gruncie mineralnym. W każdym z piezometrów umieszczono czujnik czyli tzw. data-logger do automatycznej rejestracji stanów wód firmy HOBO (**Rys. 3**), które zainstalowano na potrzeby realizacji niniejszego projektu. Funkcjonują one od maja 2013 r, rejestrując stany wody z dokładnością do 1 cm i temperaturę wody co godzinę. Każdy z nich posiada pojemność 28 000 danych, co oznacza możliwość ciągłej pracy przez 3 lata. Zaletą ww urządzeń jest jednoczesny pomiar temperatury wody. Każdy z czujników został umieszczony w piezometrze, tak aby uchwycić zróżnicowane stany wody w okresie obserwacji, oraz na tyle głęboko aby uniknąć ewentualnego zamarznięcia (ok. 1,5 – 2,0 m p.p.t).

Rys. 3. Zestaw do pomiaru wysokości zwierciadła wody firmy HOBO z czytnikiem danych

3.2.2. OBSERWACJE ZWIERCIADŁA WÓD I NATĘŻENIA PRZEPŁYWU POWIERZCHNIOWYCH

Poza stanami wód gruntowych, pomiarami objęto wody powierzchniowe stojące i płynące. Na czterech obiektach zainstalowano łaty wodowskazowe z podziałką umożliwiającą odczyt z dokładnością do 1 cm.

Dodatkowo wody powierzchniowe poddano analizom fizykochemicznym w warunkach zarówno terenowych jak i laboratoryjnych, na obecność występowania składników biogennych i głównych jonów w wodzie. W miejscach, gzie instalacja łat wodowskazowych była niemożliwa lub utrudniały ja warunki terenowe, umieszczono repery w postaci markerów lub gwoździ.

Na ciekach (Łyna oraz ciek zasilający jezioro Orłowo Małe i Orłowo Wielkie) wykonywane są pomiary natężenia przepływu. Pomiary hydrologiczne wykonywano za pomocą metody wykorzystującej zależność:

$$Q = F \cdot v,$$

gdzie:

$\boldsymbol{Q}$ – natężenie przepływu (m^3/s);

$\boldsymbol{F}$ – przekrój poprzeczny koryta (m^2),

$\boldsymbol{v}$ – prędkość wody w korycie rzecznym (m/s).

Przepływ Q obliczono wykorzystując powszechnie w hydrologii stosowaną formułę, gdzie przepływ jest iloczynem prędkości wody w korycie i powierzchni przekroju poprzecznego koryta - zgodnie z metodyką opisaną przez BAJKIEWICZ – GRABOWSKĄ I MAGNUSZEWSKIEGO (2002). Pomiary prędkości punktowej wykonano za pomocą elektromagnetycznego miernika prędkości przepływu firmy *Valeport* (Wielka Brytania). Pole powierzchni przekroju koryta cieku zmierzono łatą mierniczą z dokładnością do 1 cm (**Fot. 1**).

Fot. 1. Pomiar natężenia przepływu Łyny w przekroju Łyna Orłowo

3.3. MONITORING WŁASCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH WODY

Podczas każdej serii pomiarowej stanów wód na zbiornikach i piezometrach prowadzono obserwacje właściwości cech fizykochemicznych wody w terenie, wieloparametryczną sondą YSI *Professional Plus* (**Rys. 4**). Za pomocą tego urządzenia, po uprzedniej kalibracji, bezpośrednio w terenie wykonywano pomiary temperatury, przewodności, odczynu i tlenu rozpuszczonego i potencjału redox. Próbki wody do analiz laboratoryjnych pobrano w 2013 roku, zgodnie z harmonogramem, trzykrotnie 15 maja, 3-5 sierpnia i 12 listopada z punktów pomiarowych. W 2014, z uwagi na postępujący deficyt wodny, ilość obserwacji zwiększono, utrzymując reżim

pomiarowo-obserwacyjny co miesiąc lub co dwa miesiące: 19 marca 2014, 28 kwietnia 2014, 3 czerwca 2014, 8 lipca 2014, 17 września 2014 r. oraz 27 października 2014 r.

Rys. 4. Sonda wieloparametryczna do badań jakości wód w terenie, YSI Professional Plus (USA).

Próbki wody do analiz laboratoryjnych były pobierane do 5L polietylenowych pojemników i transportowane w lodówce samochodowej do laboratorium. W pobranych próbkach wody oznaczono laboratoryjnie powszechnie uznanymi metodami [HERMANOWICZ I IN. 1999] następujące wskaźniki: N-NH_4 metodą Nesslera, N-NO_2 kolorymetrycznie z kwasem sulfanilowym, N-NO_3 kolorymetrycznie z kwasem dwusulfofenolowym, Pog i P-PO_4 kolorymetrycznie z molibdenianem amonu i chlorkiem cynawym. Jony sodu, wapna i potasu metodą emisyjnej spektrofotometrii atomowej; magnez kolorymetrycznie (z żółcienią tytanową), chlorki – metodą Mohra a chemiczne zapotrzebowanie tlenu metodą dwuchromianową.

Zakres analiz fizykochemicznych obejmował:

a) analizy terenowe

Temperatura st. C
Przewodność elektrolityczna właściwa EC
Odczyn pH
Tlen rozpuszczony mg/l, %
Potencjał redox mV
Całkowita ilość substancji rozpuszczonych (TDS)

b) analizy laboratoryjne

Azot amonowy N-NH_4	wapń Ca
Azot azotynowyN-NO_2	magnez Mg
Azot azotanowyN-NO_3	potas K
Fosfor fosforanowy P-PO_4	sód Na
Fosfor ogólny Pog	chlor Cl
Chemiczne zapotrzebowanie tlenu ChZT	wodorowęglany HCO_3

Prace analityczne obejmowały opracowanie wyników pomiarów terenowych, laboratoryjne analizy jakości pobranych próbek wody, interpretację uzyskanych wyników (w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód – Dz. U. Nr 32, poz. 284, 2004 r.; przy użyciu metody interpretacji wyników badań jakości wód dla warunków skróconego monitoringu). Prace analityczne obejmowały opracowanie wyników pomiarów terenowych, laboratoryjne analizy jakości pobranych próbek wody, interpretację uzyskanych wyników.

3.4. ANALIZA OBSZARÓW ZASILANIA ZBIORNIKÓW (ZLEWNI HYDROGRAFICZNYCH), KIERUNKI ODPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH

W ramach prac nad monitoringiem torfowisk przygotowano materiały wyjściowe do stworzenia map zlewni hydrograficznych. Wyznaczono kierunki potencjalnego odpływu wody. W oparciu o dostępną dokumentację hydrogeologiczną (Mapa hydrogeologiczna Polski 1: 200000, (wydawnictwo PIG); Mapa geologiczna Polski 1: 50 000(wydawnictwo PIG); Mapa geomorfologiczna Polski 1: 50 000 (wydawnictwo PIG). W celu zobrazowania analizowanych danych wykonano mapy tematyczne wykorzystując pakiet ArcGIS 10.0. Matematyczno-statystyczne opracowania wyników analiz dokonano korzystając z pakietu procedur statystycznych zawartych w programie Statistica 10.0 firmy StatSoft. Analizę grupowania obiektów i analizę składowych głownych PCA wykonano wykorzystując program Community Analysis package CAP 5.0 (firmy Pisces, Wielka Brytania).

3.5. OPRACOWANIE WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH

Aby właściwie zinterpretować wyniki monitoringu efektów hydrologicznych prac hydrotechnicznych polegających na budowie małych zbiorników retencyjnych w celu ochrony żółwia błotnego w woj. warmińsko–mazurskim w latach 2013 i 2014 należało poddać analizie sytuację meteorologiczną w okresie obserwacji (2013-2014) na tle sytuacji meteorologicznej w wieloleciu 1993-2014. W tym celu skorzystano z danych meteorologicznych prezentowanych przez system automatycznych pomiarów zanieczyszczeń powietrza Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Olsztynie umieszczonych na stronie internetowej www.wios.olsztyn.pl. oraz danych meteorologicznych z wielolecia ze stacji meteorologicznej UWM w Olsztynie zlokalizowanej w Tomaszkowie k/Olsztyna.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. LOKALIZACJA I WARUNKI PRZYRODNICZE OBSZARU I OBIEKTÓW BADAŃ

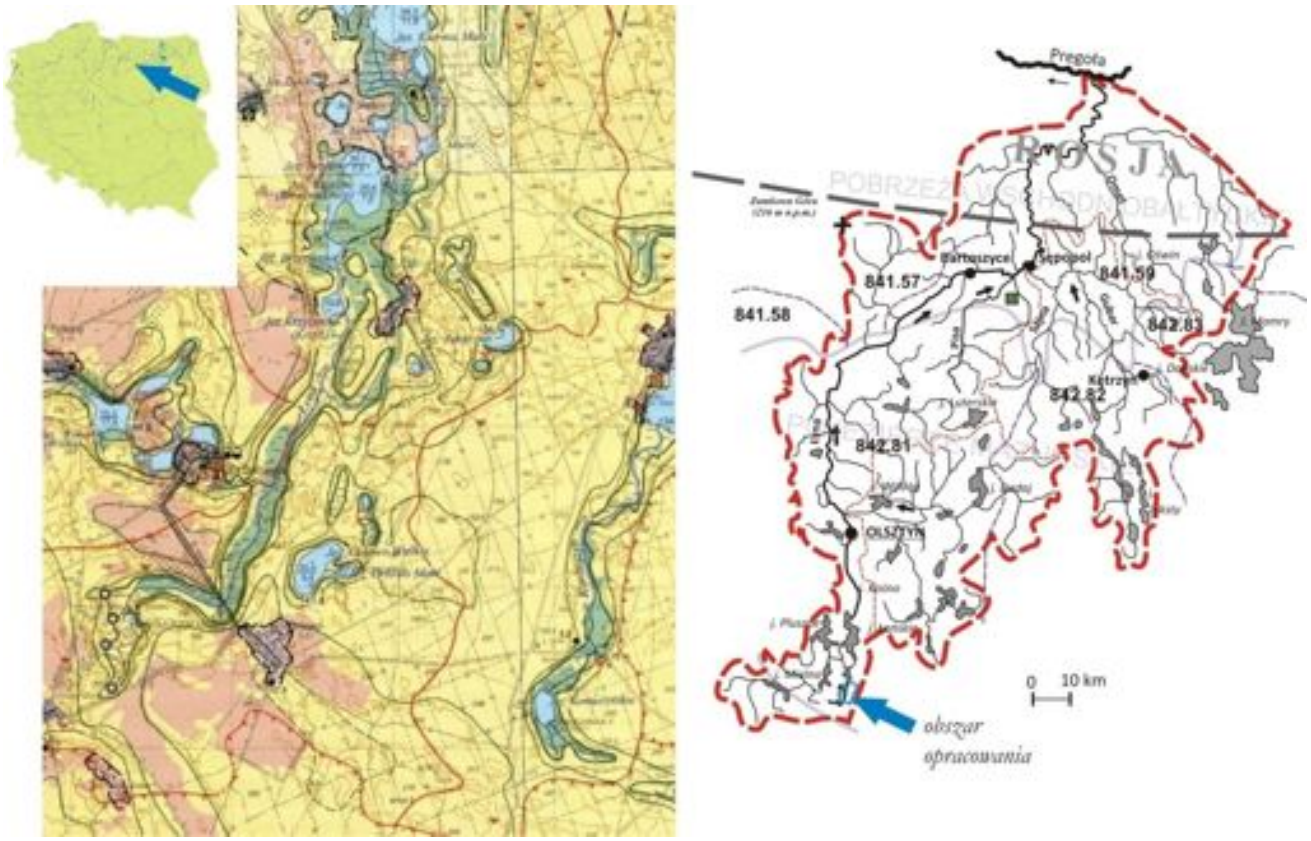
Obszar badań obejmuje zlewnię górnej Łyny (**Rys 5, Rys. 6**) zamkniętej profilem wodowskazowym w Brzeźnie Łyńskim (most) wraz z jej zróżnicowaną strukturą wewnętrzną w postaci zlewni cząstkowych zbiorników wodnych naturalnych i sztucznych wypełniających zazwyczaj bezodpływowe ewapotranspiracyjne zagłębienia terenu. Zlewnia górnej Łyny położona jest w południowej części Pojezierza Olsztyńskiego. Pod względem regionalnym zlewnia należy do mezoregionu Pojezierza Mazurskiego. Wykorzystując układ dziesiętny regionów Polski KONDRACKIEGO [2000], położenie jej przedstawia się następująco:

Obszar:	Niż Zachodniorosyjski	8
Podobszar:	Europa Wschodnia	84
Prowincja:	Pojezierza Wschodniobałtyckie	842
Makroregion:	Pojezierze Mazurskie	842.8
Mezoregion:	Pojezierze Olsztyńskie	842.81

Powyższa hierarchizacja podziału regionalnego przedstawiona stanowi fizycznogeograficzne określenie stosunku geoekosystemu zlewni górnej Łyny do jednostek o wyższych rangach taksonomicznych. Fakt ten ma znaczenie przy ewentualnych uogólnieniach stwierdzonych prawidłowości w postępowaniu badawczym na obszary sąsiednie.

Rys 5. Lokalizacja obszaru opracowania na tle mapy fizycznej NE Polski Czerwony prostokąt wskazuje miejsce prowadzonych obserwacji i pomiarów

Łyna należy do największych rzek Pojezierza Mazurskiego zarówno pod względem powierzchni zlewni jak i wielkości odpływu. Całkowita powierzchnia jej dorzecza wynosi 7126 km^2, z czego 5719 km^2 znajduje się na terenie Polski. Płynąc w kierunku północnym przepływa przez Pojezierze Olsztyńskie, Nizinę Staropruską i Równinę Pregoły w Obwodzie Kaliningradzkim (**Rys. 6**). Rzeka jest lewostronnym dopływem Pregoły, do której uchodzi pod Znamieńskiem (Federacja Rosyjska). Całkowita długość rzeki wynosi 263,7 km, przy czym w Polsce znajduje się 190 km [PODZIAŁ HYDROGRAFICZNY POLSKI 1986].



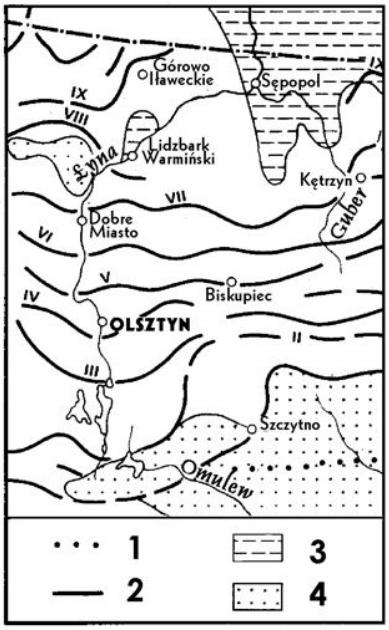
Rys 6. Lokalizacja obszaru opracowania w zlewni górnej Łyny na tle zlewni Łyny i Mapy Hydrograficznej Polski (fragment arkusza Nidzica N-34-89-D)

Łyna wypływa ze źródeł położonych na wysokości ok. 160 m n.p.m. Źródliska tworzą obszar kilkudziesięciu strumieni wypływających spod stromych zboczy kilku amfiteatralnych nisz zasilających ciek zbiorczy. Źródliska stanowią wychodnie warstwy wodonośnej utworzonej z piasków sandrowych, występującej na warstwie iłów plioceńskich. Z powodu występującej tu erozji wstecznej utworzono rezerwat krajobrazowo-geomorfologiczny [Biesiadka, Lewandowski 1986]. Rzeka Łyna przypomina swoim biegiem na tym odcinku górski potok o nachyleniu 13%. Źródliska są jednocześnie obszarem o najwyższych walorach krajobrazowych w całej zlewni. W dziesięciostopniowej skali waloryzacji krajobrazu osiągają wartość 9,5 [Nowicki, Cymes 1999].

W rejonie wsi Orłowo i Likusy Łyna płynie przez wcięte dosyć głęboko w podłoże rozszerzenie dolinne, w górnej części którego otrzymuje wody swego lewostronnego dopływu Wóleckiej Strugi. Ma to miejsce na 7 kilometrze długości rzeki (mierząc od źródeł). Poniżej, w

kierunku jeziora Brzeźno, dolina rzeki się rozszerza do ok. 1 km. Część jej dna jest podmokła a część zmeliorowana. Rzeka płynąc na północ, na terenie obszaru opracowania przecina kilka jezior, wśród nich największe to: Krzyżewko (Krzyż), Brzezinko, Brzeźno (Brzeźno Duże). Mają one istotne znaczenie w kształtowaniu reżimu hydrologicznego Łyny wyrównując jej odpływ.

Geneza form krajobrazowych na omawianym obszarze związana jest z płatem lodowca zwanego lobem mazurskim, którego aktywność w poszczególnych fazach zlodowacenia bałtyckiego była zróżnicowana. Stadiał pomorski (**Rys 7**. - wg KONDRACKIEGO 2000 jest to III ciąg morenowy) rozgranicza obszary związane z fazą poznańską od obszarów fazy pomorskiej i stanowi ważną granicę litologiczną na Pojezierzu Mazurskim.



Rys. 7. Fazy zlodowacenia bałtyckiego wzdłuż biegu Łyny [za KONDRACKIM 2000]

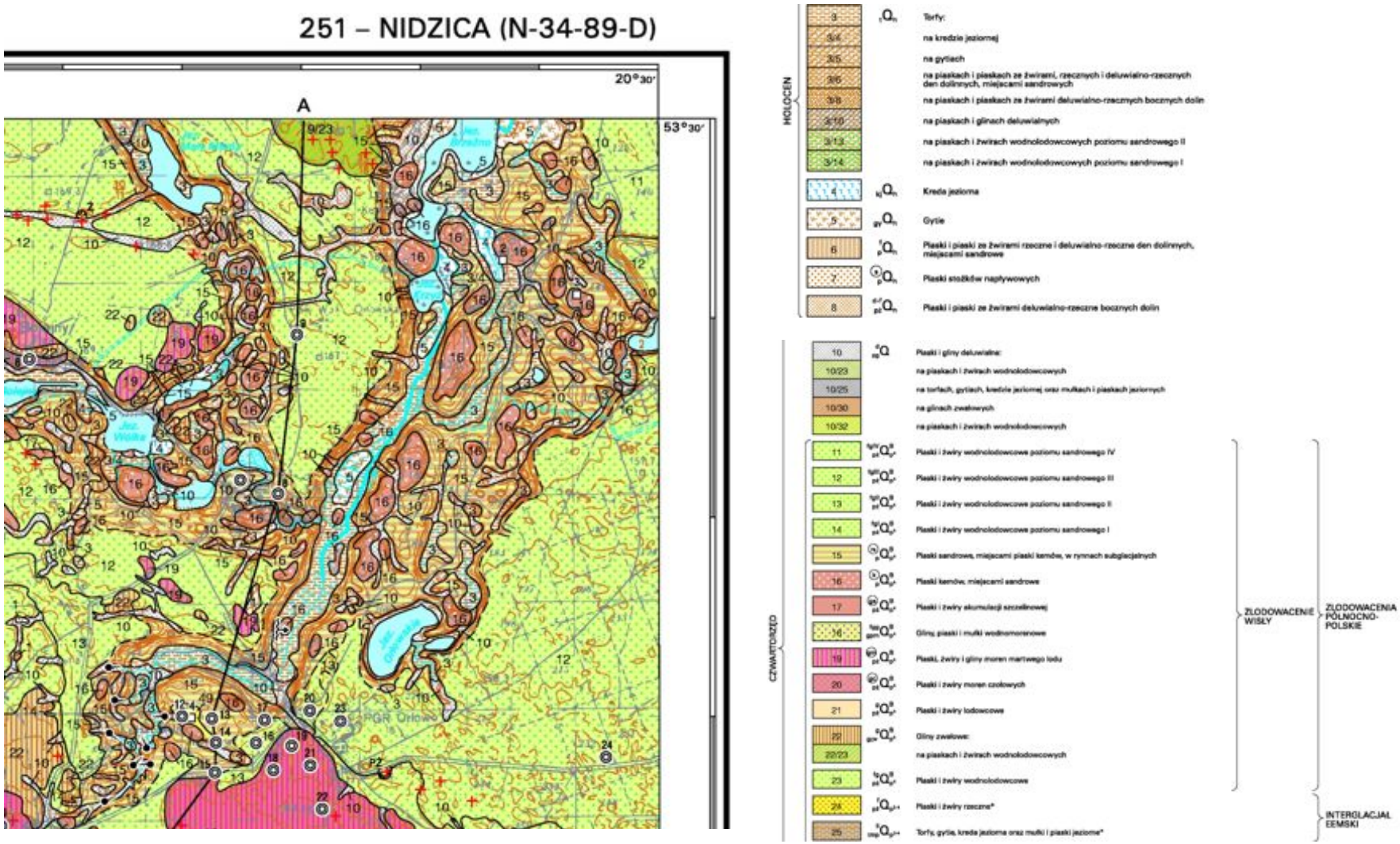
W rejonie opracowywanego obszaru znajduje się linia postoju lodowca II fazy poznańskiej. Z rozmycia utworów morenowych powstały osady fluwioglacjalne tworzące głównie sandry na przedpolach moren czołowych. W rozległy obszar sandrowy wcięta jest rynna lodowcowa (subglacjalna), w obrębie której wykształciły się liczne zagłębienia i formy związane z deglacjacją czyli pagórki kemowe (**Rys. 8**). Do utworów związanych z działalnością wód roztopowych lądolodu należą piaski, żwiry i głazy, powstałe z rozmycia moreny dennej, wypełniające doliny rzeczne. Utwory te budują wierzchnie warstwy wyższych poziomów terasowych w rynnach, zaś niższe tworzą piaski i żwiry fluwioglacjalne. Gliny zwałowe, w niektórych miejscach piaski zwałowe akumulacji lodowcowej, odpowiadają wysoczyźnie morenowej, przeważnie falistej. Piaski, wraz ze żwirem akumulacji rzecznej, oznaczają wyższe poziomy terasowe w dolinach rzecznych. Torfy, iły, gliny i piaski akumulacji rzecznej i jeziornej wyznaczają tereny płaskich rynien i basenów zastoiskowych.

Miąższość utworów lodowcowych wykształconych w postaci glin zwałowych, piasków i iłów jest mocno uzależniona od ukształtowania podłoża oraz deglacjacji poszczególnych lądolodów [PIAŚCIK 1996]. Pokrywa czwartorzędowa zalega na utworach miocenu w postaci iłów i mułków plioceńskich tworzących spąg I poziomu wodonośnego (o miąższości 150-160 m).

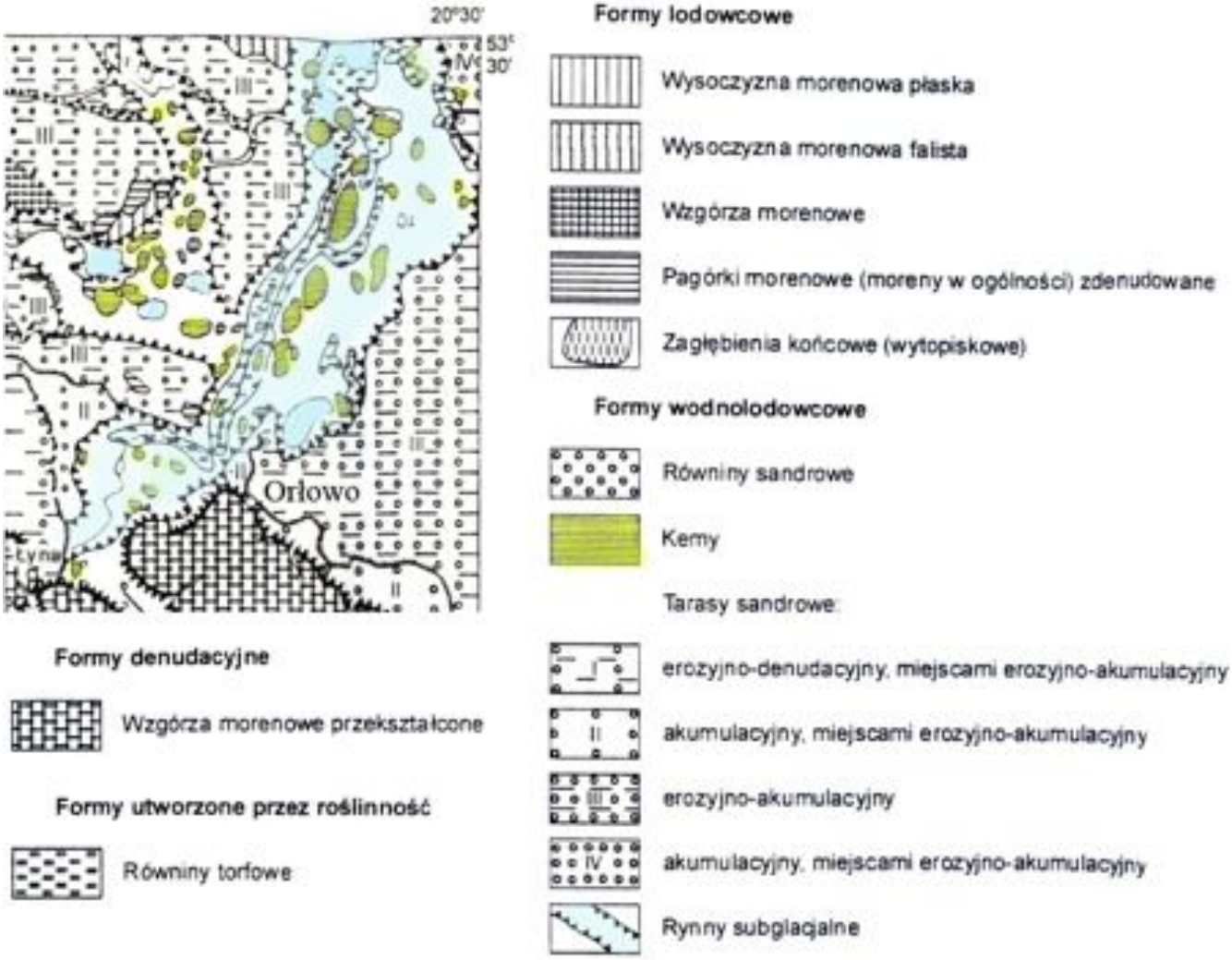
Na nim zalegają utwory czwartorzędowe o zróżnicowanej miąższości (100-200 m), przy czym w rejonie Orłowa, w strefach jego wyniosłości, miąższość utworów czwartorzędowych wynosi zaledwie 100 m.

W litologii utworów powierzchniowych we wschodniej części zlewni dominują piaski sandrowe stanowiąc tło dla innych mniejszych form geomorfologicznych, głównie pagórków kemowych. Współczesne dno doliny rzecznej Łyny wraz z szeregiem południkowo usytuowanych jezior, terenów zatorfionych i zabagnionych, wskazuje na ówczesną sieć wód roztopowych lodowca, które spływały tą rynną subglacjalną (**Rys. 8, Rys 9**). Rzeźba badanego obszaru wyróżnia się znaczną liczbą zagłębień po martwym lodzie wypełnionych wodami jezior lub przekształconych w mokradła. Duża różnorodność form morfologicznych na obszarze górnej Łyny powoduje dość szczególną mozaikowatość gruntów o dobrej lub średniej przepuszczalności.

Utwory holoceńskie na terenie objętym rozpoznaniem reprezentują torfy, utwory denne jezior, namuły, muły, piaski dolinne i gleby. Miąższość osadów holoceńskich jest niewielka i w niektórych miejscach osiąga kilka – kilkanaście metrów, rzadko przekracza 20 m [RUMIŃSKI 1996].

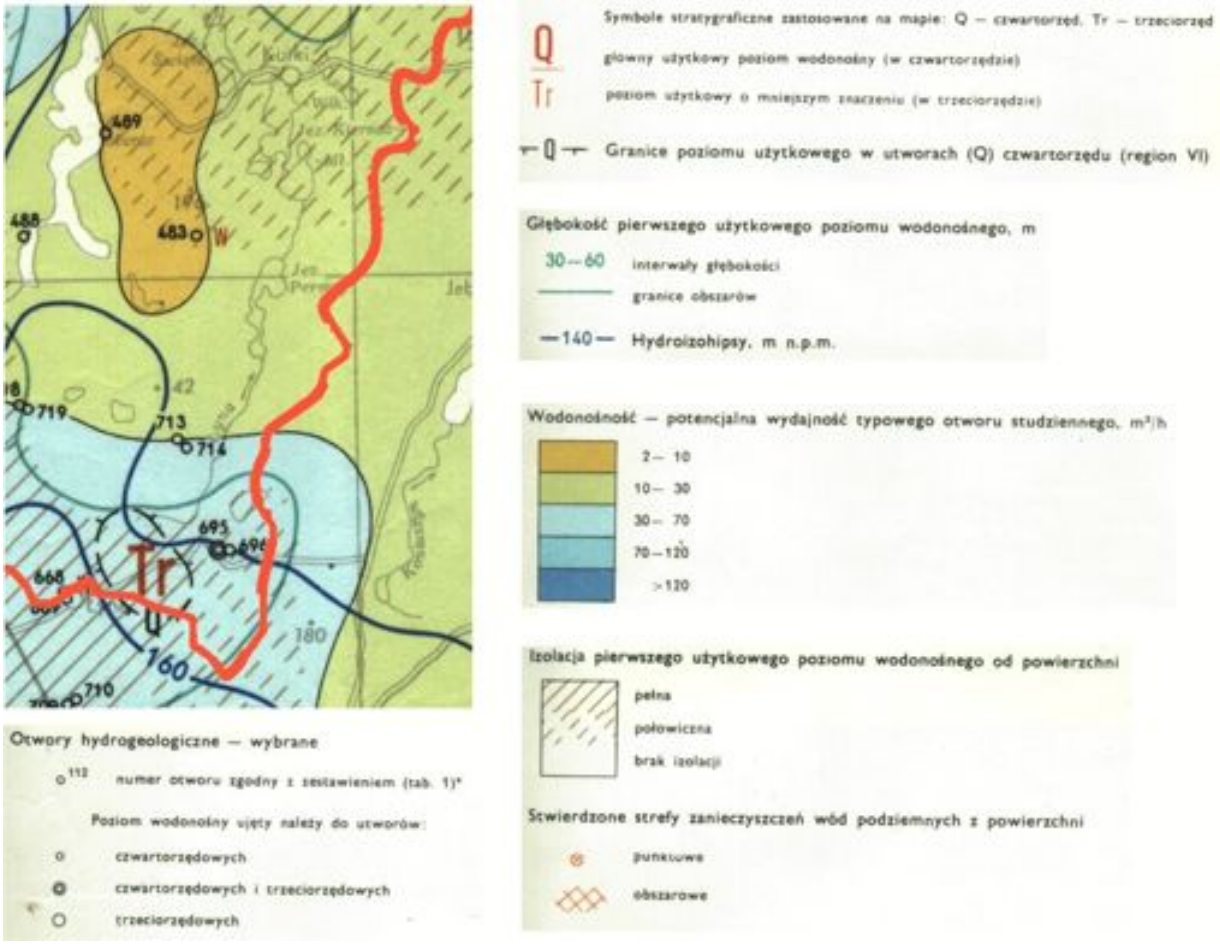


Rys. 8. Fragment Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1: 50 000 Arkusz Nidzica (251). Wyd. MŚ i PIG Warszawa obejmującej utwory budujące obszar objęty opracowaniem (górna Łyna)



Rys. 9. Szkic geomorfologiczny obejmujący obszar objęty opracowaniem w skali 1: 100 000.
Źródło: MORAWSKI W.2001. Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1: 50 000 Arkusz Nidzica (251). Wyd. MŚ i PIG Warszawa

Pod względem hydrogeologicznym, omawiana część zlewni górnej Łyny położona jest w rejonie mazurskim (IV), którego poziom użytkowy występuje w utworach czwartorzędowych i czwartorzędowo-trzeciorzędowych na głębokości od kilku do 30 m, a miejscami do 60 m p.p.t. **(Rys. 10)**. Podobnie jak w pozostałych rejonach Polski, tak i na obszarze zajmowanym przez zlewnię górnej Łyny warstwy wodonośne w utworach lodowcowych są bardzo zmienne pod względem zalegania, miąższości i uziarnienia. Wody tego poziomu posiadają zwierciadło swobodne, ustalone na wysokości 140 - 173 m n.p.m w rejonie Orłowa, natomiast w rejonie Lipowa Kureckiego na wysokości 139 m n.p.m. (**Tabela 2**). Górny poziom wodonośny charakteryzuje większa wydajność w południowej części badanego obszaru (30-70 $m^3 \cdot h^{-1}$), a mniejsza od 10 do 30 $m^3 \cdot h^{-1}$ w północnej (**Rys. 11**). Pierwszy poziom wód gruntowych (zazwyczaj nieużytkowy) występuje na głębokościach do 20 m (na północy) i powyżej 20 m (na południu).

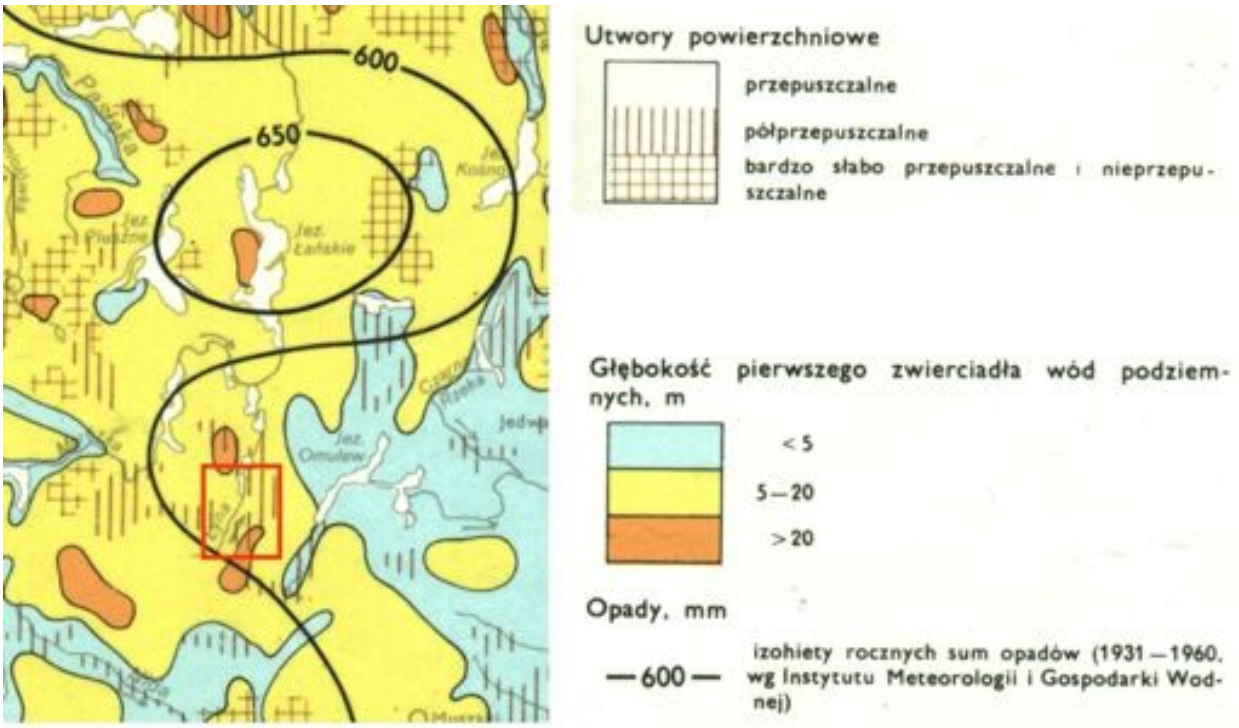


Rys 10. Sytuacja hydrogeologiczna w zlewni górnej Łyny. Fragment Mapy Hydrogeologicznej Polski 1: 200 000 (PIG)

Tabela 2

Zestawienie otworów hydrogeologicznych przedstawionych na mapie hydrogeologicznej 1: 200000 (Arkusz Olsztyn; PIG) w pobliżu obszaru badań

Nr na mapie	Miejscowość	Wys. m n.p.m	Otwór		Poziom wodonośny		Zwierciadło ustalone		Wydajność maksymalna	
			Rok wykonania	Głębokość	Strop/ spąg p.p.t.	Wiek utworów	m p.p.t.	m n.p.m.	m³/h	Depresja m
714	Wólka Orłowska	148,8	1980	35	12,7/32	Q	12,7	136,1	40,5	1,8
713	Wólka Orłowska	142,4	1980	32	6,3/>32	Q	6,3	136,1	20,5	6,1
718	Żelazno	160	1978	72	35/36 64/69	Q	14 8	146 152	12,1	24,8
719	Żelazno	160	1978	30	11,7/28,5	Q	11,7	158,3	33,8	3,8
695	Orłowo	160	1968	60	34/.60	Q	19,5	140,5	99,8	4,8
696	Orłowo	160	1973	54,5	36/.54,5	Q	2,7	173,1	55,8	10
483	Lipowo Kureckie	180	1972	67	41/62	Q	41	139	6,1	4,2



Rys 12. Przepuszczalność gruntów i głębokość zalegania I użytkowego poziomu wodonośnego w zlewni górnej Łyny. Fragment Mapy Hydrogeologicznej Polski 1: 200 000 (PIG)

Według autorów Atlasu hydrologicznego Polski [1988] średni wieloletni odpływ podziemny z okresu 1951 – 1980 dla dorzecza górnej Łyny zawierał się w przedziale 160-270 mm. Takie warunki hydrogeologiczne jednoznacznie wskazują na niezgodność w przebiegu działu topograficznego zlewni z działem wodnym zlewni podziemnej. W takim układzie wody gruntowe i wgłębne kształtujące odpływ rzeczny mogą drenować odległe strefy zasilania. Konsekwencją takiej sytuacji są zmiany w czasie krążenia wody w zlewni i wydłużenie czasu kontaktu wody z podłożem, co wpływa na zmiany właściwości chemicznych wody. Gleby badanego obszaru, powstałe w przeważającej części z utworów polodowcowych charakteryzuje niska urodzajność naturalna. Przeważające na obszarze gleby lekkie charakteryzują się dużą przepuszczalnością, małą pojemnością wodną.

4.2. UŻYTKOWANIE TERENU

Warunki przyrodnicze obszaru zlewni górnej Łyny, a zwłaszcza rzeźba oraz utwory powierzchniowe, zadecydowały w znacznym stopniu o współczesnych formach użytkowania terenu. Główny element krajobrazu, pokrywający ponad połowę (52,4%) powierzchni dorzecza górnej Łyny stanowią lasy (**Tabela 3**). Ich rozległy i zwarty kompleks usytuowany jest w prawostronnej części omawianego obszaru, tj. na wschód od doliny Łyny, Pierwotnie lasy te stanowiły fragment puszczy rozciągającej się w całej środkowej i południowej części Warmii i Mazur. Prowadzona tu od końca XVIII wieku gospodarka leśna zmieniła znacząco charakter tutejszych lasów. W miejsce drzewostanów ze znacznym udziałem gatunków liściastych

wprowadzono monokultury sosnowe i świerkowe. Tereny podmokłe i krawędzie rynien porośnięte są lasami liściastymi, głównie olszowymi lub łęgowymi (**Rys. 13**).

Tabela 3

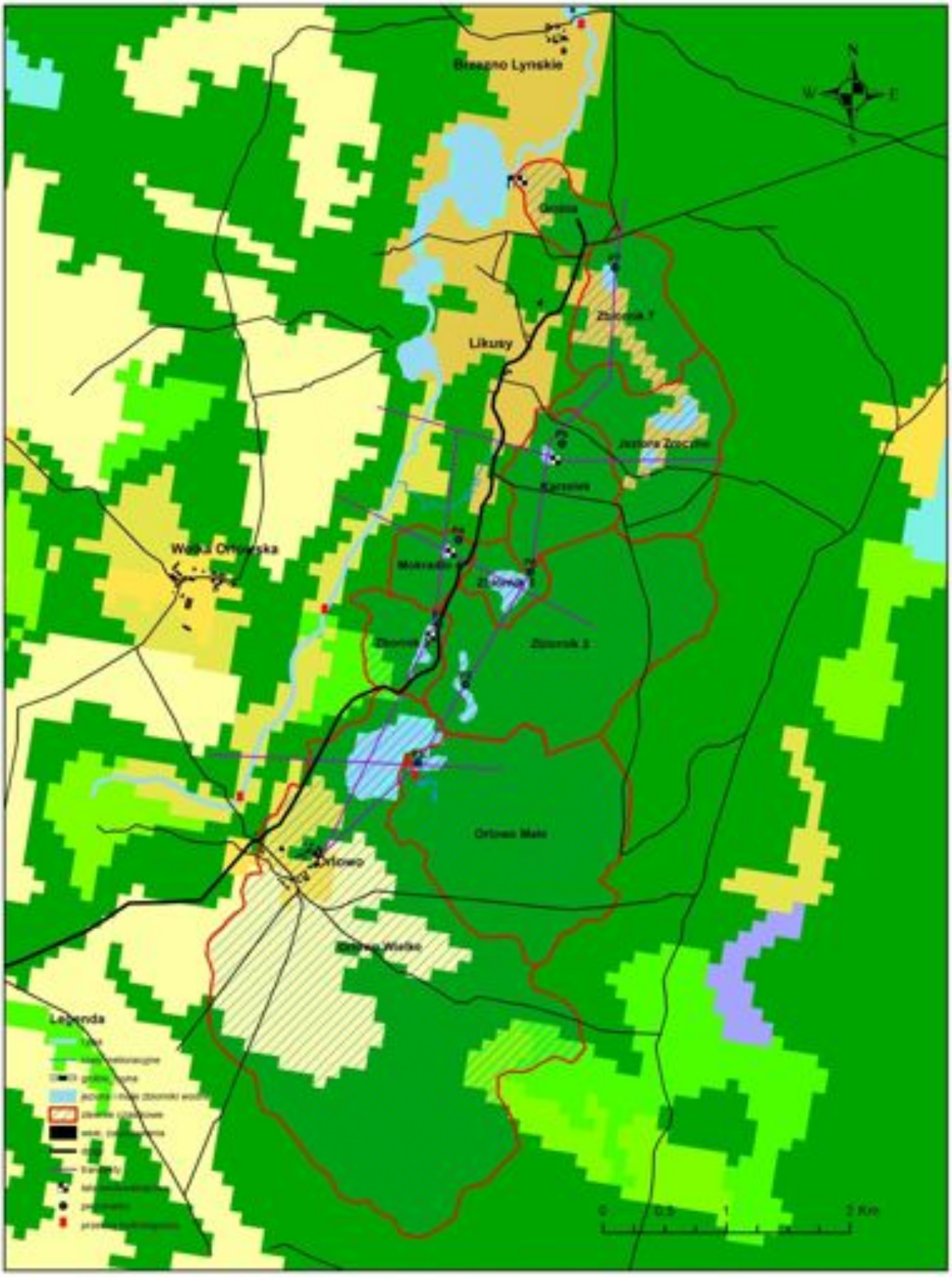
Użytkowanie terenu zlewni górnej Łyny

Lp.	Punkt obser-wacyjny	Pow. zlewni km²	Km Łyny	Lasy		Jeziora (i mokradła)		Zabudo-wania		Grunty rolne	
				km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
1	Łyna-Orłowo	5,80	265,7	3,1	53,4	0,0	0,0	0,4	6,9	2,3	39,7
2	Łyna Likusy.	20,90	263,7	11,5	55,0	0,2	0,9	1,1	5,1	8,1	38,9
3	Łyna-Brzeźno Łyńskie	37,60	256,7	19,7	52,4	1,2	3,2	1,6	4,2	15,1	40,2

Na omawianym obszarze zwraca uwagę brak rozległych obszarów użytkowanych rolniczo. Naturalne środowisko górnej Łyny nie jest idealne dla rozwoju rolnictwa. Występujące tu w przeważającej części przepuszczalne gleby są często ubogie w próchnicę i składniki pokarmowe, co w konsekwencji ogranicza ich rolnicze użytkowanie. Ma to istotne konsekwencje dla obiegu wody w zlewni. W miarę wzrostu ilości tych gruntów zwiększa się zalesienie zlewni i ilości użytków zielonych, a tym samym zmniejszają się jednostkowe spływy roczne, co jest jednoznaczne ze zmniejszeniem się hydrologicznych możliwości magazynowania wód.

Rozmieszczenie lasów w zlewni Łyny jest korzystne pod względem hydrologicznym, o czym świadczą wskaźnik rozwinięcia lesistości, który wykazuje tendencję malejącą z biegiem rzeki. Stosunkowo niewielkie powierzchnie wykorzystywane rolniczo jako grunty orne lub użytki zielone, grupują się wyspowo na ogół w pobliżu osiedli wiejskich w rejonie Orłowa i Likus. Istotne znaczenie dla jakości środowiska wodnego niektórych jezior może mieć coraz silniej rozwijająca się baza turystyczno-rekreacyjna, zlokalizowana w bezpośrednim sąsiedztwie doliny Łyny. Niemniej jednak presja turystyczna w tym rejonie jest stosunkowo niewielka.

Innym elementem użytkowania terenu są obszary zabudowane. Ich rozmieszczenie w zlewni jest nierównomierne. Południowa część zlewni charakteryzuje się bardzo dużym rozproszeniem zabudowań, których istnienie związane jest bardzo silnie z funkcjonowaniem byłych PGR-ów. Brak systemu kanalizacji ogólnospławnej na obszarze opracowania powoduje, że Orłowo i Lipowo stanowią potencjalne źródła zanieczyszczeń środowiska wodnego na omawianym obszarze.



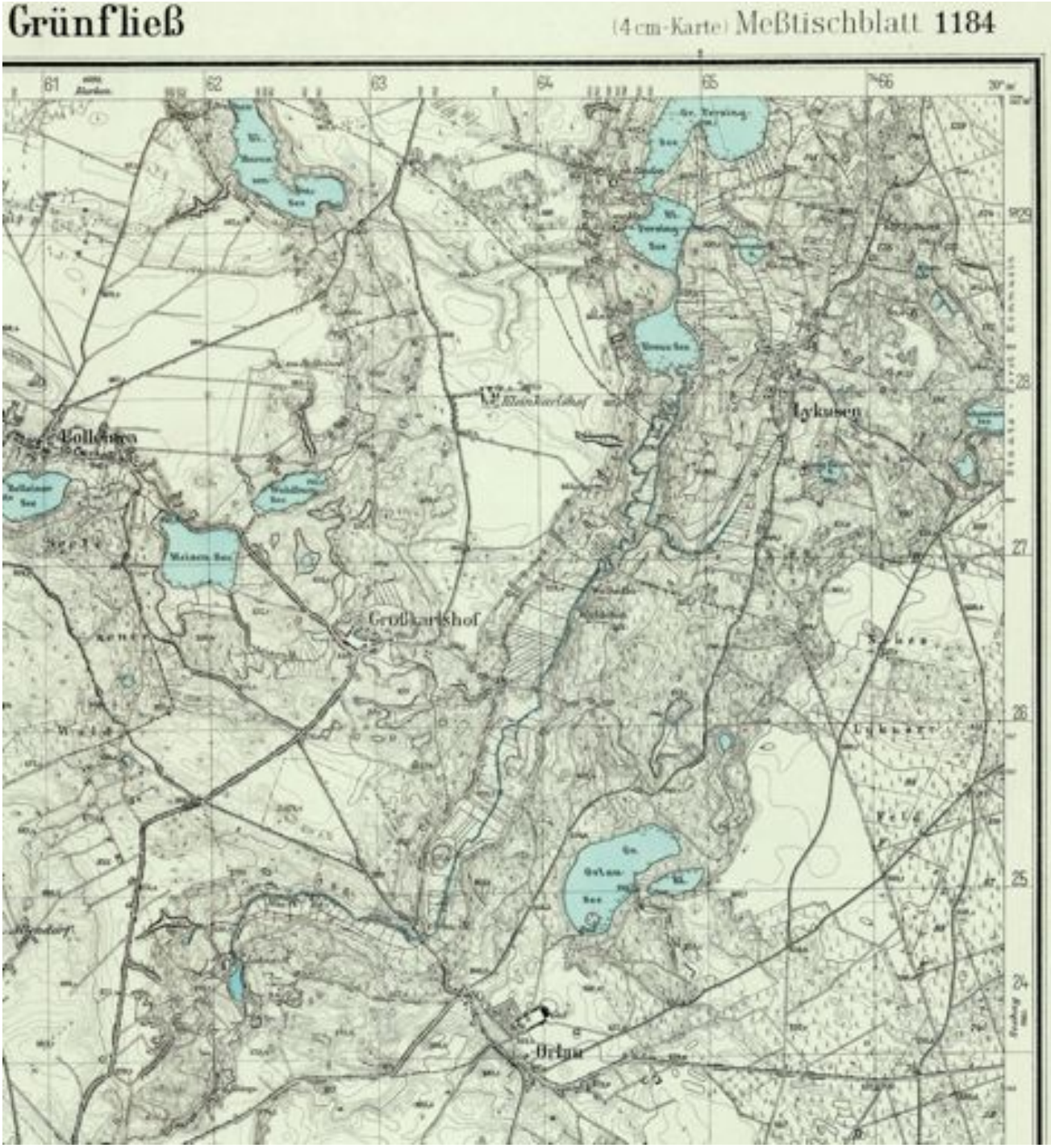
Rys. 13. Użytkowanie terenu w zlewni górnej Łyny wg CORINE 2014.

4.3. SIEĆ HYDROGRAFICZNA I OBSZARY ZLEWNI RZECZNYCH

Organizacja sieci hydrograficznej na obszarze górnej Łyny jest wynikiem zarówno procesów naturalnych, jak i sztucznych. Charakter rzeźby i budowa litologiczna dorzecza górnej Łyny zadecydowały w znacznym stopniu o asymetrycznym charakterze współczesnej sieci rzecznej z liczniejszymi dopływami prawobrzeżnymi (poza obszarem opracowania), o zróżnicowanej długości i powierzchni zlewni cząstkowych. Dorzecze Łyny jest terenem bogatym w sieć cieków naturalnych, na co wskazują liczne dopływy Łyny, które będąc dopływami III rzędu mają postać tylko strug lub strumyków. Wypływają z małych źródeł, a nurt ich płynie z małą prędkością. Na obszarze badań, w sposób powierzchniowy odwadniany jest obszar dna doliny Łyny. Ponadto, funkcjonują tu systemy melioracyjne odprowadzające wodę w kierunku jezior Orłowskich i koryta rzeki, będące konsekwencją przedwojennych działań osuszających tereny dawnych Prus Wschodnich na przełomie XIX /XX w. (**Rys. 14**):

1) zasilający jezioro Orłowo Małe i Wielkie oraz
2) system melioracyjny odwadniający obniżenie terenu w rejonie miejscowości Likusy,
3) systemy melioracyjne dolinowe wokół jezior i mokradeł –silnie zdekapitalizowane, zarośnięte.

Wszystkie naturalne jeziora w zlewni są pochodzenia polodowcowego. W obrębie omawianego obszaru znajduje się wiele zbiorników wodnych, których większość nie uczestniczy w powierzchniowym odpływie wody. Bezodpływowy charakter zbiorników sprzyja przyspieszonemu zarastaniu i wypłycaniu osadami organiczno-mineralnymi. Na obszarze badań znajdują się zbiorniki bezodpływowe (Orłowo Wielkie, Orłowo Małe, Karzełek, Zręczno) oraz przepływowe (na Łynie) jak Krzyż, Brzezinko i Brzeźno. Funkcjonujące zbiorniki charakteryzuje duże zróżnicowanie morfometryczne oraz sezonowa zmienność powierzchni zwierciadła wody w obrębie jednego obiektu, z uwagi na wysoki udział parowania jako składowej bilansu wodnego. Z uwagi na odmienną genezę, otoczenie i sposób zasilania różnią się składem chemicznym, co opisano w kolejnym rozdziale.



Rys. 14. Fragment mapy topograficznej Polski (Mestischblatt) w skali 1: 25000 z 1938 r., arkusz nr 1184 Grunfliess, obejmujący obszar górnej Łyny. Cześć wykonanych zbiorników wodnych (zbiornik 2, 3 i 7) funkcjonowała przed wojną i została osuszona wskutek melioracji.

Poza obszarze włączonych w odpływ powierzchniowy ze zlewni, na terenie opracowania istotną część zlewni stanowią obszary powierzchniowo bezodpływowe, w których funkcjonują bezodpływowe jeziora polodowcowe, a w zagłębieniach ewapotranspiracyjnych zwierciadło wody utrzymuje się powyżej lub tuz przy powierzchni gruntu tworząc lokalne zabagnienia. Obszary bezodpływowe położone na gruntach piaszczystych o dużej przepuszczalności mają charakter chłonny (sandr). Genezę obszarów bezodpływowych o utrzymującym się stale bądź okresowo

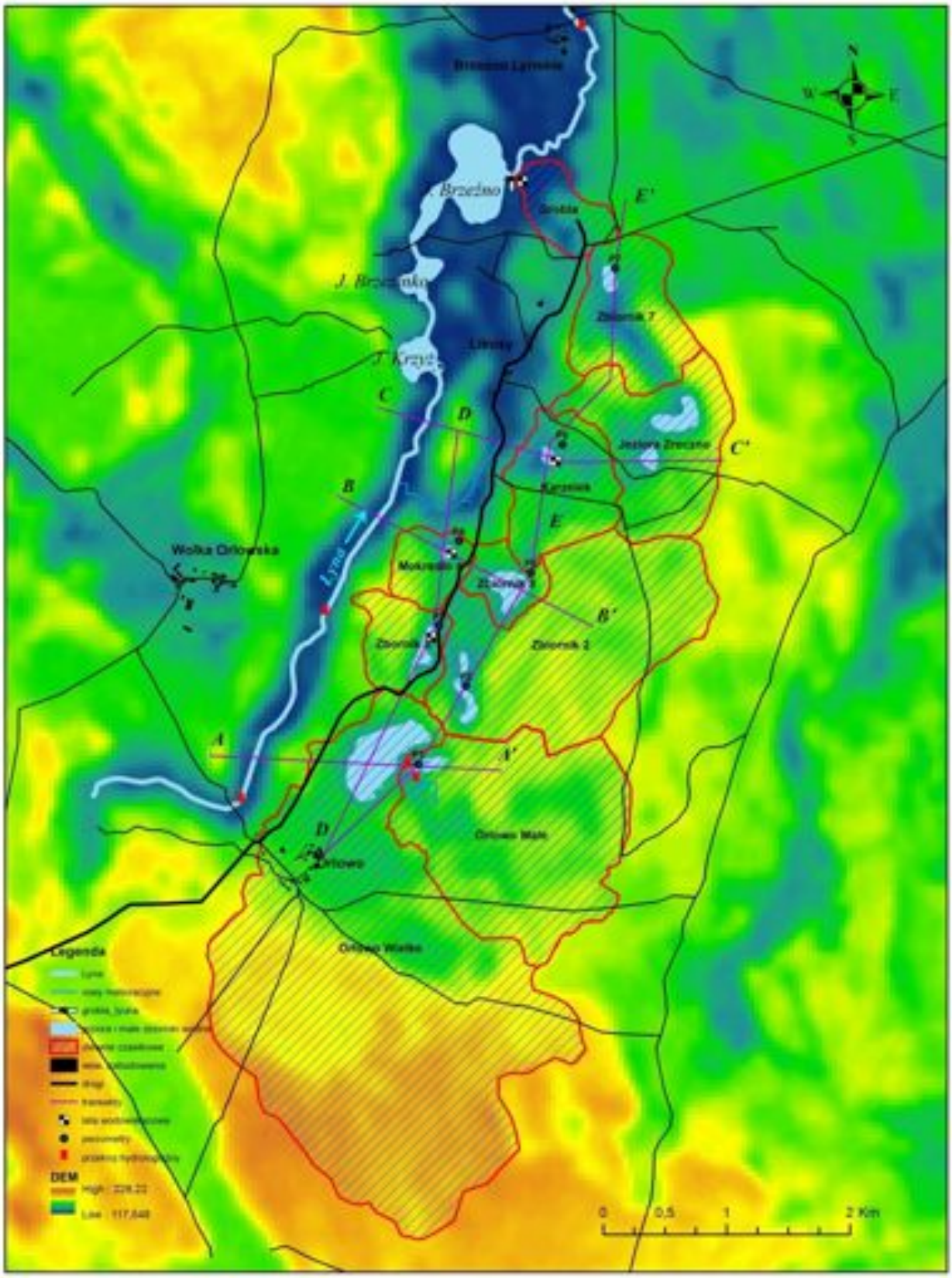
zwierciadle wód na powierzchni (zagłębienia ewapotranspiracyjne) należy wiązać z nierównomierną akumulacją lądolodu, wytapiania brył martwego lodu. Większość z nich wypełnia zagłębienia pomiędzy pagórkami kemowymi (np. zbiornik 4, jez. Karzełek).

W wyniku realizacji niniejszego projektu kilka obszarów mokradłowych zmieniło swój hydrologiczny status: w miejscu dawnych mokradeł (torfowiska niskie lub przejściowe) utworzono niewielkie zbiorniki wodne o specyficznych cechach morfologicznych, usytuowane zgodnie z preferencjami siedliskowymi żółwia błotnego. Jeszcze przed II wojną światową wszystkie badane zagłębienia były osuszane systemem rowów otwartych, co przedstawia arkusz mapy topograficznej z 1938 r.(**Rys. 14**). Wskutek braku konserwacji rowów, większość z nich zarosła i przestała pełnić swe funkcje. Interesujący jest jednak fakt, że w miejscu osuszonych niegdyś jezior, a do niedawna mokradeł, utworzono nowe zbiorniki retencyjne. I tak odtworzono osuszone wcześniej zbiorniki 2 i 3. Natomiast na północ od dawnego *Eiben See* (w tym samym obniżeniu terenu) utworzono zbiornik nr 7. Nie odtworzono natomiast jeziora Wernsdorff, które zanikło wskutek odwodnienia rowami w kierunku jeziora Brzezinko (niem. *Klein Persing See*). Podkreślić należy, że wszystkie zbiorniki pełnią istotną rolę krajobrazową i siedliskową, natomiast z uwagi na małe głębokości o rozmiary nie wpływają istotnie na obieg wody w zlewni.

Fot.2. Widok na rów zbiorczy odwadniający mokradło w kierunku Orłowa Małego i Wielkiego (*fot. K. Glińska-Lewczuk*)

Fot. 3. Widok na zbiornik 2 w październiku 2014 r. (*fot. K. Glińska-Lewczuk*)

Zasadniczą rolę w kształtowaniu zasobów wodnych zbiorników wodnych posiadają ich zlewnie hydrograficzne. Ich wielkości, kształty i morfologia wpływają na tempo obiegu wody i skład chemiczny wody. Na obszarze objetym opracowaniem wyznaczono 10 topograficznych zlewni zbiorników wodnych, wykorzystując Numeryczny Model Terenu i mapę topograficzną w skali 1: 10 000 oraz inwentaryzację terenową. Na podstawie przeprowadzonej analizy terenu, stwierdzono, że badane obiekty cechuje znaczne zróżnicowanie powierzchni zlewni. Największym obszarem zasilania (9,86 km^2) charakteryzuje się jezioro Orłowo Wielkie, zaś najmniejszą zlewnię posiada mokradło śródleśne 8 (0,28 km^2).



Rys 13. Teren objęty obserwacjami na tle zróżnicowania wysokościowego obszaru i podziału na mikrozlewnie hydrograficzne.

Tabela 4

Cechy morfometryczne zlewni hydrograficznych badanych zbiorników w dorzeczu górnej Łyny

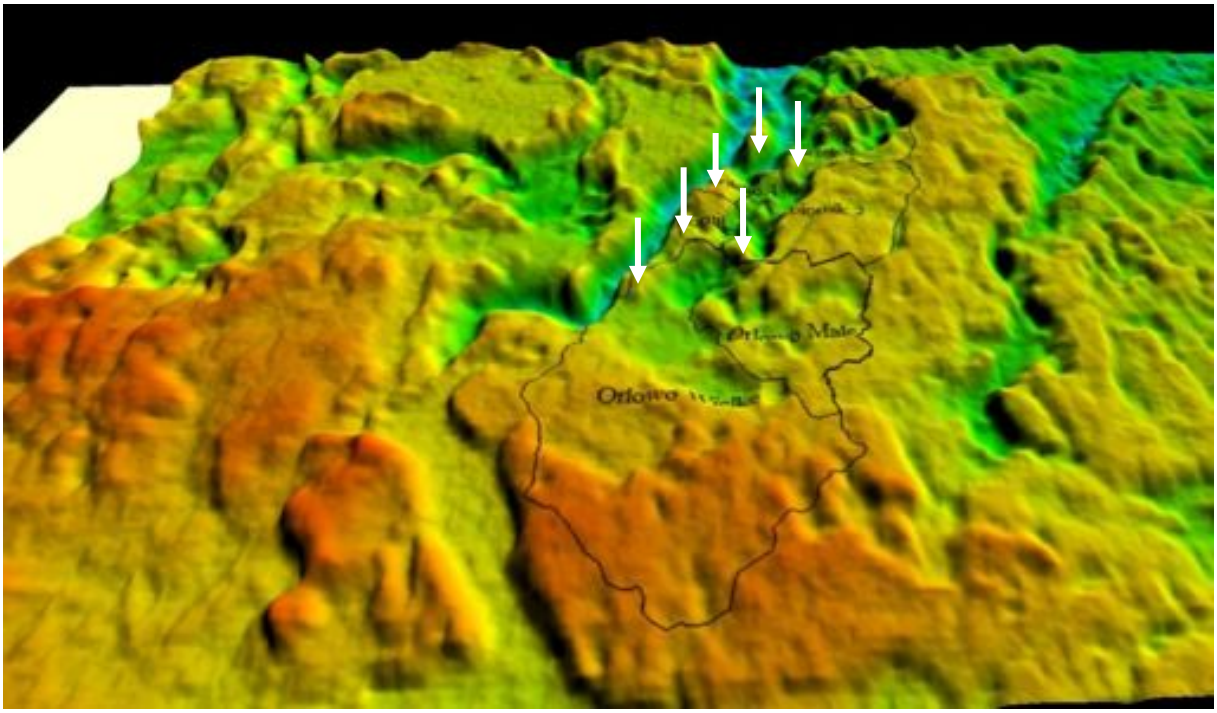
L.p.	Nazwa zbiornika	Powierzchnia km^2	Obwód km	Długość km	Szerokość km
1	Orłowo Male	2,65	7,83	22	18
2	Orłowo Wielkie	9,86	14,21	44	29
3	Zbiornik (2)	2,77	8,06	25	20
4	Zbiornik (3)	0,48	3,05	10	0,7
5	Mokradło śródleśne (4)	0,34	2,25	0,60	0,64
6	Jezioro Karzełek (6)	0,85	3,93	1,3	0,9
7	Jezioro Zręczno	1,16	5,38	1,68	1,5
8	Zbiornik (7)	1,10	4,37	1,30	1,07
9	Mokradło powyżej grobli	0,28	2,57	0,96	0,43
10	Zbiornik (8)	0,29	2,58	`0.7	0,7

Zbiorniki położone w obniżeniach między pagórkami kemowymi w sąsiedztwie doliny Łyny tj. na zachód od głównej drogi leśnej Orłowo - Brzeźno Łyńskie (zbiornik 3, zbiornik 4, mokradło powyżej grobli) posiadają znacznie mniejsze powierzchnie zlewni w porównaniu do zlewni zbiorników znajdujących się po stronie wschodniej obszaru. Te zbiorniki posiadają z kolei zlewnie dość rozległe, rozciągające się na obszar sandrowy sąsiadujący z obszarem rynny subglacjalnej. Widać to dość wyraźnie na **rysunku 15** przedstawiającym perspektywiczny obraz ukształtowania zlewni w formie 3D.

Wśród analizowanych zbiorników dwa znacząco wpływają na tempo i drogi obiegu wody w zlewni górnej Łyny. Sa to Jezioro Orłowo Wielkie i Jezioro Orłowo Małe.

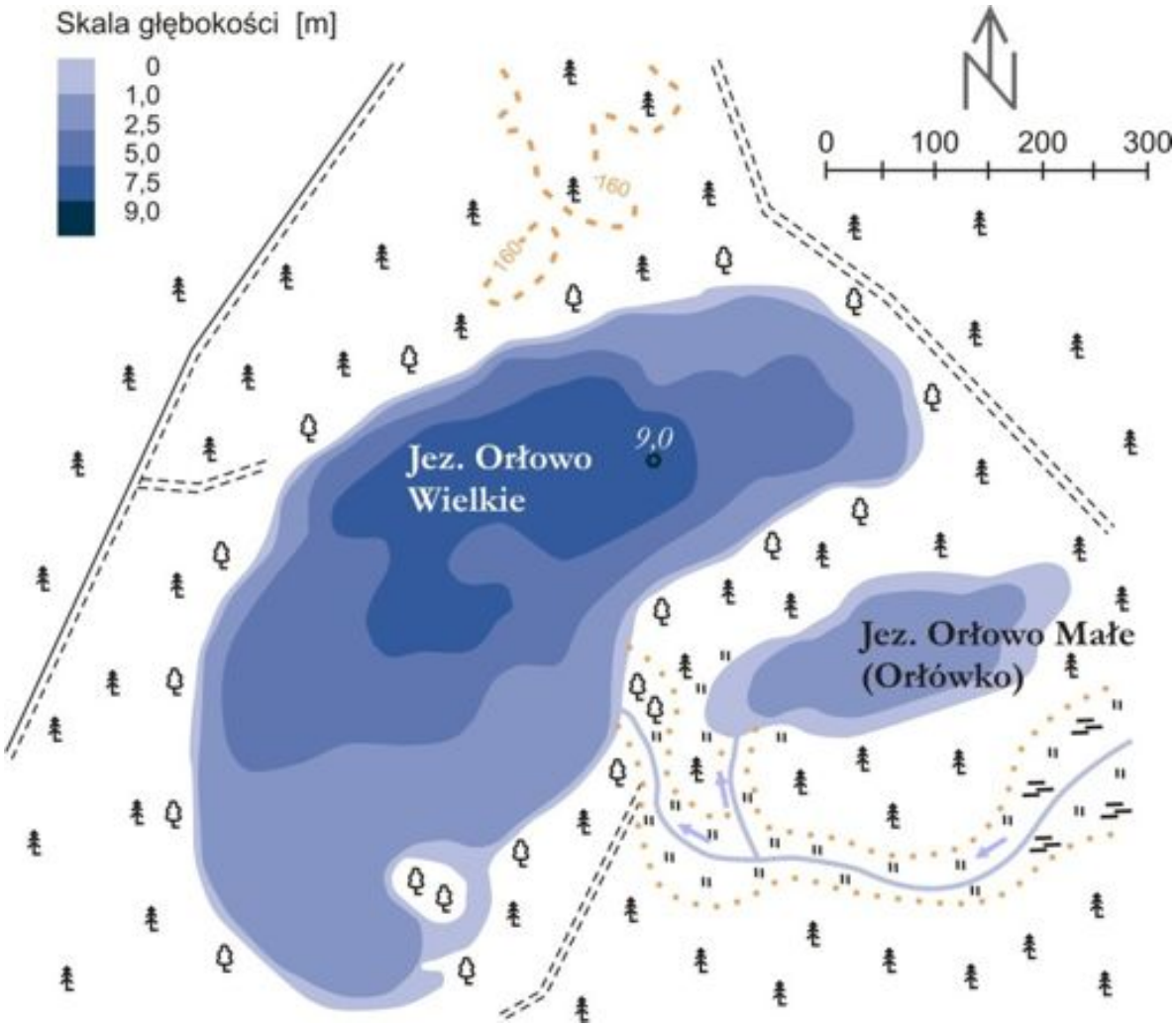
Jezioro Orłowo Wielkie to naturalny, polodowcowy zbiornik wodny o powierzchni 23,3 ha i maksymalnej głębokości 9,0 m (**Rys 16 i 17**). Linia brzegowa jeziora jest wyrównana (wskaźnik rozwinięcia K=1,31), porośnięta zwartym pasem trzcinowisk (**fot.**). W południowo-wschodniej części jeziora znajduje się zalesiona wyspa o powierzchni 0,2 ha.

Głównym źródłem zasilania Jeziora Orłowo Wielkie jest zasilanie podziemne, natomiast w sposób powierzchniowy (rowem) dociera rocznie do zbiornika woda w ilości 20% jego pojemności. Zlewnia jeziora jest dość rozległa i sięga terenów wysoczyznowych na południu zlewni. W tym miejscu działy wodne jeziora Orłowo Wielkie i Łyny pokrywają się. Całkowita powierzchnia zlewni wynosi 9,86 km^2.

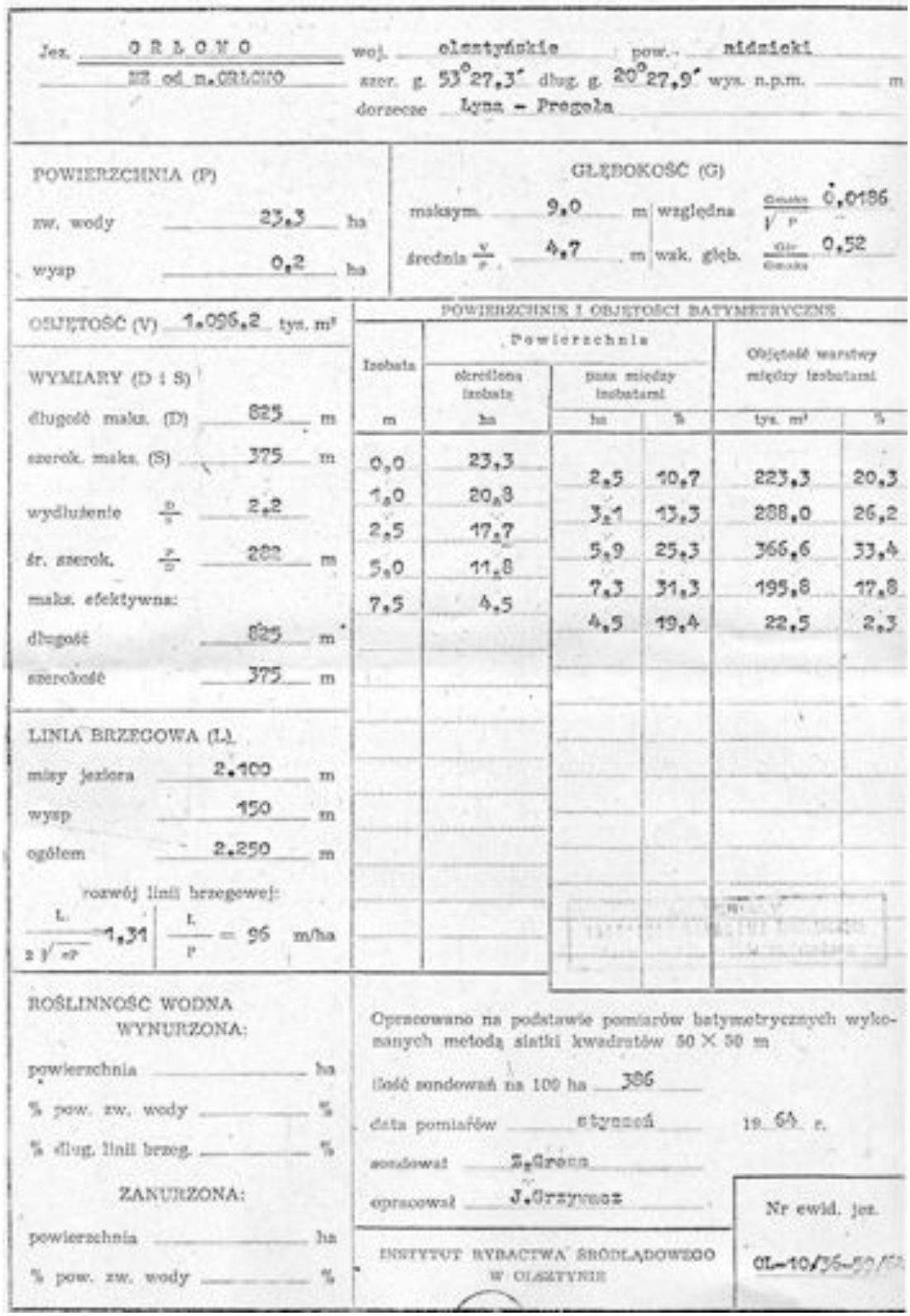


Rys. 15 Wizualizacja ukształtowania terenu objętego opracowaniem na podstawie numerycznego modelu terenu. Zaznaczono granice zlewni topograficznych zbiorników ujętych w niniejszym sprawozdaniu. Ciąg pagórków kemowych ułożony równolegle do doliny Łyny zaznaczono białymi strzałkami. Po grzbietach kemów przebiegają lokalne wododziały zbiorników bezodpływowych.

Do zlewni zbiornika Orłowo Wielkie przylega zlewnia jeziora **Orłowo Małe**. Zbiorniki te - pomimo że nie są połączone powierzchniowo - pozostają w ścisłym związku hydraulicznym. Lustro wody w jeziorze Orłowo Małe znajduje się od ok. 0,69 do 1,02 m powyżej lustra wody w Orłowie Wielkim. Umozliwia to grawitacyjny odpływ wody z Orłowa Małego do Wielkiego. Lustro wody w Orłowie Małym zajmuje powierzchię 2,80 ha, która silnie zarasta, głównie w części zachodniej. Zbiornik jest stosunkowo płytki (do 2.5 m), polimiktyczny, co umożliwia szybsze nagrzewanie się wód i resuspensję osadów dennych. Do jeziora Orłowo Małe dopływa większa cześć wód z rowu odwadniającego podmokłe łąki na południe od tegoż jeziora. Z uwagi na doniesienia o bytującym tu żółwiu błotnym (*Emys orbicularis*) utworzono tu 20 marca 1958 r. rezerwat pod nazwą „Jezioro Orłowo Małe" na obszarze jeziora i 1,70 ha terenów przybrzeżnych właczając w to mokradło źródliskowe (**fot. 6**) , którego wody zasilają zarówno Orłowo Wielkie i Orłowo Małe.



Rys 16. Plan batymetryczny jeziora Orłowo Wielkie i Orłowo Małe – największych zbiorników na obszarze objętym opracowaniem



Jez. O R Ł O W O woj. olsztyńskie pow. nidzicki

NE od m. ORŁOWO szer. g. 53°27,3' dług. g. 20°27,9' wys. n.p.m. ____ m

dorzecze Łyna - Pregoła

POWIERZCHNIA (P)

zw. wody 23,3 ha

wysp 0,2 ha

GŁĘBOKOŚĆ (G)

maksym. 9,0 m względna $\frac{G_{maks}}{\sqrt{P}}$ 0,0186

średnia $\frac{V}{P}$ 4,7 m wsk. głęb. $\frac{G_{śr}}{G_{maks}}$ 0,52

OBJĘTOŚĆ (V) 1.096,2 tys. m³

WYMIARY (D i S)

długość maks. (D) 825 m

szerok. maks. (S) 375 m

wydłużenie $\frac{D}{S}$ 2,2

śr. szerok. $\frac{P}{D}$ 282 m

maks. efektywna:

długość 825 m

szerokość 375 m

LINIA BRZEGOWA (L)

misy jeziora 2.100 m

wysp 150 m

ogółem 2.250 m

rozwój linii brzegowej:

$\frac{L}{2\sqrt{\pi P}}$ 1,31 | $\frac{L}{P}$ = 96 m/ha

POWIERZCHNIE I OBJĘTOŚCI BATYMETRYCZNE

Izobata	Powierzchnia określona izobatą	Powierzchnia pasa między izobatami		Objętość warstwy między izobatami	
m	ha	ha	%	tys. m³	%
0,0	23,3				
		2,5	10,7	223,3	20,3
1,0	20,8				
		3,1	13,3	288,0	26,2
2,5	17,7				
		5,9	25,3	366,6	33,4
5,0	11,8				
		7,3	31,3	195,8	17,8
7,5	4,5				
		4,5	19,4	22,5	2,3

ROŚLINNOŚĆ WODNA

WYNURZONA:

powierzchnia ____ ha

% pow. zw. wody ____ %

% dług. linii brzeg. ____ %

ZANURZONA:

powierzchnia ____ ha

% pow. zw. wody ____ %

Opracowano na podstawie pomiarów batymetrycznych wykonanych metodą siatki kwadratów 50 × 50 m

ilość sondowań na 100 ha 386

data pomiarów styczeń 19 64 r.

sondował Z. Grosa

opracował J. Grzywacz

INSTYTUT RYBACTWA ŚRÓDLĄDOWEGO W OLSZTYNIE

Nr ewid. jez.

OL-10/36-50/64

Rys. 17. Karta morfometryczna jez. Orłowo Wielkie z 1964 r. (źródło: IRŚ w Olsztynie)

Fot. 4. Widok na jeziora Orłowo Wielkie i Orłowo Małe oraz ich otoczenie (*fot. K. Glińska-Lewczuk*)

Fot. 5. Widok na jezioro Orłowo Małe (*fot. K. Glińska-Lewczuk*)

Fot. 6. Widok na bystrotok piętrzący wodę na dopływie do jezior Orłowo Małe i Orłowo Wielkie (*fot. K. Glińska-Lewczuk*)

Fot. 7 Brak połączenia powierzchniowego pomiędzy jeziorem Orłowo Małe a Wielkie w wyniku zatamowania odpływu nasypem ziemnym. Widok w kierunku jeziora Orłowo Małe.

Innym naturalnym zbiornikiem występującym na analizowanym terenie jest Jezioro **Karzełek** zwane też przed II wojną światową *Lang Heim See*. Karzełek to jezioro oligo-humotroficzne (humusowe) czyli jezioro spoza harmonicznego ciągu sukcesyjnego. Linia zwierciadła wody pokryta zarastającymi ją emersyjnymi, zbiorowiskami torfowisk przejściowych i wysokich z klasy *Scheuchzerio-Caricetea* i *Oxycocco-Sphagnetea* **(fot. 8)**. Pomimo ubóstwa florystycznego strefy zarastania jezior oligo-humotroficznych odznaczają się dużą różnorodnością fitocenoz.

Emersyjne zbiorowiska torfowiskowe wykształcone w miarę zarastania jezior oligo-humotroficznych odznaczają się ogromnymi zdolnościami magazynowania wody. Stwierdzono bardzo duże uwodnienie pła we wszystkich strefach zarastania, od około 97% w mszarze przygiełkowym do 91,5% w leśnym torfowisku wysokim. Śródleśne jeziorka o niskiej trofii (zbiornik 4, zbiornik 7, jezioro Karzełek) odgrywają bardzo ważną rolę retencyjną już w inicjalnej fazie zarastania; stanowią naturalne zbiorniki wodne, a wykształcone w wyniku ich odgórnego lądowienia pło torfowcowe nasuwające się na lustro wody wykazuje bardzo duże możliwości jej magazynowania. Duże zdolności retencyjne pływający pomost roślinny zawdzięcza torfowcom. Ich listki poza komórkami chlorofilowymi zawierają duże, martwe komórki wodne, o ścianach komórkowych usianych porami, dzięki którym mogą pobierać i zatrzymywać olbrzymie ilości wody.

Fot. 8. Widok na pło jeziora Karzełek

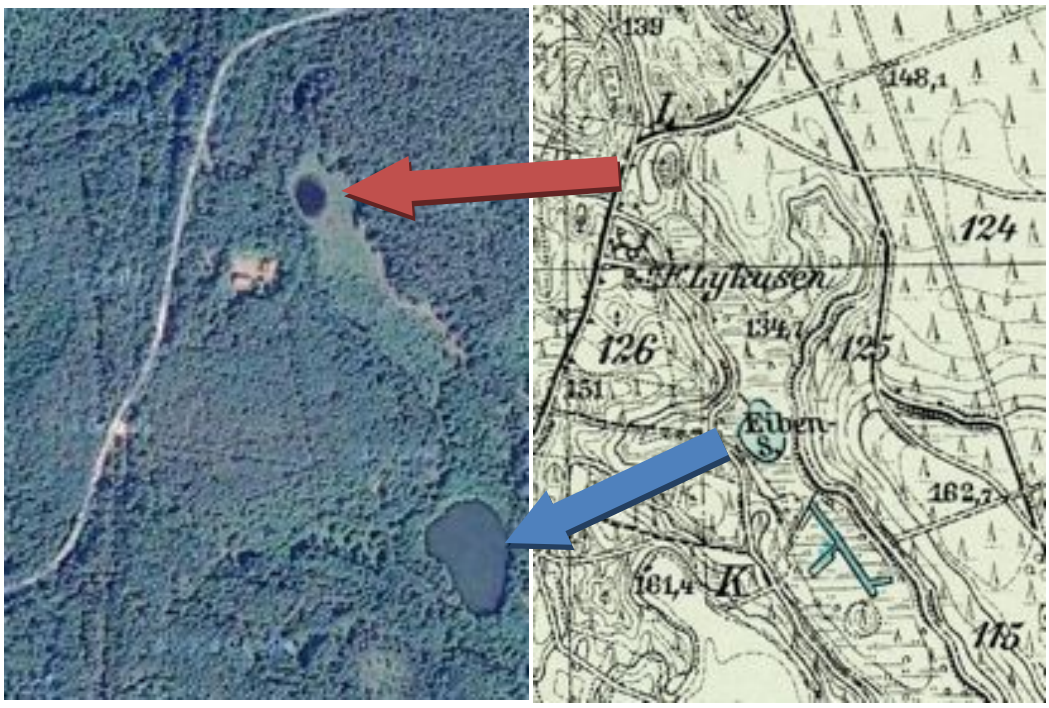
Substancje humusowe dostają się do jeziora ze zlewni, która pokryta jest lasem iglastym lub jest zajęta przez torfowiska. Niektóre z tych zbiorników powstają jako wyrobiska po wydobyciu torfu (torfianki). Część zbiornika może być przykryta płem, tworząc trzęsawisko (zwykle torfowisko przejściowe). Humotrofia to rodzaj zakwaszenia środowska wodnego

kwasami nieorganicznymi. Jeziora o małej ilości substancji humusowych określa się jako oligo-humusowe, o średniej jako mezo-humusowe, a dużej – poli-humusowe. W praktyce stosowane są tylko te dwie ostatnie nazwy, gdyż jeziora oligohumusowe (**Karzełek**), a czasem nawet mezohumusowe, zaliczane są do ciągu harmonicznego, choć w pewnych warunkach (zakwaszanie wód) mogą podlegać dystrofizacji. Zbiorniki humotroficzne o stosunkowo małej zawartości substancji humusowych, niedużej trofii i bardzo małej zawartości węglanu wapnia mogą mieć charakter jezior lobeliowych. Wśród organizmów zasiedlających zbiorniki humotroficzne (tyrfobiontów) występują umiarkowane acydofile, ale także organizmy o szerokim zakresie tolerancji ekologicznej. W strefie brzegowej w roślinności dominują torfowce. Na dnie występuje mało roślin, ze względu na luźne osady denne oraz niską przeźroczystość wody. Częstsze są rośliny o liściach pływających (nymfeidy), takie jak: grążel żółty, grzybienie białe i in.

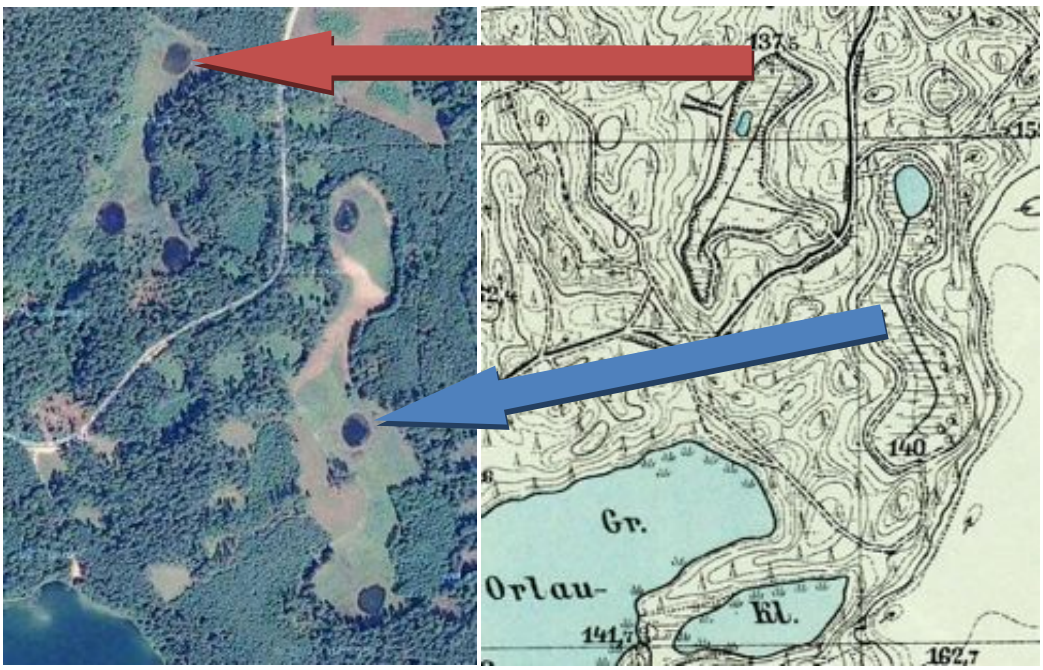
Zbiorniki antropogeniczne (2 , 3 , 7 i 8)

Omawiane zbiorniki posiadają zbliżone powierzchnie i wymiary (kilkaset m^2). Typowy dla nich jest kształt elipsoidalny i łagodna linia brzegowa. Głębokości maksymalne nie przekraczają 1,5 m. Każdy z nich wypełnia fragment dawniej odwadnianej łąki śródleśnej. Położenie zbiorników u podnóży pagórków kemowych o ekspozycji południowej, ma znaczenie dla bytowania żółwia błotnego dzięki kumulacji energii słonecznej i osłonięciu od wiatru. Zbiorniki te zasilane są głównie wodami gruntowymi, dzięki czemu utrzymują stale lustro wody. Z uwagi na krótki czas od ich powstania, nie osiągnęły jeszcze stanu stabilności hydrologicznej i hydrochemicznej, a tym bardziej biocenotycznej. Powoli jednak zasiedlają je makrofity oraz mikroorganizmy fito- i zooplanktonowe. Pojawiają się przedstawiciele makrofauny dennej.

Fot 9. Widok na zbiornik 8 z wyspą wykonany w 2014 r.



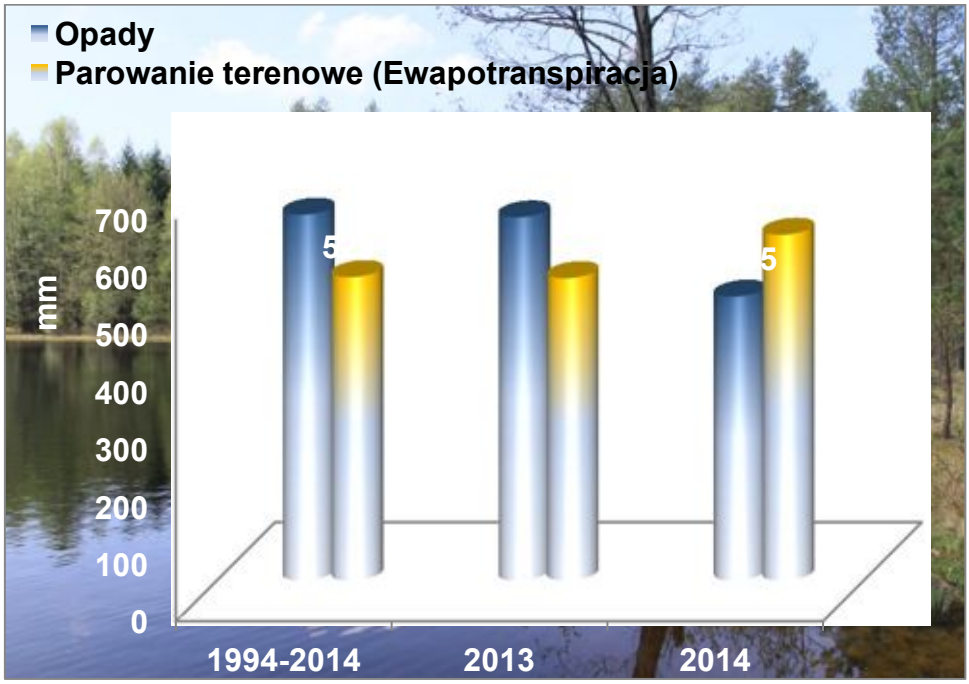
Rys . 16. Zdjęcie lotnicze (po lewej) ukazujące rozmieszczenie zbiorników wodnych wykonanych w ramach prac hydrotechnicznych: czerwona strzałka wskazuje zbiornik 7, a niebieska dawny *Eisen See*. Po prawej stronie fragment mapy topograficznej z 1938 r. pokazującej dawny układ hydrograficzny.



Rys. 17. Zdjęcie lotnicze ukazujące rozmieszczenie zbiorników wodnych i użytkowanie terenu wokół zbiorników wykonanych w ramach prac hydrotechnicznych PTOP: czerwona strzałka wskazuje zbiornik 3, a niebieska zbiornik 2.

4.2. SYTUACJA METEOROLOGICZNA A WARUNKI HYDROLOGICZNE

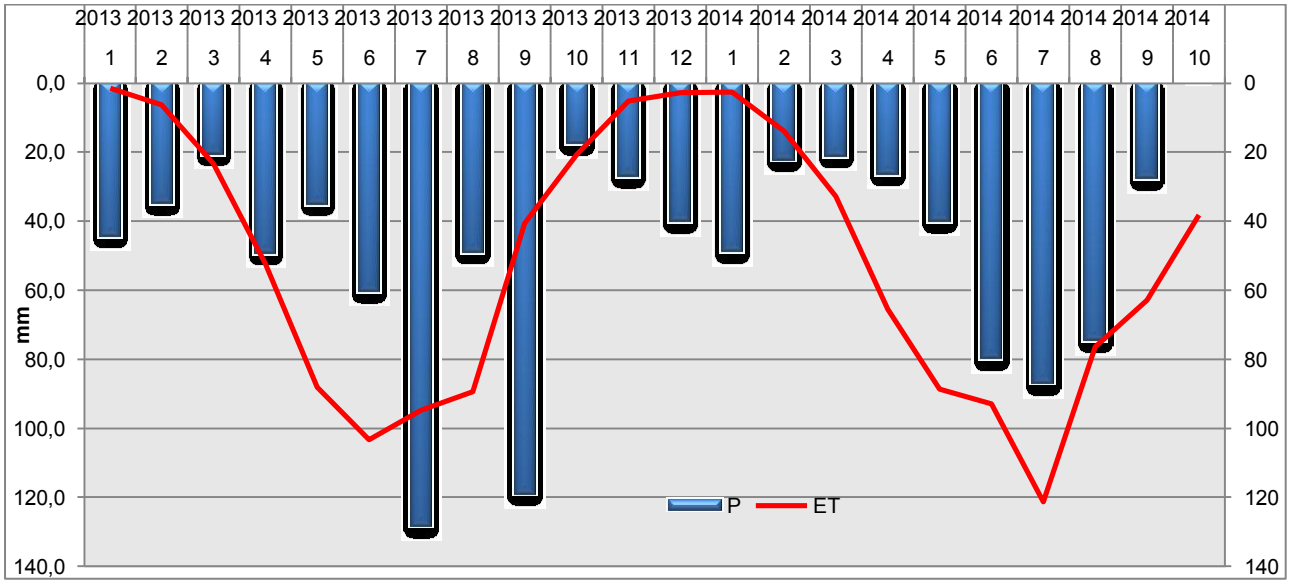
Sytuacja meteorologiczna w okresie obserwacji różniła się istotnie pomiędzy rokiem 2013 a 2014. Rok 2013 należał to lat przeciętnych z opadem sumarycznym 633 mm, podczas gdy rok 2014 był ubogi w wodę. Sumaryczny opad w okresie roku hydrologicznego 2014 (XI-X) wyniósł zaledwie 495 mm (**Rys. 18).** Poza różnicami w wysokości opadów w bilansie wodnym obszaru zwraca uwagę **w 2014 r.** **istotnie wyższa wartość parowania terenowego nad opadem**, co dodatkowo w 2014 r. pogłębiło panującą suszę letnio-jesienną.



Rys. 18. Porównanie rocznych sum zasilania (opad) i strat wody (parowanie) dla okolic Olsztyna w latach hydrologicznych , 2013 i 2014 na podstawie danych z automatycznej stacji meteo (WIOŚ w Olsztynie) na tle danych z wielolecia 1994-2014.

Suchy rok 2014, poprzedzony okresem zimowym 2013/14 ubogim w zasoby wilgoci ze śniegu, cechował poważny deficyt wodny w skali nie tylko regionalnej, ale i krajowej. W przebiegu rocznym, najwyższe sumy opadów w wieloleciu pojawiają się zazwyczaj w okresie letnim, i w lipcu osiągają swe maksimum tj. 89 mm (**rys. 19**). W roku 2014 najwyższe sumy opadów stwierdzono również w lipcu (87 mm). Były to deszcze o charakterze nawalnym frontowym z pojedynczymi ulewami rzędu 27 mm. Istotną przyczyną deficytu wilgoci był niemal o połowę niższy opad w okresie wiosennym oraz jesiennym 2014 w porównaniu do 20-lecia 1994-2013. W październiku 2014, pomimo niskiej ewapotranspiracji (ET), deficyt wody pogłębiony został całkowitym brakiem opadów. Letnie niżówki zostały pogłębione przez wysokie temperatury

utrzymujące się powyżej średniej: w lipcu odnotowano średnią temperaturę powietrza o ok. 4 st. C. wyższą w porównaniu do średniej z tego samego wielolecia.



Rys.19. Rozkład opadów miesięcznych i parowania terenowego dla okolic Olsztyna w latach 2013 i 2014 na podstawie danych z automatycznej stacji meteo (WIOŚ w Olsztynie).

4.2.1. ZASOBY WODNE

Ocena warunków hydrologicznych w roku hydrologicznym 2013 r. wykazała znaczną zasobność w wodę wszystkich badanych obiektów, co było następstwem wyjątkowo długo zalegającej pokrywy śnieżnej (do II poł. kwietnia 2013 r.). W okresie 2013 – 2014 r. wielkość przepływu Łyny mierzona w profilu Orłowo (**Tabela 5**) wynosiła średnio 136 l/s; w Likusach 319 l/s; a w Brzeźnie Łyńskim - 614 l/s i nie różniła się zasadniczo od średniej z wielolecia 1997-2000 (praca doktorska K. Glińskiej-Lewczuk; materiały niepubl. Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska UWM w Olsztynie). W roku 2013 źródliska okazały się bardziej zasobne w wodę niż w okresie 1997-2000. Natomiast w przekrojach Likusy i Brzeźno, średnie i wysokie przepływy okazały się niższe niż 15 lat wcześniej o ok. 16 – 31%. Odpływy Łyny w 2014 r. były mniejsze o ok. 30% niż w roku 2013. Największe niżówki na Łynie pojawiły się w okresie czerwiec - październik 2014 r., zmniejszając w Brzeźnie odpływ wody niemal o połowę. W tym okresie, udział zasilania podziemnego ze źródlisk (w rejonie Orłowa) zapewnił względnie stabilny odpływ w górnym biegu Łyny na poziomie 92-98 l/s.

W każdym z przekrojów pomiarowych wykazano, że niskie przepływy (NQ) były o 2 – 8% wyższe w 2013 r. względem okresu 1997-2000 (**Tabela 5**). Zasoby wilgoci w 2013 r. istotnie

pozytywnie wpłynęły na wielkość odpływu rowami otwartymi oraz wyższy niż w 2014 r. stan wód w zbiornikach naturalnych i sztucznych oraz utrzymywanie się do II połowy lipca wysokiego stanu wód gruntowych.

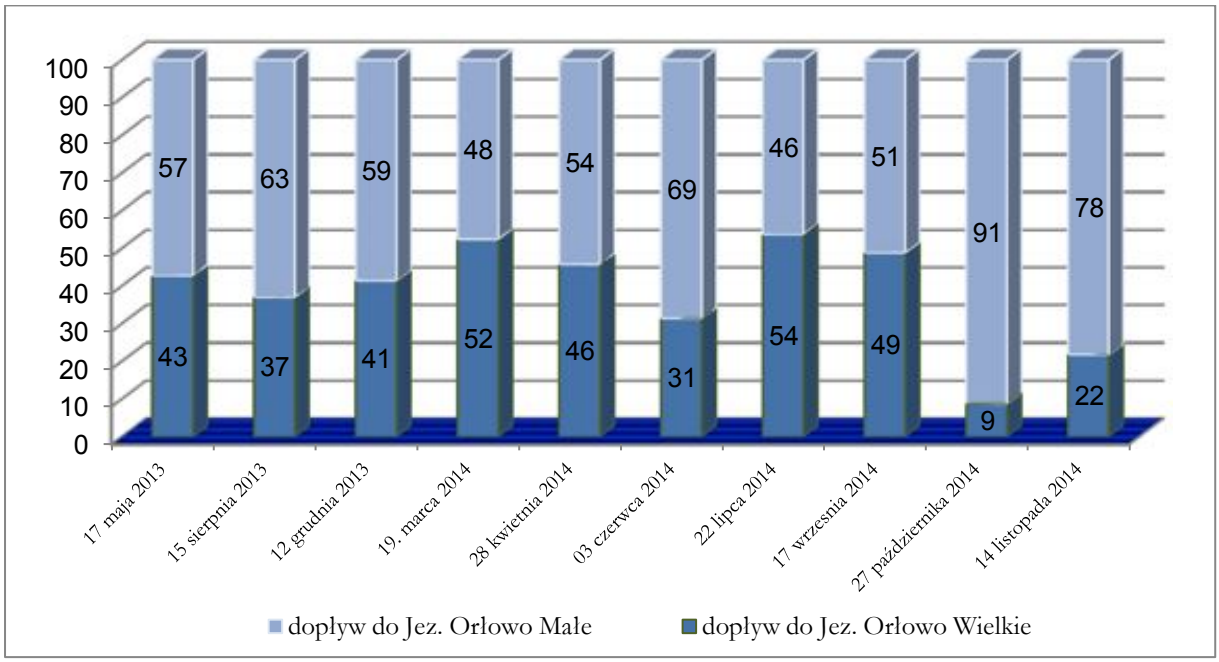
Porównanie odpływu górnej Łyny miedzy wieloleciem 1997-2000 a 2014 r. wykazało znaczny ubytek wody oscylujący wokół 77% w Orłowie , 42% w Likusach i 48% w Brzeźnie.

Tabela 5

Wyniki pomiarów przepływu Łyny i rowu zasilającego jeziora Orłowo Wielkie i Orłowo małe w okresie 2013 – 2014 na tle wielolecia 1997-2000

Data pomiaru/przepływ charakterystyczny	Łyna - Orłowo	Łyna- Likusy	Łyna- Brzeźno	Rów 1 do OM	Rów 2 do OW
17 maja 2013	146,07	288,55	741,30	7,03	3,00
15 sierpnia 2013	132,29	370,29	622,52	6,01	2,22
12 grudnia 2013	129,95	298,18	493,18	5,30	2,19
19 marca 2014	87,50	110,01	298,19	4,73	2,48
03 czerwca 2014	96,35	136,00	331,21	5,17	2,36
22 lipca 2014	97,76	131,97	320,36	20,15	6,32
17 wrzesnia 2014	95,36	142,15	315,36	12,85	6,90
27 października 2014	92,65	128,73	301,02	7,07	3,45
14 listopada 2014	117,81	212,81	406,61	5,78	0,50
Srednia z okresu badań 2013-2014					
NQ	87,50	110,00	298,20	3,70	0,50
SQ	**108,60**	**193,40**	**413,50**	**7,80**	**3,00**
WQ	146,10	370,30	741,30	20,20	6,90
Srednia z wielolecia 1997-2000					
NQ	120,00	270,00	483,31	-	-
SQ	**125,10**	**410,00**	**733,80**	-	-
WQ	133,00	540,00	966,00	-	-
Zmiany zasobów wodnych (%)					
$NQ_{2013-2014}/NQ_{1997-2000}$	73	41	62	-	-
$SQ_{2013-2014}/SQ_{1997-2000}$	**87**	**47**	**56**	-	-
$WQ_{2013-2014}/WQ_{1997-2000}$	110	69	77	-	-
Zmiany zasobów wodnych (%)					
$NQ_{2013}/NQ_{1997-2000}$	108	107	102	-	-
$SQ_{2013}/SQ_{1997-2000}$	**109**	**78**	**84**	-	-
$WQ_{2013}/WQ_{1997-2000}$	110	69	77	-	-
Zmiany zasobów wodnych (%)					
$NQ_{2014}/NQ_{1997-2000}$	73	48	62	-	-
$SQ_{2014}/SQ_{1997-2000}$	**77**	**42**	**48**	-	-
$WQ_{2014}/WQ_{1997-2000}$	89	39	42	-	-

Interesujących danych dostarczyły wyniki pomiarów hydrometrycznych na rowie zasilającym zarówno Jezioro Orłowo Małe i Jezioro Orłowo Wielkie. Stwierdzono, że rozrząd wody z tego rowu do jezior Orłowo Wielkie i Małe jest nierówny w ciągu roku, lecz zazwyczaj większy w kierunku jez. Orłowo Małe w proporcji 68 : 32% (**Rys. 20**). Z całkowitej objętości wody odpływającej rowem, od 9% do 54% wody zasila jez. Orłowo Wielkie w zależności od wielkości przepływu i czynników utrudniających zasilanie zbiornika (zarastanie, wysoki stan wody w Jez. Orłowo Małe lub zatamowanie dopływu wody do Jez. Orłowo Małe). Jedynie w marcu 2013 r. oraz w lipcu 2014 r. odpływ rowem do Jeziora Orłowo Wielkie było nieznacznie większe (o 2% i o 4%, odpowiednio) niż do jeziora Orłowo Małe.



Rys. 20 Rozrząd wody z rowu do Jez. Orłowo Małe (jasnoniebieski) i Orłowo Wielkie (ciemno niebieski)

Ocena zasilania powierzchniowego rowem obu jezior w liczbach bezwzględnych wygląda następująco: do jeziora Orłowo Małe dopływa średnio Q=7,80 l/s, podczas gdy do jeziora Orłowo Wielkie Q= 3,00 l/s (**Tabela 5**). Oznacza to, że zasilanie powierzchniowe do jez. Orłowo Małe wynosi rocznie 245 tys. m^3 wody, a do jez. Orłowo Wielkie 100 tys. m^3 (**Tabela 6**). Zmiany natężenia przepływu w okresie obserwacji były znaczne: rów prowadził wodę do jeziora Orłowo Małe w ilości: 3,70<Q<20,20 l/s, a do Orłowa Wielkiego: 0,5<Q<6,90 l/s). Zmienność ta uwarunkowana była głównie warunkami meteorologicznymi, pomimo wybudowanego powyżej jezior bystrotoku, mającego za zadanie stabilizować sytuację hydrologiczną na rowie.

Udział zasilania powierzchniowego omawianym rowem w stosunku do pojemności Orłowa Wielkiego (V=1 096,2 tys. m^3) stanowi ok. 10%, a w stosunku do Orłowa Małego (V=52,5 tys. m^3) aż 466%. W bilansie wodnym Orłowa Małego, wartość ta wskazuje na aktywną wymianę wody nietypową dla zbiorników bezodpływowych. Odnawialność zasobów wodnych oraz potencjalne zdolności retencyjne tego zbiornika oraz jego wpływ na grawitacyjne zasilanie obiektów wodnych położonych niżej, wyraża najpełniej wskaźnik retencji, stanowiący iloraz pojemności niecki jeziora do powierzchni jego zlewni. Wartości tego parametru dla omawianego

jeziora Orłowo Małe wynosi 0,02 m. W przypadku Orłowo Wielkie wskaźnik retencji wynosi 0,115 m, co dowodzi wysokiej stabilności akumulowanych w niecce zasobów wodnych. Stabilność tę potwierdzają również niższe od 50 cm roczne amplitudy stanów wody (**Tabela 8**), charakterystyczne dla zbiorników hydrologicznie pasywnych.

Tabela 6

Zestawienie wielkości zasobów wodnych górnej Łyny w okresie 20113-2014 na tle 1997-2000 (NQ- niski przepływ; SQ – średni przepływ; WQ – wysoki przepływ)

Okres	Strefa przepły -wów	Odpływ jednostkowy q= l/s km^{-2}				Objętość odpływu V= mln m^3/rok				
		Łyna - Orłowo	Łyna - Likusy	Łyna - Brzeźno	Rów 1+2	Łyna - Orłowo	Łyna - Likusy	Łyna - Brzeźno	Rów 1	Rów 2
2013-2014	NQ	15,1	5,3	7,9	1,8	2,759	3,469	9,404	0,117	0,016
	SQ	**18,7**	**9,3**	**11,0**	**4,4**	**3,425**	**6,100**	**13,041**	**0,245**	**0,095**
	WQ	25,2	17,7	19,7	10,7	4,606	11,677	23,378	0,636	0,218
1997-2000	NQ	20,69	12,92	12,85	-	3,784	8,515	15,242		
	SQ	**21,57**	**19,62**	**19,52**	**-**	**3,945**	**12,930**	**23,141**		
	WQ	22,93	25,84	25,69	-	4,194	17,029	30,464		

4.2.2. STANY WÓD

W okresie obserwacji od maja 2013 do końca października 2014 r wahania stanów wód gruntowych w sąsiedztwie zbiorników były zróżnicowane zarówno przestrzennie jak i czasowo. Analiza danych uzyskanych z automatycznych rejestratorów stanów wód wykazała, że zwierciadło wód podziemnych układa się na wysokościach bezwzględnych od 127,73 do 140,68 m n.p.m., co znacznie uszczegóławia informacje o środowisku doliny górnej Łyny w zakresie podstawowych danych hydrogeologicznych.

Tabela 7

Zmiany położenia stanów wód w piezometrach

Cecha	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P6**	**P7**	**P8**
Średnia	140,33	136,43	134,70	130,06	130,09	128,27	132,56
min	139,86	135,24	134,17	129,53	129,91	127,73	132,04
max	140,68	136,58	134,86	130,22	130,28	128,48	132,71
Różnica stanów wód max-min (m)	0,82	1,34	0,69	0,69	0,37	0,75	0,68

Najwyżej położone zwierciadło wód stwierdzono w przypadku jeziora Orłowo Małe (piezometr 1) na wysokości średniej 140,33 m n.p.m., natomiast najniżej zwierciadło wody stwierdzono w piezometrze P7 (przy zbiorniku 7; za leśniczówką w Likusach) na wysokości średniej 128,27 m n.p.m. Zauważono, że im w kierunku północnym maleją rzędne zalegania zwierciadła wody gruntowej. Analiza rozkładu wysokości położenia zwierciadła wody, wskazuje na potencjalny kierunek jej odpływu w kierunku północnym, tj. równolegle do doliny Łyny.

Amplituda stanów wód w badanych zbiornikach w ciągu badanego okresu wynosiła od 0,37 m do 1,34 m. Najbardziej stabilne warunki hydrologiczne wykazywały wody jeziorka Karzełek koło Likus, a największą dynamiką zmian charakteryzowały się wody gruntowe w części południowej, głównie w rejonie zbiornika P2 (1,34 m) i jeziora Orłowo Małe (0,82 m).

Zmiany poziomu wody w zbiornikach odczytywane ręcznie wykazywały mniejsze zróżnicowanie stanów wód w zbiornikach w porównaniu do wód gruntowych, co wynika z mniejszej częstości odczytów. W przypadku jezior Orłowo Małe i Wielkie stwierdzono większe wahania stanów wód w Jeziorze Orłowo Wielkie (0,46 cm), podczas gdy w Orłowie Małym amplituda stanów wód wyniosła 0,16 m (**Tabela 8**). Dynamika zasobów wodnych w jeziorze Orłowo Małe posiada odmienny reżim względem pozostałych badanych obiektów. Orłowo Małe cechuje stały, aczkolwiek wysoki, stopień zasilania powierzchniowego (rów) i podziemnego z uwagi na sąsiedztwo strefy źródliskowej. Wykazuje on przy tym dużą odporność na zmieniające się warunki pogodowe, co widać na przykładzie hydrogramu P1 (**Rys. 22**).

Interesującym elementem analizy, jest także podobieństwo przebiegu zjawisk hydrologicznych wyrażonych przebiegiem zmian stanów wód i temperatur na hydrogramach na rysunkach wchodzących w skład **rys. 22**. Spośród 7 zainstalowanych czujników stanów wód gruntowych lub wód w zbiornikach jedynie w P1 w strefie przybrzeżnej Jeziora Orłowo Małe, stwierdzono specyficzny, niepodobny do pozostałych ruch zwierciadła wody i rozkład temperatury wody w okresie badań. Zbiornik ten, jak wspomniano we wcześniejszym podrozdziale posiada niewielka głębokość i aktywnie uczestniczy w obiegu wody w zlewni. Orłowo Małe (P1) jest pierwszym powierzchniowym ogniwem w obiegu wody w zlewni i bardziej dynamicznie reaguje na zmiany zasilania, pomimo relatywnie niskiej amplitudy stanów wód (140,56 – 140,72 m n.p.m.). Wzrost poziomu wody w omawianym jeziorze obserwowano głównie w okresach wiosennych, gdzie wskutek roztopów docierały do niecki znaczące ilości wód. Drugim okresem wzmożonego zasilania i wzrostu stanów wód są intensywne opady letnie. W 2013 r. na teren zlewni w I połowie września dostawa wód opadowych (119 mm) z deszczy frontalnych miała charakter ulew o natężeniu 15 – 23 mm (6 – 20 września 2013 r.), w następstwie których poziom wody w jeziorze podniósł się o ok. 20 cm. Najniższe zasoby wód w Jeziorze Orłowo Małe wystąpiły w lipcu 2013 r. W okresach letnich wysokie sumy opadów (128 mm), **Rys 19**. kompensowane są wysokim parowaniem lub /i odpływem gruntowym do niżej położonych części zlewni. Niestety proces ten, będący „stratą" w bilansie wodnym zlewni nie pozwala na odbudowę zasobów wodnych w zlewni.

Warto również zwrócić uwagę na rolę jeziora jako bufora ciepła, a w szczególności przesuniecie ekstremalnych (zimowych i letnich) wartości temperatur wody względem temperatur powietrza. W termice wód jeziornych zaznacza się przesunięcie minimalnych temperatur o ok. 2 miesiące względem najniższych temperatur powietrza: minimalna temperatura powietrza została

odnotowana 24 stycznia 2014, natomiast wody - 20 marca 2014 r. Przesunięcie temperatury maksymalnej jest mniej wyraźne i krótsze: maksymalna dobowa temperatura powietrza (25°C) wystąpiła na początku sierpnia 2013 i 2014 r., natomiast maksymalna temperatura wody w 2013 r. odnotowana była (14°C) w ostatniej dekadzie września, a w 2014 już w połowie sierpnia (19°C).

W przypadku piezometrów zlokalizowanych w pobliżu pozostałych zbiorników, zmiany stanów wód posiadały podobne hydrogramy. Przebieg stanów wody charakteryzował się wyraźnym podwyższeniem w okresie wiosennych roztopów w 2013 oraz utrzymywał się powyżej średniej w okresie półrocza zimowego 2014 r.h. Na hydrogramie zaznaczyła się wyraźnie niżówka letnio-jesienna 2014 r., przerwana we wrześniu (ok. 10 września 2014 r.) dostawą opadów i zmniejszeniem strat na parowanie. Podobny przebieg zmian stanów wód w rejonie sąsiadujących ze sobą zlewni, z uwzględnieniem indywidualnych amplitud stanów wód, jest dowodem na istnienie wspólnego źródła zasilania w wodę. Korelacja stanów wód w P3 i P4 dała ponadto silną zależność R^2=0,74 (**Rys. 23**). Charakterystyczne niewielkie wezbrania o wysokości ok 10 cm pojawiające się w tym samym czasie, a do tego zbliżony przebieg temperatur dowodzi wspólnego źródła zasilania, jakim jest wspólny poziom wód gruntowych. W wodach o głębszym systemie krążenia amplituda temperatur była zdecydowanie mniejsza i w przypadku piezometru P2 wynosi 8°C; P3 – 5 °C; 8°C; P7 – 6°C oraz P8 – 5°C. W każdym z badanych obiektów najniższa temperatura pojawiała się w II połowie marca a maksimum przypadało na II połowę sierpnia.

Analiza zmian położenia lustra wody w roku 2014 przy przedłużającej się niżówce letnio-jesiennej w większości zbiorników wykazała podobną tendencję: wyraźny spadek lustra wody. Odsłonięcie lustra wody większości zbiorników i ich ekspozycja na słońce (brak zacienienia) były przyczyną wzmożonej ewapotranspiracji, co latem w 2014 r. wydatnie przyczyniło się do obniżenia lustra wody w mokradle śródleśnym 4 (**Fot. 9**). Niemniej jednak, każdy ze zbiorników utrzymał latem lustro wody (nie wysechł) dzięki zasilaniu gruntowemu. Zmiany poziomu wody były jednak znaczące, co pokazano na załączonej dokumentacji fotograficznej (**Fot. 9–12**).

Fot. 9. Zmiany zasobów wodnych w mokradle śródleśnym 4. Rok 2014 był ubogi w wodę i spowodował zmniejszenie lustra wody o połowę (prawe górne zdjęcie). Umiejscowienie łatwy wodowskazowej w zbiorniku (2013) i poza zbiornikiem (2014) wskazuje na wrażliwość tych ekosystemów na niedobór wody.

Fot. 10. Zmiany zasobów wodnych w rejonie grobli na rowie zasilającym jez. Brzeźno. Rok 2013 – wody dolinowe uformowały rozległy zalew; rok 2014 - zanik lustra wody i zarośnięcie dna doliny.

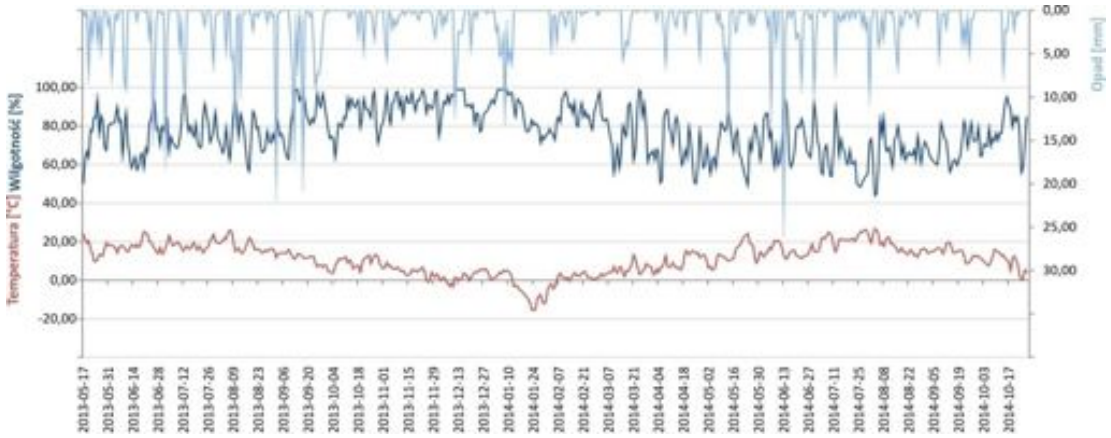
Fot 11. Umiejscowienie łatwy wodowskazowej w zbiorniku (2013) i poza zbiornikiem (2014) wskazuje na wrażliwość ekosystemu na deficyt wody.

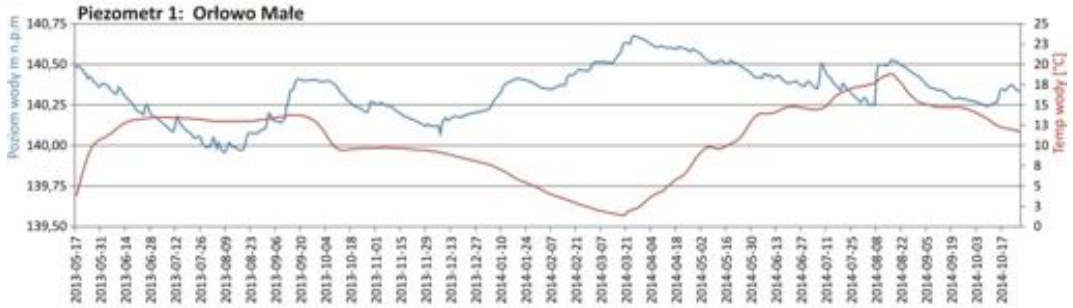
Fot. 12. Oznaki braku zasilania opadowego i obniżenia zwierciadła wód gruntowych w zbiorniku 2 w wyniku długotrwałej suszy latem i wiosną w roku 2014. (*fot. K. Glińska-Lewczuk*)

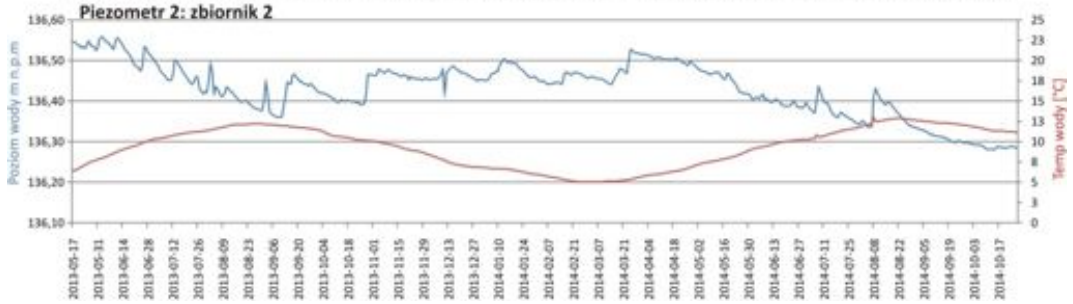
Tabela 8

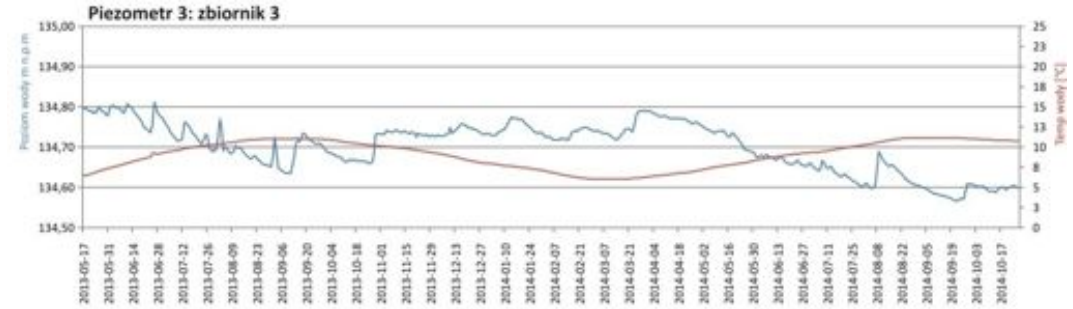
Wahania stanów wód z odczytów z łat wodowskazowych

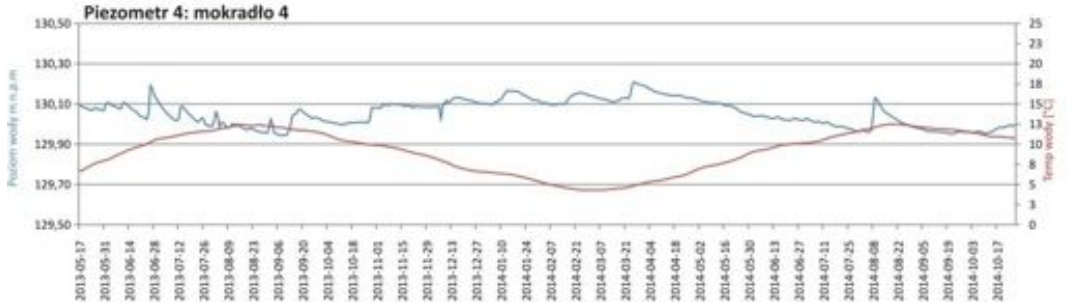
Reper / zero wodowskazu	**Orłowo Małe**		**Orłowo Wielkie**		**OM-OW**	**Łata: zbiornik 3**		**Łata: zbiornik 4**		**Łata: zbiornik 7**	
	140,88 [m n.p.m.]		140,32 [m n.p.m.]		Różnica stanów wód	133,00 [m n.p.m.]		128,69 [m n.p.m.]		123,33 [m n.p.m.]	
Data	Pomiar	Stan	Pomiar	Stan	cm	Pomiar	Stan	Pomiar	Stan	Pomiar	Stan
17.05.2013	0,16	140,72	0,29	140,03	0,69	Brak łaty	Brak łaty	Brak łaty	Brak łaty	Brak łaty	Brak łaty
01.08.2013	0,18	140,70	0,36	139,96	0,74	1,58	134,58	1,52	130,21	1,64	124,97
19.03.2014	0,19	140,69	0,37	139,95	0,74	1,65	134,65	1,69	130,38	1,8	125,13
28.04.2014	0,17	140,71	0,38	139,94	0,77	1,58	134,58	1,68	130,37	1,7	125,03
03.06.2014	0,28	140,60	0,46	139,86	0,74	1,52	134,52	1,56	130,25	1,6	124,93
17.09.2014	0,32	140,56	0,69	139,63	0,93	1,40	134,4	1,19	129,88	brak wody	brak wody
03.10.2014	0,27	140,61	0,7	139,62	0,99	1,40	134,4	1,16	129,85	brak wody	brak wody
27.10.2014	0,29	140,59	0,75	139,57	1,02	1,40	134,4	1,16	129,85	brak wody	brak wody
min	0,16	140,56	0,29	139,57	0,69	1,40	134,4	1,16	129,85	1,6	124,93
max	0,32	140,72	0,75	140,03	1,02	1,65	134,65	1,69	130,38	1,8	125,13
Różnica	**0,16**	**0,16**	**0,46**	**0,46**	**0,33**	**0,25**	**0,25**	**0,53**	**0,53**	**0,20**	**0,20**

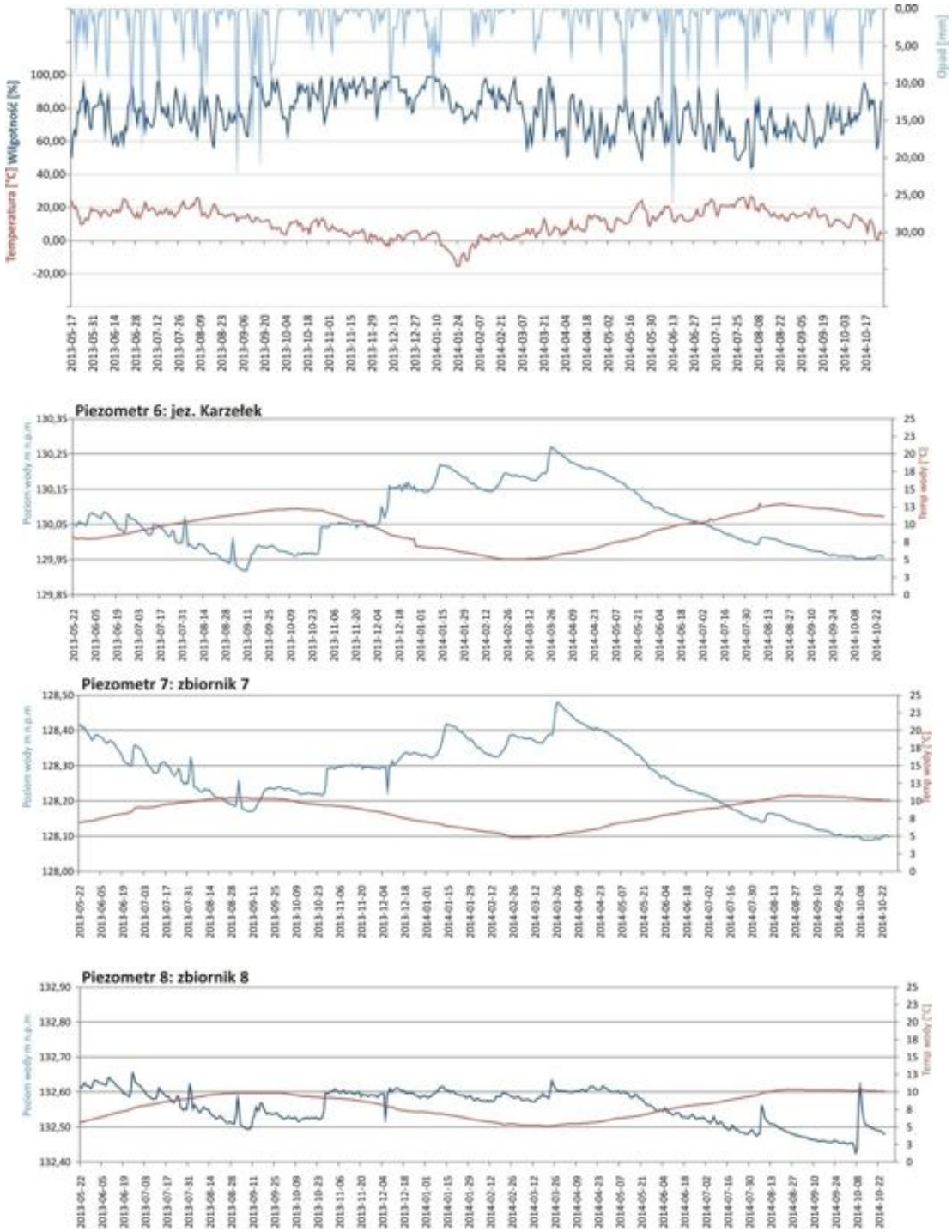

Temperatura [°C] Wilgotność [%]
Opad [mm]


Piezometr 1: Orłowo Małe
Poziom wody m n.p.m
Temp wody [°C]

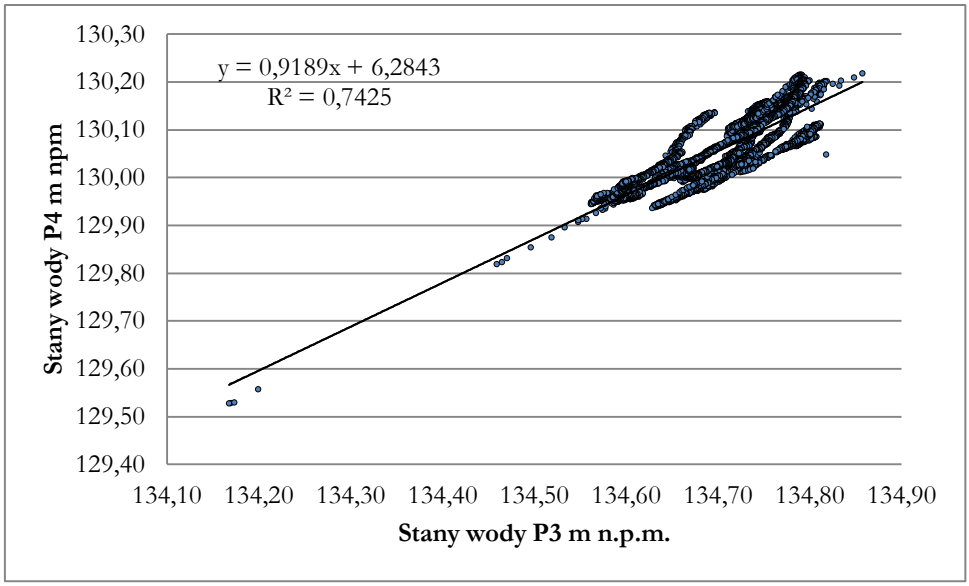

Piezometr 2: zbiornik 2
Poziom wody m n.p.m
Temp wody [°C]

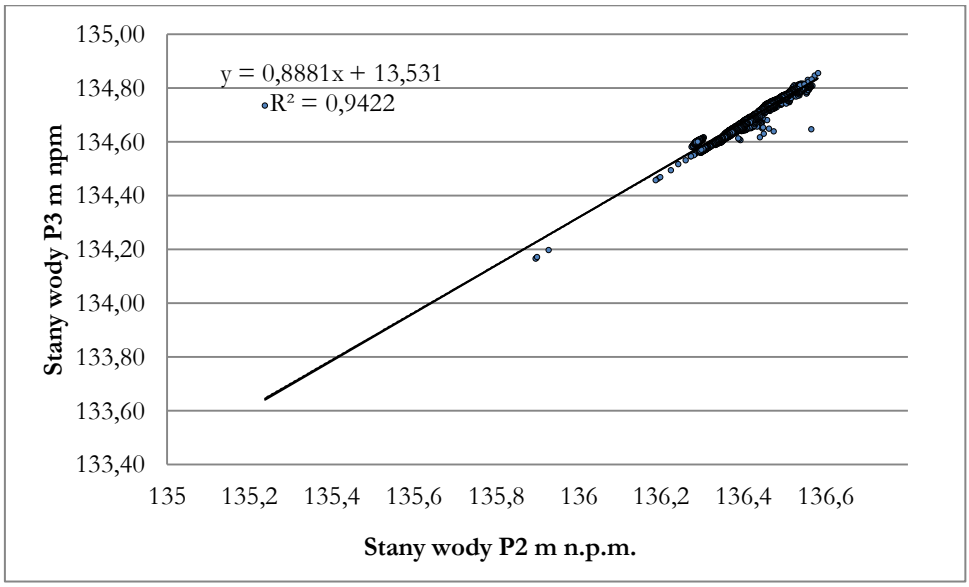

Piezometr 3: zbiornik 3
Poziom wody m n.p.m
Temp wody [°C]


Piezometr 4: mokradło 4
Poziom wody m n.p.m
Temp wody [°C]



Rys. 22 Przebiegi zmian położenia zwierciadła wody w piezometrach 1-8 wyposażonych w automatyczne rejestratory stanów wód (niebieska linia) i temperatur wody (czerwona linia) na tle warunków meteorologicznych panujących w okresie obserwacji.





Rys. 23. Wykres zależności pomiędzy stanami wody w piezometrze P3 i P4 (R^2=0,7425) oraz pomiędzy P2 a P3 (R^2=0,9422) dla serii N= 12669 odczytów danych.

4.2.3. KIERUNKI ODPŁYWU WODY

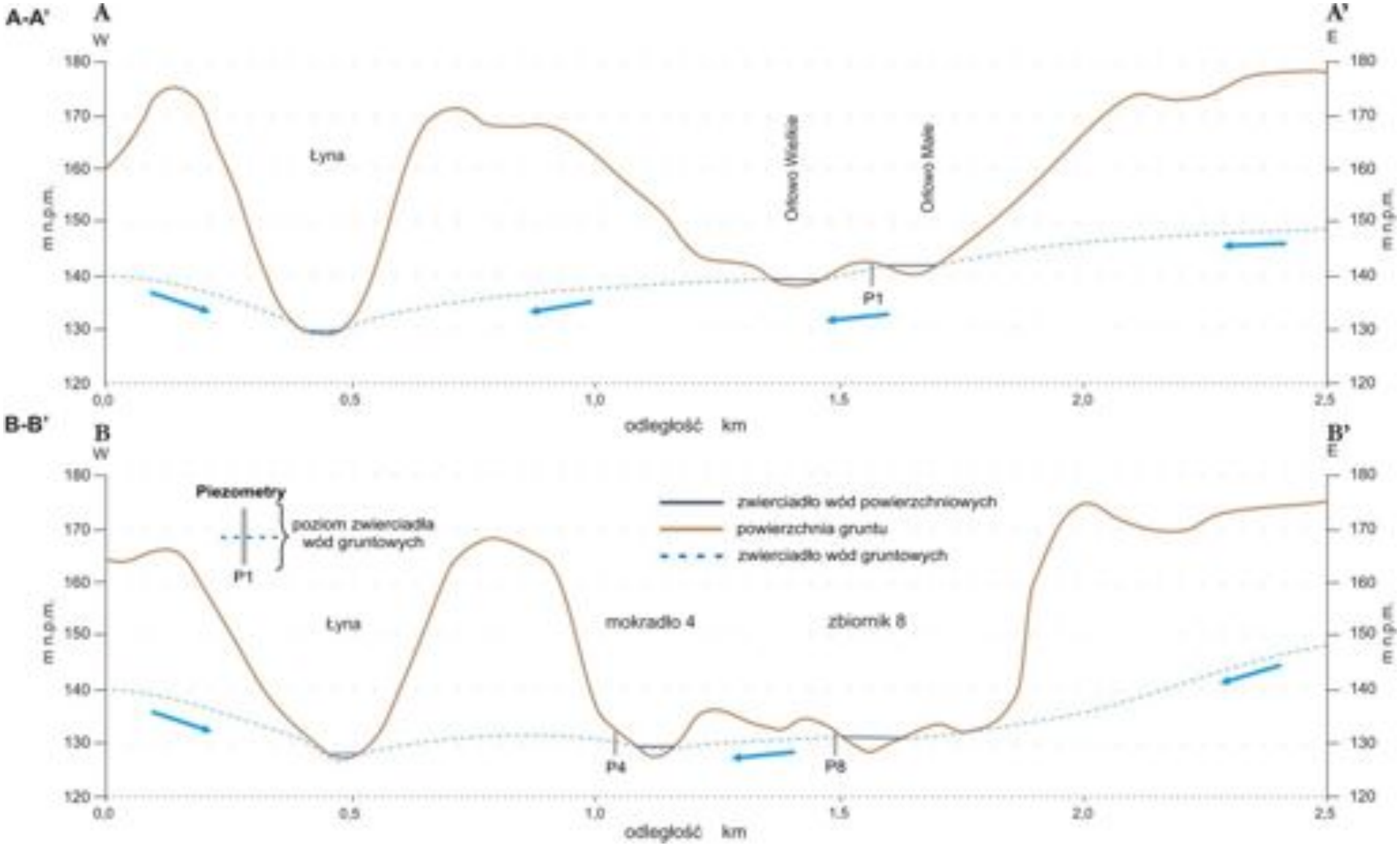
W oparciu o analizę hydrogramów stanów wód gruntowych stwierdzono, że posiadaja one na omawianym obszarze wspólne źródło zasilania, którym sa wody gruntowe o swobodnym zwierciadle wody. Ponadto, na każdym z wykresów obrazujących przebieg stanów wód wskazano wysokości (oś pionowa) bezwzględne położenia lustra wody. Analiza wysokości lustra wody na obiektach wykazała, że filtracja wody odbywa się głównie w kierunku północnym, a jedynie w rozszerzeniach dolinowych między pagórkami kemowymi może zachodzić odpływ w kierunku doliny Łyny. Ma on jednak charakter drugorzędny. Aby wizualizować to zjawisko opracowano 5 transektów ukazujących kierunki odpływu wód w dolinie i możliwości potencjalnego zasilania zbiorników w wodę (**rys 24-26**) na podstawie Numerycznego Modelu Terenu (zasoby CODGIK,

Warszawa) oraz informacji o stanie zalegania wód podziemnych w dolinie i informacji hydrogeologicznej z map hydrogeologicznych i geologicznych. Transekty posiadają przebieg równoleżnikowy (A-A'; B-B'; C-C') oraz południkowy, równoległy do doliny Łyny (D-D'; D-E').

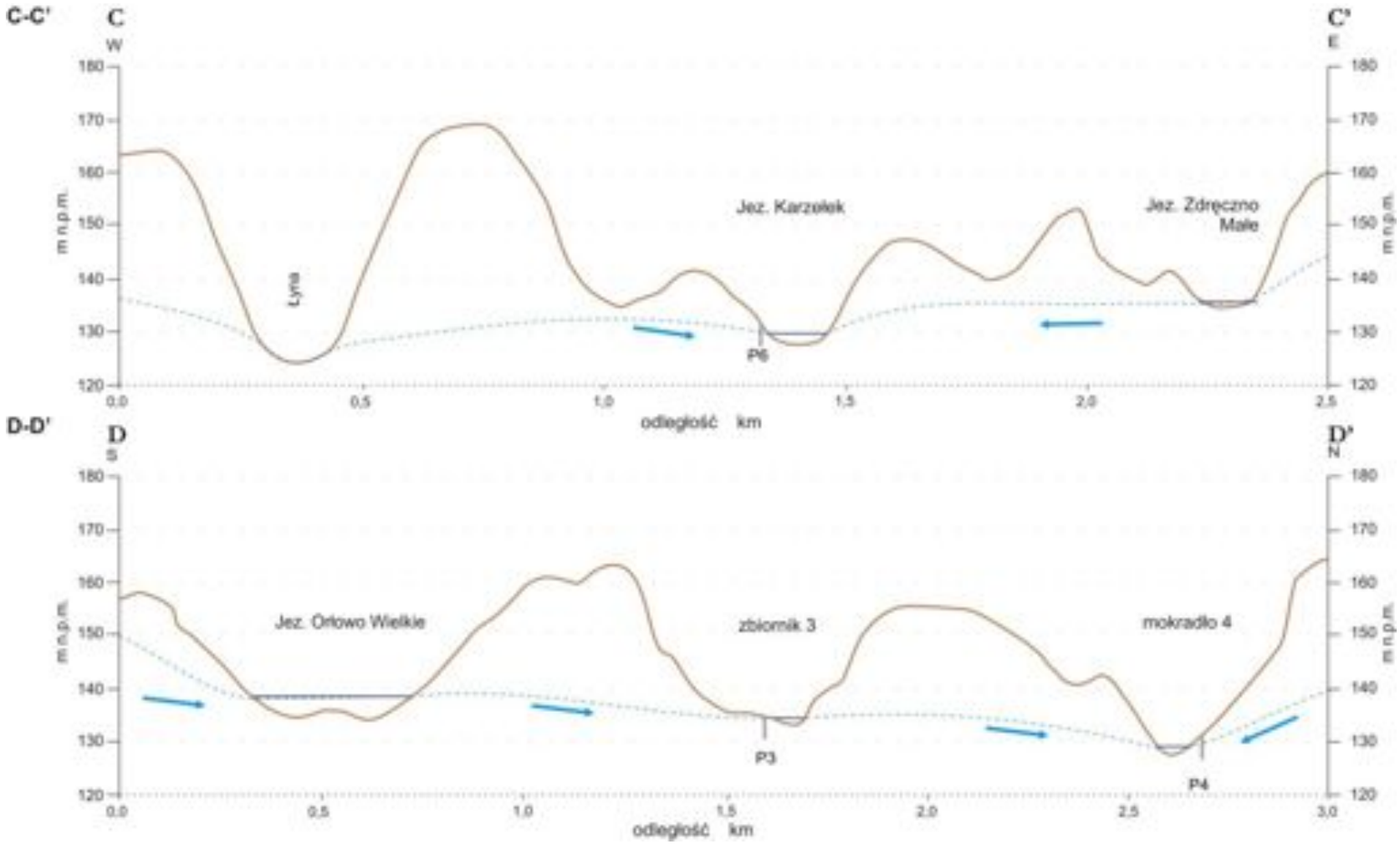
Na transekcie A-A' przebiegającym prostopadle do doliny rzeki Łyny przez Jezioro Orłowo Wielkie i Małe stwierdzono gradient wysokości nachylony w kierunku jeziora Orłowo Wielkie i dalej ku Łynie. Istniejące wysokie (170 m n.p.m.) wniesienie może być przeszkodą w odpływie w kierunku Łyny i bardziej prawdopodobna jest filtracja w kierunku mokradła 3 i 4 (**rys. 25**) czyli równoległe do łańcucha pagórków kemowych będących barierą dla bezpośredniego odpływu wody w kierunku Łyny.

Ciąg obniżeń terenu wypełnionych płaskodennymi podmokłymi łąkami przejmuje wody spływające ze wschodniej (zbudowanej z utworów sandrowych) części zlewni, w tym m.in. ze zlewni jez. Zdręczno. Drugi południkowo ułożony ciąg zbiorników zasilanych wodą gruntową spływająca z południa na północ tworzą obiekty zasilane od jeziora Orłowo Małe przez zbiorniki 2 i 8 oraz Jezioro Karzełek (zbiornik 6) i dalej zbiornik 7 (**Rys 26**). Zarówno Karzełek, jak i zbiornik 7 należą do zbiorników najniżej położonych spośród analizowanych obiektów, a odpływ wody z ich zlewni związany jest z jeziorem Krzyż i Brzezinko poprzez obszary zmeliorowanych łąk w okolicach Likus.

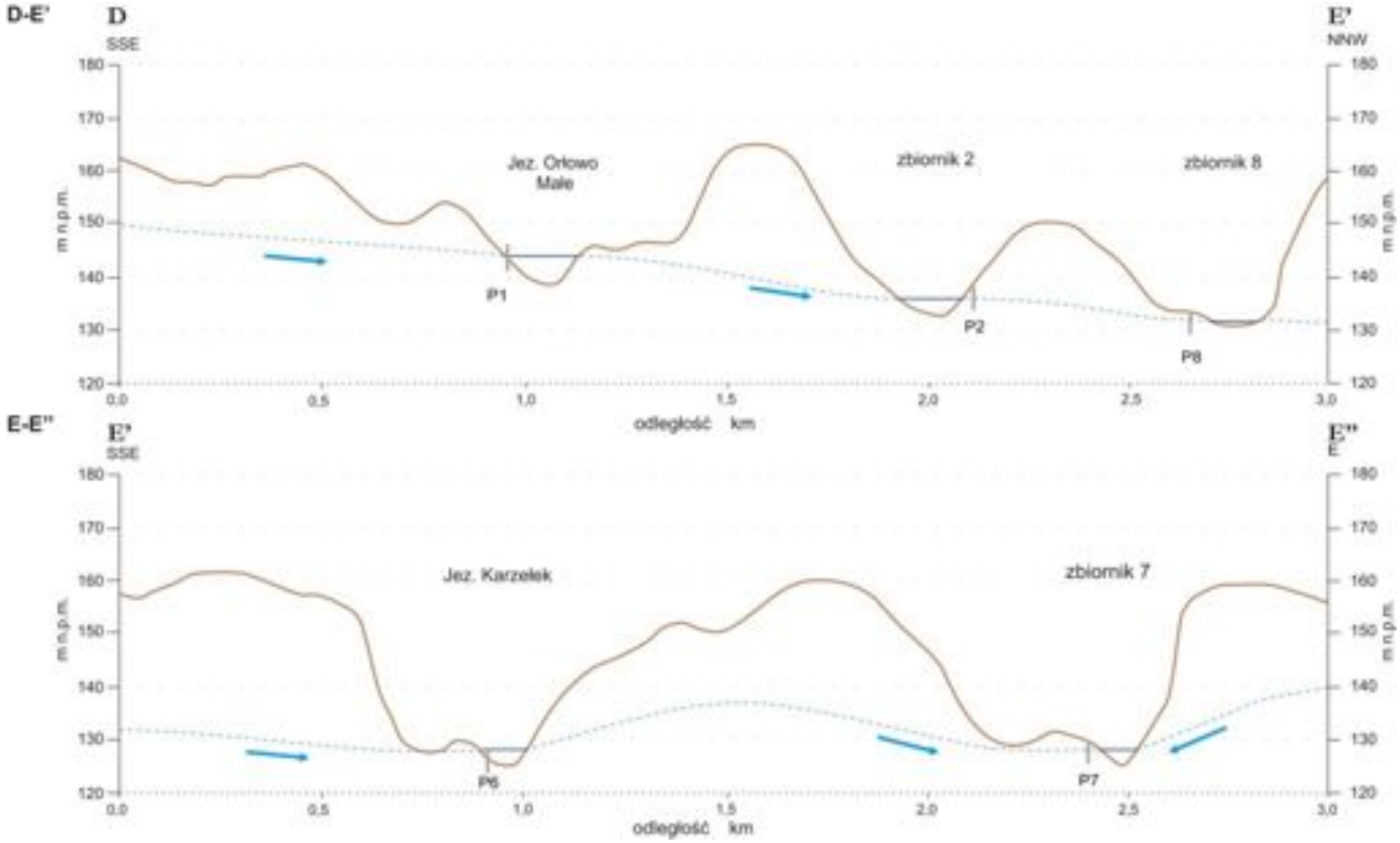
Niezależnie od transektów wykonano mapę kierunków odpływu wody (**rys. 27-28**) ze zlewni oraz scenariusze zalewów trenu w dolinie górnej Łyny w sytuacji podwyższenia stanów wód o 5-10 i 15m (**rys. 29**) względem stanu dzisiejszego.



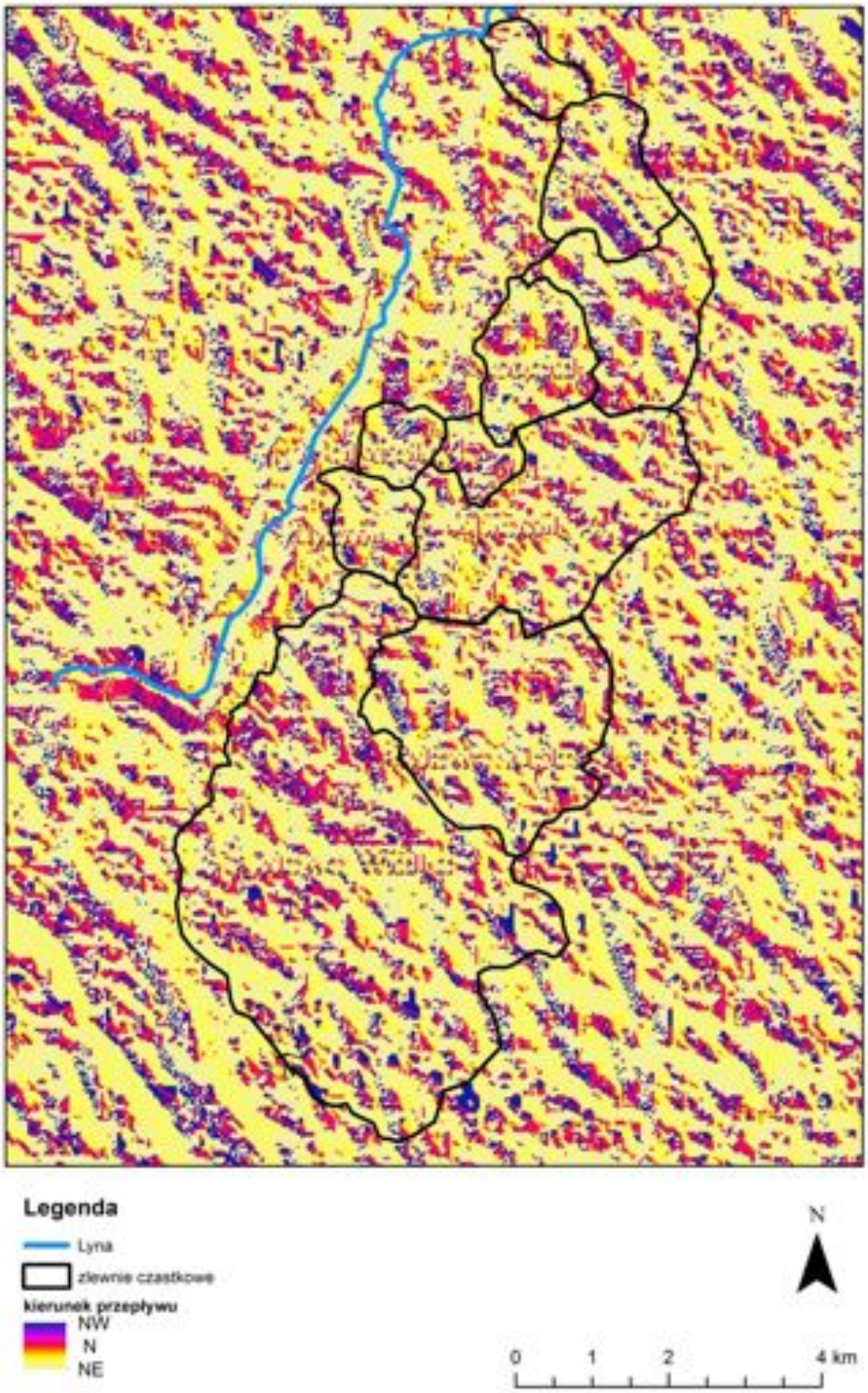
Rys. 24. Zmiany zwierciadła wody gruntowej wzdłuż transektów A-A' i B-B' przebiegających prostopadle (W–E) do doliny Łyny (przebieg oznaczono na **rys. 11** i **13**)



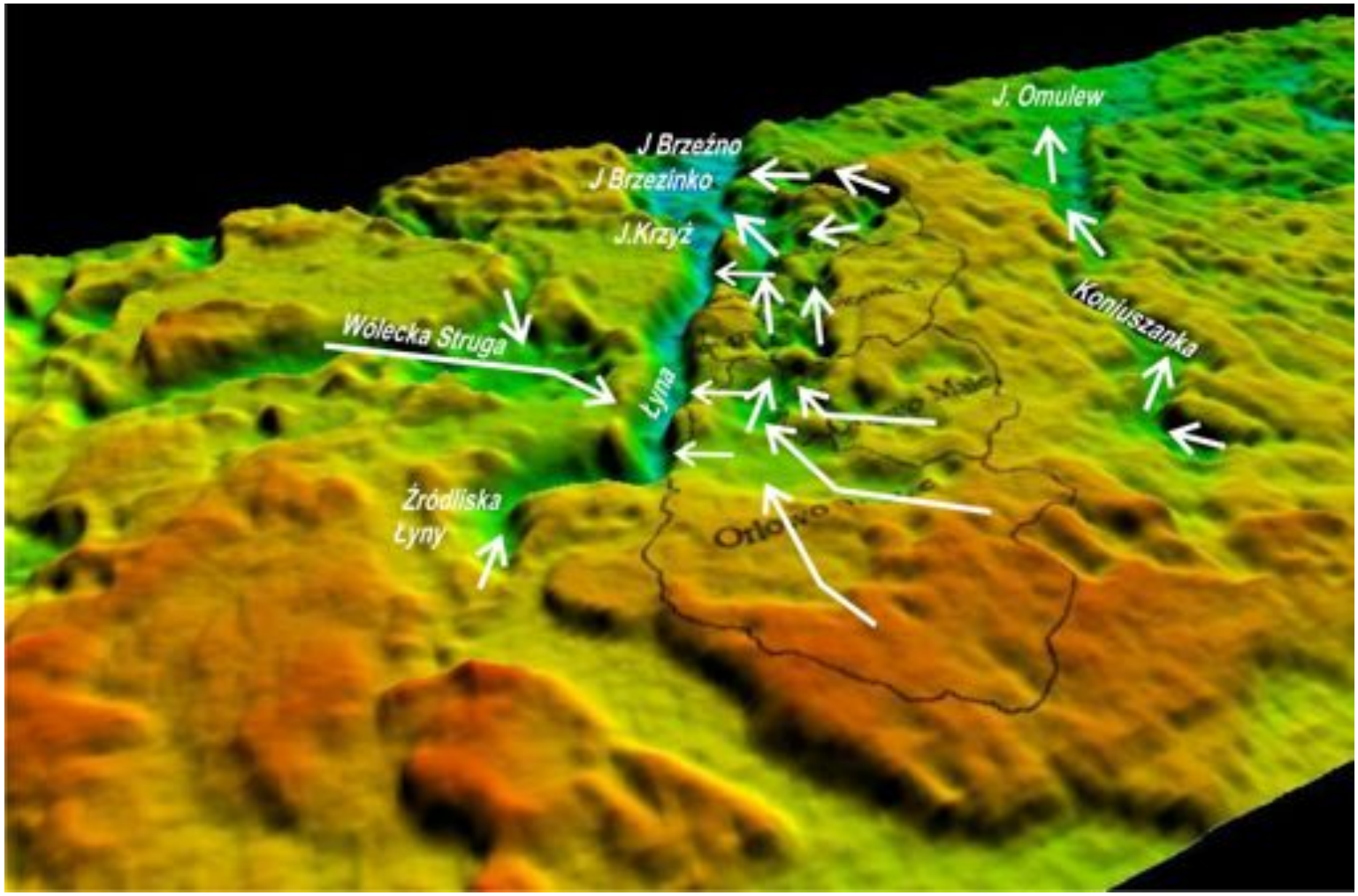
Rys. 25. Zmiany zalegania zwierciadła wody gruntowej (I poziom) wzdłuż transektu C-C' przebiegających prostopadle (W – E) do doliny Łyny i D-D' o przebiegu równoległym do doliny Łyny (S – N) (przebieg oznaczono na rys. 11). Legenda patrz **rys. 24**



Rys. 26. Zmiany zalegania zwierciadła wody gruntowej (I poziom) wzdłuż transektu D-E-E' o przebiegu równoległym do doliny Łyny (SSE – NNE) (przebieg oznaczono na rys. 11). Legenda: patrz **rys. 24**

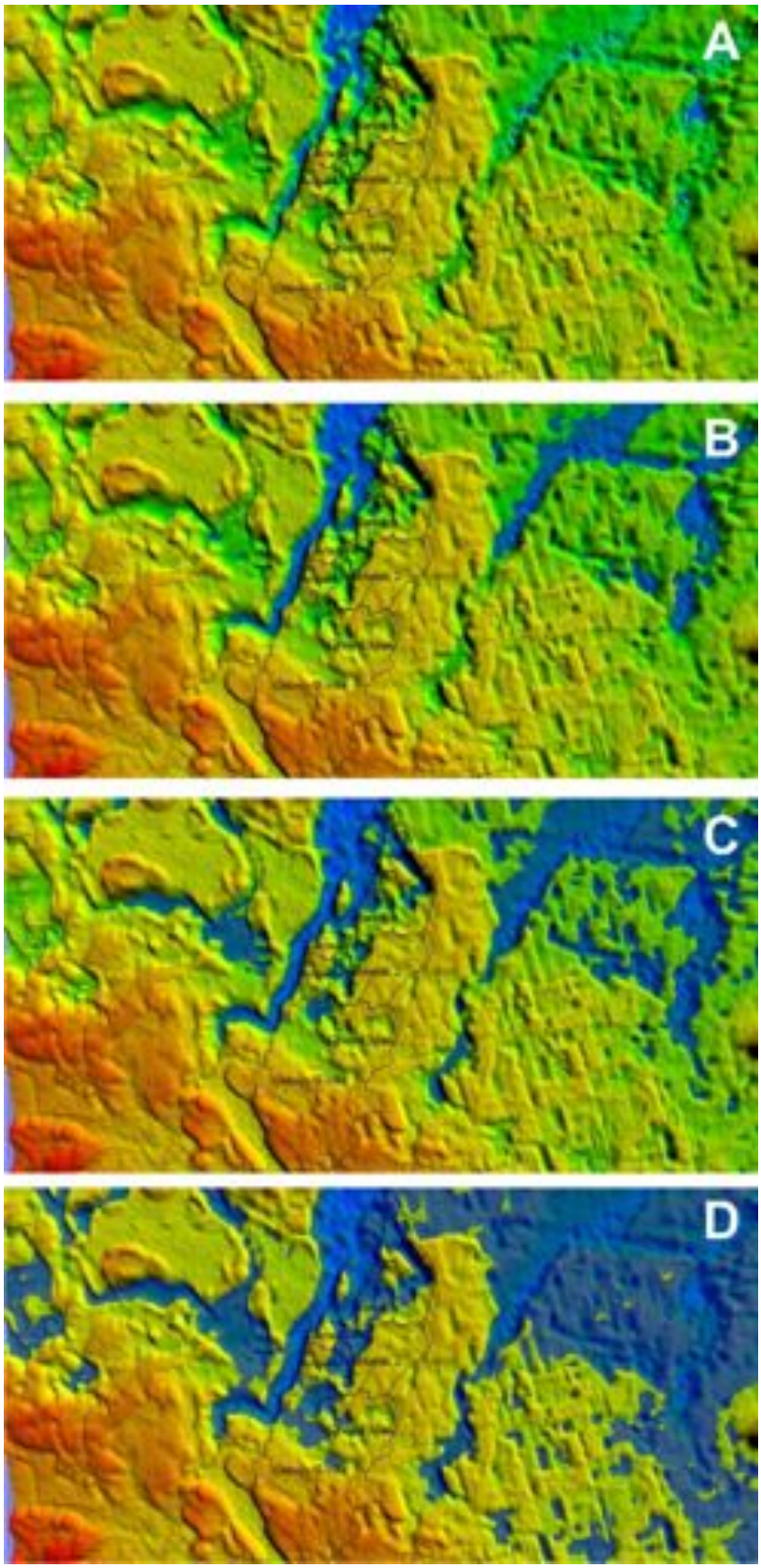


Rys. 27 Komputerowa analiza potencjalnych kierunków odpływu wody z obszaru górnej Łyny (ArcGIS 10.0PL)



Rys 28. Główne kierunki odpływu wody na tle rzeźby terenu w zlewni górnej Łyny i jej okolicach (Numeryczny Model Terenu, DEM).

Kierunki zostały wyznaczone na podstawie danych hydrogeologicznych , położenia i wahań zwierciadła wód gruntowych



Rys 29. Symulacja zasięgu podtopień terenu wskutek potencjalnego wzrostu stanów wód na tle rzeźby terenu zlewni górnej Łyny i jej okolic (Numeryczny Model Terenu, DEM): A- podczas dzisiejszych stanów wód; B- 5 m powyżej dzisiejszego stanu wody; C-10 m wyżej; D- 15 m wyżej.

Fot. 13 Odpływ z jez. Orłowo Małe do Jez. Orłowo Wielkie w maju 2013 r.

4.3. WŁASCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WÓD

Wody krążące w systemie górnej Łyny cechuje znaczna różnorodność fizyko-chemiczna. Wody w korycie rzecznym Łyny reprezentują wapniowo-wodorowęglanowy typ wód o średniej mineralizacji, która wyrażona przewodnictwem elektrolitycznym (EC) wynosi ok. 400 µS/cm (**Tabela 9**). Odczyn wód krążących w systemie górnej Łyny zbliżony jest do neutralnego, z tendencją do acydyfikacji z uwagi na istotny udział gleb przepuszczalnych i pokrycia terenu zwartym drzewostanem.

Tabela 9

Zestawienie właściwości fizykochemicznych wody w zbiornikach wodnych i ciekach na górnej Łynie

Para-metr	Cecha	Orłowo Małe	Orłowo Wielkie	P1	P2	P3	P4	P6	P7	Łyna Orłowo	Łyna Likusy	Łyna Brzeźno
Odczyn pH	Śr.	7,02	7,18	6,96	7,12	7,43	6,77	6,02	6,83	7,70	7,90	7,71
	min-max	6,36-7,85	6,32-8,21	6,36-8,07	6,29-8,42	6,56-7,96	5,25-7,47	5,50-7,60	6,45 7,42	7,08-7,46	7,10-7,58	6,92-7,35
EC uS/cm	Śr.	290	208	379	268	205	53	22	131	390	401	418
	min-max	161-376	90-350	217-421	104-388	105-347	26-71	7-35	46-218	358-415	390-410	360-442
Zasole-nie ppt	Śr.	0,147	0,110	0,197	0,139	0,103	0,026	0,012	0,067	199	197	220
	min-max	0,130 0,180	0,080 0,180	0,190 0,200	0,070 0,180	0,060 0,170	0,020 0,040	0,010 0,020	0,050 0,100	88-370	134-280	80-400
TDS mg/l	Śr.	188	145	247	174	133	34	14	85	305	329	334
	min-max	104-244	111-250	141-274	67-252	68-226	16-46	4-23	29-142	156-440	230-442	127-550
Tlen rozp mg/l	Śr.	8,13	9,12	9,14	7,10	7,26	3,24	5,87	6,57	8,47	9,23	8,53
	min-max	1,26-15,70	1,28-16,45	6,82-11,59	3,31-10,81	4,66-12,36	0,66-8,01	0,40-11,07	4,33-11,24	6,10-12,19	6,81-12,60	5,67-14,50
Saturac ja %	Śr.	78,24	85,60	81,03	69,25	73,68	43,30	64,46	69,85	80,12	85,17	80,50
	min-max	15,10-125,00	15,20-125,40	60,60-110,50	42,50-116,00	51,00-100,10	7,00-69,20	39,20-83,40	45,80-104,50	64,32-104,91	69,05-107,64	61,45-120,31
ChZT-Cr mg/l	Śr.	26,86	31,46	21,70	42,11	34,89	**54,80**	34,93	59,00	11,37	18,62	16,22
	min-max	11,80-45,00	14,40-71,60	4,40-50,00	14,90-75,10	11,50-52,20	20,00-93,70	18,50-77,00	36,60-92,40	9,00-23,00	12,00-21,00	4,00-44,00
Ca mg/l	Śr.	48,57	30,05	66,08	48,93	36,22	9,10	2,86	23,90	55,93	58,28	61,35
	min-max	41,80-59,80	22,70-37,00	62,00-71,60	29,90-64,40	21,50-54,90	5,90-12,00	1,10-4,80	17,90-29,90	36,20-61,40	43,40-63,70	55,40-67,40
Na mg/l	Śr.	3,48	2,35	3,32	2,88	1,38	1,48	0,40	0,98	4,29	4,56	5,34
	min-max	2,10-5,10	1,60-3,50	2,20-4,70	1,90-4,70	0,30-2,80	0,00-4,70	0,30-0,70	0,30-1,80	2,87-6,00	2,87-5,20	4,00-6,30
K mg/l	Śr.	0,65	0,53	0,66	0,59	0,46	1,56	0,60	0,37	0,98	1,02	1,76
	min-max	0,20-1,40	0,20-1,20	0,40-1,40	0,05-1,30	0,05-1,00	0,40-4,90	0,20-1,20	0,10-1,00	0,40-2,20	0,68-2,00	1,26-2,80
Mg	Śr.	6,53	4,61	6,29	5,23	2,69	2,30	1,01	1,80	5,46	4,60	6,10

mg/l	min-max	3,20-13,20	3,30-5,70	5,20-7,20	2,10-10,20	1,30-7,20	1,30-6,00	0,50-2,00	0,90-3,10	1,10-9,50	1,00-8,30	1,70-10,20
HCO_3 mg/l	Śr.	118	77	160	132	104	29	10	52	152	151	167
	min-max	100-132	61-88	142-176	74-172	66-154	8-88	4-22	35-88	132-176	132-167	141-189
Cl mg/l	Śr.	6,00	4,88	6,71	4,25	1,63	2,14	1,71	2,13	12,33	13,94	15,07
	min-max	4,00-8,00	3,00-6,00	6,00-8,00	1,00-6,00	1,00-3,00	1,00-5,00	1,00-2,00	1,00-3,00	4,00-17,00	6,00-20,00	6,00-20,00
SO_4 mg/l	Śr.	61,47	32,74	51,55	6,85	4,11	15,49	5,67	18,24	35,33	48,38	47,06
	min-max	29,76-101,40	12,00-77,52	13,68-144,77	1,98-11,73	2,47-7,34	4,40-26,84	2,47-8,32	3,40-45,35	10,00-50,00	37,00-56,00	23,00-60,00
$N\text{-}NO_2$ mg/l	Śr.	0,002	0,001	0,013	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,005	0,006	0,009
	min-max	0,001-0,004	0,000-0,003	0,004-0,049	0,001-0,004	0,000-0,003	0,001-0,008	0,000-0,002	0,000-0,010	0,001-0,019	0,003-0,009	0,003-0,018
$N\text{-}NO_3$ mg/l	Śr.	0,07	0,07	0,75	0,07	0,07	0,10	0,10	0,16	0,87	1,10	0,38
	min-max	0,04-0,12	0,04-0,16	0,42-1,09	0,05-0,08	0,06-0,08	0,09-0,13	0,06-0,21	0,09-0,27	0,07-1,40	0,43-1,42	0,04-0,59
$N\text{-}NH_4$ mg/l	Śr.	0,02	0,03	0,02	0,12	0,11	0,31	0,13	0,25	0,05	0,05	0,20
	min-max	0,01-0,04	0,01-0,06	0,01-0,03	0,06-0,28	0,03-0,24	0,18-0,45	0,08-0,22	0,12-0,74	0,01-0,11	0,01-0,20	0,04-0,72
N-Min mg/l	Śr.	0,09	0,10	0,78	0,20	0,18	0,41	0,23	0,41	0,92	1,15	0,59
	min-max	0,06-0,15	0,06-0,19	0,44-1,11	0,12-0,36	0,11-0,32	0,29-0,54	0,16-0,35	0,26-0,96	0,08-1,53	0,44-1,63	0,08-1,33
PO_4 mg/l	Śr.	0,02	0,02	0,18	0,07	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
	min-max	0,00-0,08	0,00-0,07	0,10-0,26	0,01-0,34	0,00-0,07	0,01-0,08	0,00-0,04	0,01-0,05	0,02-0,07	0,01-0,05	0,01-0,07
P_{og} mg/l	Śr.	0,08	0,09	0,14	0,12	0,11	0,33	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09
	min-max	0,04-0,18	0,01-0,17	007-0,26	0,03-0,37	0,03-0,22	0,08-0,45	0,03-0,12	0,03-0,15	0,03-0,49	0,04-0,44	0,03-0,48

Odczyn pH wód opadowych może mieć wpływ na funkcjonowanie ekosystemów leśnych i na chemizm wód powierzchniowych, jak również znajduje swoje odbicie w przebiegu procesów geochemicznych i glebowych w zlewni. Większość badanych zbiorników posiada obojętny odczyn wody. Niskim pH charakteryzują się tylko wody o krótkim czasie krążenia w zlewni, np. zasilane opadowo niewielkie zlewnie porośnięte borami. Oznacza to, że zobojętnienie kwaśnych wód opadowych, dodatkowo zmienionych jeszcze na obszarach leśnych, może mieć miejsce w warstwie glebowej lub w horyzoncie skały macierzystej (w podsystemie wód gruntowych). Dlatego też Jezioro Karzełek (pH 5,50 – 7,60) i mokradło śródleśne 4 (pH 5,25 – 7,47)wykazują cechy zakwaszenia ich wód.

Przewodnictwo elektrolityczne. Zakres wahań EC wody w korycie Łyny na badanym odcinku wynosił od 315 – 415 µS/cm dla obszaru źródliskowego zamkniętego przekrojem w Orłowie, podczas gdy dla zlewni zamkniętej przekrojem w Likusach wynosił od 390 – 310, a w Brzeźnie Łyńskim zwiększył wartości od 360 – 442 µS/cm. Zróżnicowanie mineralizacji wody Łyny posiada charakterystyczny wzrastający trend wraz z biegiem rzeki. Ważnym czynnikiem powodującym wzrost mineralizacji wody Łyny na tym odcinku jest Struga Wólecka (dopływ lewostronny poniżej Orłowa), która ze swej rolniczej zlewni wnosi istotny ładunek biogenów do Łyny, a wzrost wartości EC poniżej ujścia tego dopływu jednoznacznie wskazuje na jego oddziaływanie na skład chemiczny wód Łyny. zaobserwowano jednocześnie istotny wzrost stężeń jonów Na, Cl i K, ale także wzrost składników biogennych, głównie podwyższenie stężeń azotu mineralnego (w szczególności najniższych stężeń w wodach Łyny poniżej ujścia Strugi Wóleckiej). Ciek ten nie ma jednak wpływu na stan i jakość zasobów wodnych w badanych zbiornikach wodnych w prawostronnej części zlewni Łyny.

Zbiorniki wodne położone po wschodniej stronie doliny górnej Łyny, pomimo bliskiego sąsiedztwa, cechują odmienne właściwości fizykochemiczne wody (**Tabela 9**). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wody badanych zbiorników charakteryzuje zróżnicowana przewodność elektrolityczna, która wahała się średnio od 22 do 379 µS/cm. Wartości tego parametru na poszczególnych stanowiskach były zbliżone we wszystkich okresach. Podwyższoną wartość względem pozostałych odnotowywano w wodzie stanowiska P1 zlokalizowanego w strefie przybrzeżnej jeziora Orłowo Małe, ale wartości te nie wskazują na zanieczyszczenie wód lecz natło geochemiczne obszaru źródliskowego. Najniższą przewodnością odznaczało się stanowisko P6 czyli jezioro Karzełek., która zawierała się w przedziale 7-35 µS/cm. (tab. 1.). Konduktywność należy do parametrów pozwalających na stwierdzenie wpływu oddziaływań antropogenicznych na jakość wód [MONIEWSKI, STOLARSKA 2007]. U uwagi na fakt, iż wszystkie stanowiska badawcze zlokalizowano na terenach leśnych wykluczyć tu należy oddziaływanie antropogeniczne.

Wody zbiorników 2 i 3 cechowały się największym stopniem mineralizacji, a przy tym zasobnością w składniki mineralne (przewodnictwo elektrolityczne >300 µS/cm) spośród wszystkich obiektów tego typu. Z wartościami EC skorelowana była tez wartość TDS czyli zawartość składników rozpuszczonych w wodzie.

Zbiorniki położone na południe i wschód od miejscowości Likusy (np. jez. Karzełek, zbiornik w sąsiedztwie jez. Zdręczno), z uwagi na dominację lasów w zlewni przejawiają cechy oligo-humotrofii, gdyż ubogie są w składniki mineralne (przewodnictwo elektrolityczne EC= 22-68 µS/cm). W Jeziorze Karzełek chemizm wód zdominowany jest przez substancje humusowe – kwasy huminowe, kwasy fulwowe, huminy. Substancje te nadają wodzie barwę od żółtawej do ciemnobrązowej i (najczęściej) kwaśny odczyn. Powoduje to, że zbiorniki tego typu charakteryzują się specyficznym funkcjonowaniem. Zabarwienie wody skutkuje niską przeźroczystością i małą miąższością strefy eufotycznej dlatego też w okresie letnim szybko pojawia się stratyfikacja termiczna, a w hypolimnionie zbiornika zawartość tlenu rozpuszczonego jest niska. Substancje biogenne mogą być obecne w dużej ilości, jednak ich postać (kompleksy) sprawia, że są trudno dostępne dla organizmów.

W wyniku długotrwałego procesu zarastania śródleśnych, nieprzepływowych jezior oligo-humotroficznych, tzw. „oczek wodnych", wykształcily się zbiorniki**,** charakteryzujące się małą zasobnością związków pokarmowych oraz dużą zawartością substancji humusowych,

wykształcają się zbiorowiska torfowisk przejściowych i wysokich z klasy *Scheuchzerio-Caricetea i Oxycocco-Sphagnetea*.

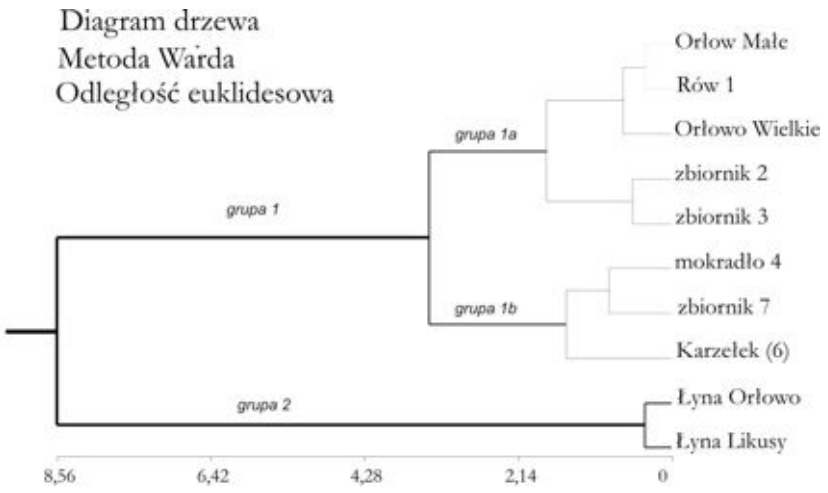
Procent nasycenia tlenem (saturacja) jest jednym z podstawowych wskaźników stopnia zanieczyszczenia wód powierzchniowych, gdyż w wodach powierzchniowych, zanieczyszczonych związkami organicznymi, część tlenu rozpuszczonego zużywana jest na procesy biochemiczne (na utlenianie związków organicznych i oddychanie organizmów wodnych). W przypadku wód w Łynie i Jeziorach Orłowo Wielkie i Orłowo Małe saturacja kształtowała się na zbliżonym poziomie tj. ok. 80%. W zbiornikach wodnych zawartość tlenu wynosi zwykle 8 – 9 mg/l. Średnia zawartość tlenu rozpuszczonego mieściła się w przedziale od 3,24 w zbiorniku 4 do 9,14 mg/l w Orłowie Małym. Na rozpuszczalność tlenu wpływ ma temperatura. Wartość tego parametru wzrastała średnio o 1 mg/l sezonowo przy jednoczesnym spadku temperatury. Należy jednak uwzględnić czynniki, które kształtują ten parametr w obszarach źródliskowych. Odzwierciedlają to uzyskane wyniki. Wahania poziomu wód podziemnych mogą wpływać na zmienność warunków tlenowych, a mniejsze zawartości tlenu na badanych stanowiskach mogą wynikać z faktu, iż wody podziemne odznaczają się małymi ilościami tego pierwiastka. Deficyty tlenowe pojawiały się głównie latem i jesienią 2014 w wodzie zarastającego zbiornika 4 i mokradła powyżej grobli (P7), czemu towarzyszyły wysokie parametry ChZT (>55 mg/l).

Ilość **składników biogennych** we wszystkich analizowanych zbiornikach była relatywnie niska, co wyklucza ich zanieczyszczenie (i zasilanie) antropogeniczne. Wśród badanych obiektów zbiornik 4 posiadał wyraźnie podwyższone stężenia fosforu ogólnego 0,30 mg P/l (0,08 – 0,45 mg P/l), podczas gdy pozostałe cechowały się stężeniami Pog na poziomie 0,08 mg P/l. Fosfor fosforanowy występował w ilościach typowych dla tła geochemicznego czyli ok. 0,04 mg/l. Zasobność wód Łyny w ten składnik nie różniła się istotnie względem wód w zbiornikach wodnych. Podobnie, jak w przypadku azotanów, związki fosforu ulegają mineralizacji przechodząc ostatecznie w fosforany.

Badane wody cechowały się stężeniem azotu azotanowego III ($N\text{-}NO_2$) w przedziale od 0,002 do 0,013 mg/l. Podwyższone stężenie tej formy azotu stwierdzono w wodzie zbiornika 2 (0,013 mg/l), podczas gdy wody innych stanowisk nie wykazywały podwyższonych zawartości tych związków. Stężenia azotu azotanowego III w badanych wodach wskazują na brak zanieczyszczeń antropogenicznych, gdyż woda naturalna, jak również podziemna odznaczają się znikomymi ilościami $N\text{-}NO_2$. Azot azotanowy (V) mieścił się w przedziale od 0,07 do 1,10 mg/l, przy czym niższe wartości odnotowano w lipcu w porównaniu z wrześniem i październikiem, gdzie stężenie tych związków było większe, ale wyrównane. Azotany w wodach czystych występują w niewielkich ilościach. Można przypuszczać, iż obecność azotanów pochodzi z zachodzących w zbiornikach procesów mineralizacji i nitryfikacji. Pochodzenie azotu amonowego, które stwierdzono w podwyższonych ilościach w zbiorniku 4 i zbiorniku 7 można tłumaczyć obecnością związków humusowych oraz rozkładem materii organicznej w badanych wodach. Azot amonowy w badanych wodach dość znacznie je różnicuje na część południową o stężeniach $N\text{-}NH_4$ <0,02 mg/l oraz północną ze zbiornikami antropogenicznymi gdzie $N\text{-}NH_4$ >0,11 mg/l.

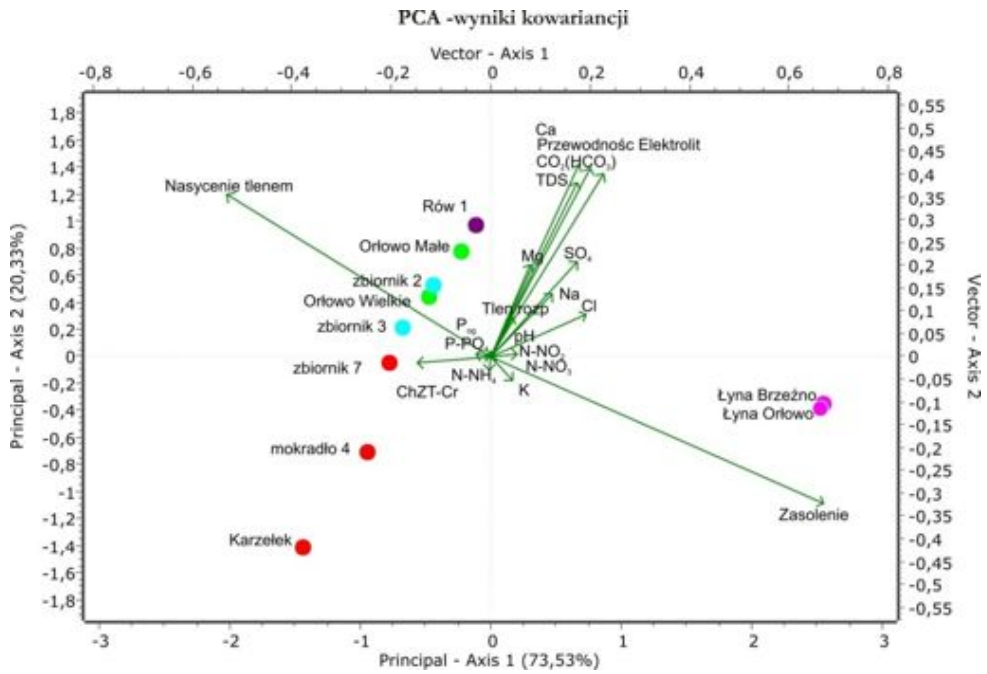
Pomimo, że uzyskane wyniki są porównywalne z zakresem tła hydrochemicznego źródlisk Łyny, analiza statystyczna polegająca na grupowaniu obiektów na podstawie ich składu chemicznego wykazała 3 wyraźne grupy zbiorników (**Rys. 30**). Próbki wód Łyny wyróżniają się dużą

odrębnością hydrochemiczną tworząc oddzielny klaster (*grupa 2*). Za najbardziej różniące się od Łyny należy uznać Jeziora Orłowo Małe i Wielkie oraz rów, który je zasila. Wspólnie z podobnymi do nich i do siebie wzajemnie zbiornikami 2 i 3 stanowią oni *grupę 1a*. *Grupę 1b* stanowią 3 jeziorka o niskiej mineralizacji i lekko kwaśnym odczynie czyli Jezioro Karzełek, Zbiornik 7 i mokradło śródleśne 4.

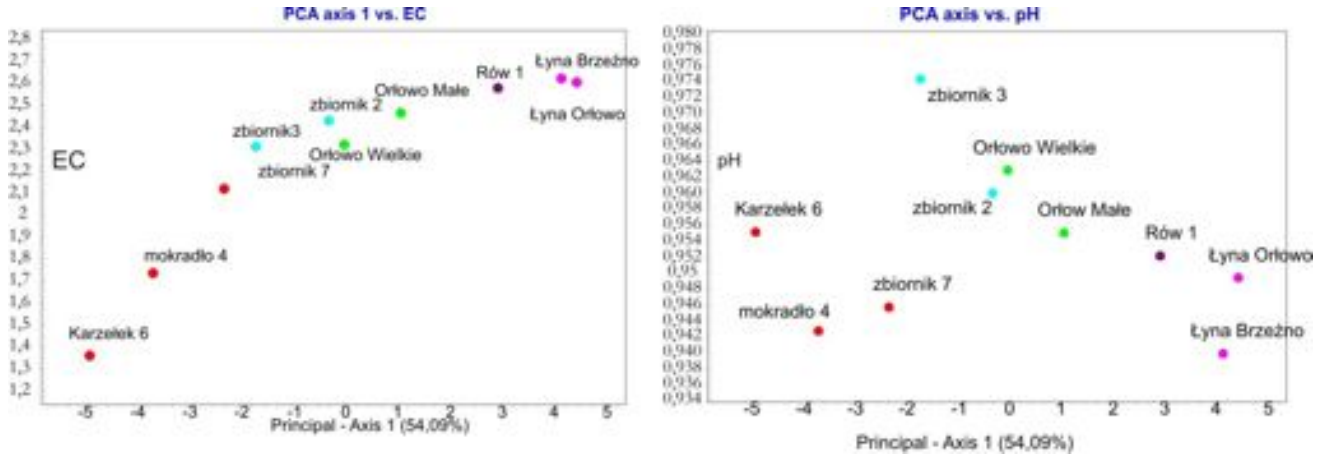


Rys. 30. Grupowanie obiektów (zbiorników wodnych) za pomocą wielowymiarowych technik statystycznych. Wykorzystano Metodę Warda i miarę odległości euklidesowych.

W wyniku grupowania, dane uzyskane w ramach realizacji projektu posłużyły do określenia zależności korelacyjnych miedzy obiektami a cechami w postaci PCA (Principal Component Analysis) czyli Analizy Składowych Głównych (**Rys. 31**). Wykres ten potwierdza układ hydrochemiczny, w którym jony Ca, EC, HCO3 i TDS dominują w wodach gruntowych (źródliskowych) w południowej części zlewni tj. (Rów, Orłowo Małe, Zbiornik 2, Orłowo Wielkie etc). Natomiast zbiorniki w północnej części obszaru czyli Jezioro Karzełek, mokradło 4 i zbiornik 7 wyraźnie ubogie są w te składniki. Na **rysunku 32** widoczny jest rozkład obiektów w zależności od przewodnictwa (EC) i pH. Oba wykresy dowodzą znacznego zróżnicowania cech fizyko-chemicznych wody, które wpłynęły na funkcjonowanie różnorodnych siedlisk hydrogenicznych: od zbiorników lub cieków eutroficznych (np. Orłowo Małe, Łyna), po oligo-humotroficzne (np. Karzełek).



Rys. 31. Wykres analizy Składowych Głównych (PCA), w których obiekty i cechy wykazują związek z osiami 1 i 2. Wyjaśniana wariancja na osi 1 wynosi 73,53%, a na osi 2 wynosi 20.33%.



Rys. 32. Wykres analiz PCA, w których obiekty wykazują związek z osiami pH i przewodnictwem EC a osią PCA 1.

.

WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Monitoring warunków hydrologicznych wykonany w 2013 i 2014 r. na sieci obserwacyjnej w zlewni górnej Łyny, wykazał, że przedmiotowy obszar odznacza się typowymi cechami zlewni rzek obszarów pojeziernych, takich jak:

- -wysoka retencja;
- -dominacja zasilania gruntowego;
- -przyspieszenie obiegu wody w okresie wiosennym.

W wyniku przeprowadzonych badań sformułowano następujące główne wnioski:

1) Funkcjonowanie zbiorników wodnych naturalnych i sztucznych zlokalizowanych w zlewni górnej Łyny uzależnione jest od zasilania gruntowego.

2) Badane zbiorniki wodne (bez względu na genezę) cechuje podobieństwo reżimu hydrologicznego z wyraźnym okresem wezbraniowym w okresie wiosennych i niżówkami letnio – jesiennymi. Pod względem hydrologicznym, system cieków w zlewni górnej Łyny posiada wyrównany reżim hydrologiczny charakteryzujący się zasilaniem gruntowo-deszczowo-śnieżnym [DYNOWSKA 1971].

3) Z uwagi na wysokie wskaźniki retencji, reakcja wód podziemnych i wód w zbiornikach na opad jest nieznaczna.

4) Kierunek odpływu wód podziemnych uzależniony jest od geomorfologii terenu, a w szczególności form wypukłych związanych z okresem deglacjacji ostatniego zlodowacenia (bałtyckie) czyli pagórków kemowych. Tworzą one ciąg równoległy do doliny Łyny utrudniając bezpośredni odpływ wody w kierunku zachodnim do rzeki. Wyróżniono tu dwa kierunki odpływu wód::

- główny kierunek odpływu o przebiegu S-N mający istotne znaczenie dla funkcjonowania zbiorników wybudowanych ramach działań PTOP;

- kierunek podrzędny (lokalny) o przebiegu E-W w strefie przylegającej do doliny wykorzystujący niewielkie dolinki ułatwiające odpływ do doliny rzeki. Objawem jego występowania sa wymokliska tworzące się u podnóża doliny.

3) W rejonie występowania zbiorników wodnych o potencjalnym znaczeniu dla bytowania żółwia błotnego nie stwierdzono istotnych źródeł zanieczyszczeń antropogenicznych lub innych oddziaływań mogących znacząco degradować siedlisko występowania tego gatunku.

4) Jakość wód badanych obiektów cechuje wysoki stopień naturalności, reprezentujący wartości tla geochemicznego typowe dla obszarów młodoglacjalnych. Odczyn i mineralizacja wody (wyrazona przewodnictwem) to dwa czynniki różnicujące omawiane siedliska. Reprezentują one

spektrum od wód eutroficznych (Orłowo Małe, Łyna) po oligo-humitroficzne (jezioro Karzełek). Nowowybudowane zbiorniki nie uzyskały dotąd pełnej stabilizacji hydrochemicznej (aktywny proces sukcesji roślinności wodnej), więc ocena ich typu siedliskowego wymaga JESZCZE obserwacji w okresie kilu lat.

5) Wykonane obserwacje i pomiary hydrologiczne i hydrochemiczne wraz z analiza krajobrazu i ukształtowania zlewni wskazują na znaczny potencjał omawianego obszaru dla rozwoju bioróżnorodności. Zarówno zbiorniki wodne o charakterze naturalnym, jak i wykonane sztucznie stanowią nie tylko ważnymi obiektami małej retencji, ale także posiadają cechy siedlisk o znaczącym potencjale dla bytowania i rozwoju populacji żółwia błotnego.

Ochrona zbiorników wodnych zasadniczo polega na ochronie ich zlewni. W wie1u przypadkach zlewnie małych zbiorników można objąć ochroną w dużo większej części niż zlewnie dużych zbiorników. Istnieje również możliwość tworzenia nowych zbiorników w postaci obiektów tzw. malej retencji. Zbiorniki sztuczne, pomimo że utworzone przez człowieka, są w swej istocie środowiskami naturalnymi i często w równej mierze. Podobnie jak zbiorniki naturalne, przyczyniają się one do ochrony bioróżnorodności. Tworzenie nowych zbiorników naśladuje procesy naturalne, takie jak powstawanie zagłębień terenu w miejscach dawniej osuszonych. Nowopowstałe zbiorniki wodne mogą być zasiedlone w krótkim czasie i mimo swego sztucznego pochodzenia stanowić bardzo wartościowe przyrodniczo obiekty. Dotyczy to zarówno zbiorników utworzonych w celu ochrony przyrody, jak i zbiorników utworzonych w innych celach i nadal wykorzystanych przez człowieka. Często funkcję ochrony przyrody i użytkowe funkcje małych zbiorników wodnych można pogodzić.

Zbiorniki utworzone dla celów ochrony przyrody stanowią ozdobę krajobrazu i mają walory rekreacyjne. Stawy wykopane do nawodnień lub pojenia bydła albo powstałe w miejscach po wydobyciu torfu, gliny czy piasku są w krótkim czasie kolonizowane przez rozmaite gatunki roślin i zwierząt, i stanowiących ważne ostoje We współczesnym zdegradowanym i osuszonym krajobrazie zlewni górnej Łyny utworzenie nowego środowiska słodkowodnego praktycznie zawsze zwiększa wartość przyrodniczą obszaru. Wykopanie stawu jest stosunkowo mało kosztowne i może w krótkim czasie dać satysfakcję utworzenia enklawy niezwykłej dzikiej przyrody na własnym terenie. Planując utworzenie zbiornika wodnego, warto wziąć pod uwagę wskazówki, które pomogą zmaksymalizować jego przyrodniczą wartość. Najważniejszym czynnikiem ograniczającym przydatność zbiornika wodnego dla organizmów żywych, poza dostępnością wody, są zanieczyszczenia chemiczne. Wobec tego miejsce utworzenia nowego zbiomika powinno być od nich możliwie wolne. Szybkiej kolonizacji sprzyja bliskość innych zbiorników wodnych i terenów podmokłych. Taka |okalizac1a pozwala na rozszerzenie obszaru podmokłego i zwiększenie jego spójności. Można w ten sposób przyczynić się do ochrony istniejących już populacji, zwiększając zarówno liczbę miejsc nadających się do zasiedlenia, jak i szansę przetrwania populacji.

W naturalnych warunkach małe zbiorniki wodne rzadko występują pojedynczo. Wobec tego'o ile jest to możliwe, należy utworzyć kilka mniejszych zbiorników niż jeden Duzy. Zespoły gatunków zasiedlających zbiornik wodny zależą od jego wielu cech fizycznych: wielkości,

głębokości, szerokości strefy przybrzeżnej, stałości w ciągu roku itp. Zróżnicowanie tych warunków i utworzenie mozaiki środowisk stworzy odpowiednie warunki dla większej liczby gatunków roślin, bezkręgowców, płazów, ptaków i ssaków, niż byłoby to możliwe w jednym większym zbiorniku. Warto tez tworzyć zbiomiki bardzo płytkie, o głębokości nieprzekraczającej kilkunastu centymetrów. W większych, strefa znajdująca się na wiosnę pod wodą i stopniowo wysychająca powinna być możliwie szeroka. Stanowi ona ostoję wielu rzadkich gatunków roślin i bezkręgowców.

Fot. 14. Grzegorz Górecki w poszukiwaniu żółwia na zbiorniku 4 (maj 2013)

Podsumowując wykopanie jednego lub kilku dobrze zaprojektowanych i zlokalizowanych zagłębień terenu, a następnie pozostawienie ich do zagospodarowania przyrodzie może okazać się działaniem o trudnym do przecenienia znaczeniu.

Uwagi w zakresie potencjalnych zagrożeń dla żółwia błotnego na terenie zlewni górnej Łyny.

Wśród głównych czynników mogących negatywnie wpłynąć na populację żółwia błotnego (*Emys orbicularis*) na terenie źródliskowego odcinka Łyny można wyróżnić zmiany środowiskowe wprowadzane przez człowieka. Największe znaczenie odgrywa tu utrzymanie siedlisk w obecnym stanie hydrologicznym, niedopuszczalne są tu jakiekolwiek działania związane z melioracjami odwadniającymi oraz niewskazane jest czyszczenie i przebudowa istniejących rowów mogące prowadzić do zachwiania stosunków wodnych. Wszystkie cieki na opisywanym obszarze w tym rzeka Łyna powinny zostać zachowane w naturalnym stanie tzn. naturalnie

meandrujące z niskimi skarpami, bez jakichkolwiek przeszkód w nurcie tak by możliwa była swobodna migracja żółwi wzdłuż doliny rzecznej.

Na terenach znajdujących się w administracji Lasów Państwowych zagrożenia omawianego gatunku mogą wynikać z likwidacji miejsc bytowania oraz lęgowisk w wyniku zalesiania tych obszarów jak również niszczenia w wyniku prowadzenia prac gospodarczych w drzewostanach położonych w pobliżu tych obszarów. W związku z tym należy unikać ścinki i zrywki drzew w okresie lęgowym oraz zwrócić szczególną uwagę na sposób wykonania tych zabiegów.

Dużym zagrożeniem dla gatunku w szczególności dla samic zmierzających na lęgowiska jest ruch pojazdów mechanicznych na drodze z Orłowa do miejscowości Likusy. Wśród naturalnych zagrożeń występujących na tym terenie można wyróżnić zarastanie akwenów wodnych będących miejscami bytowania żółwi. Możliwe jest również niszczenie gniazd w wyniku żerowania dzików oraz drapieżników (np. lisy, jenoty czy też kuny).