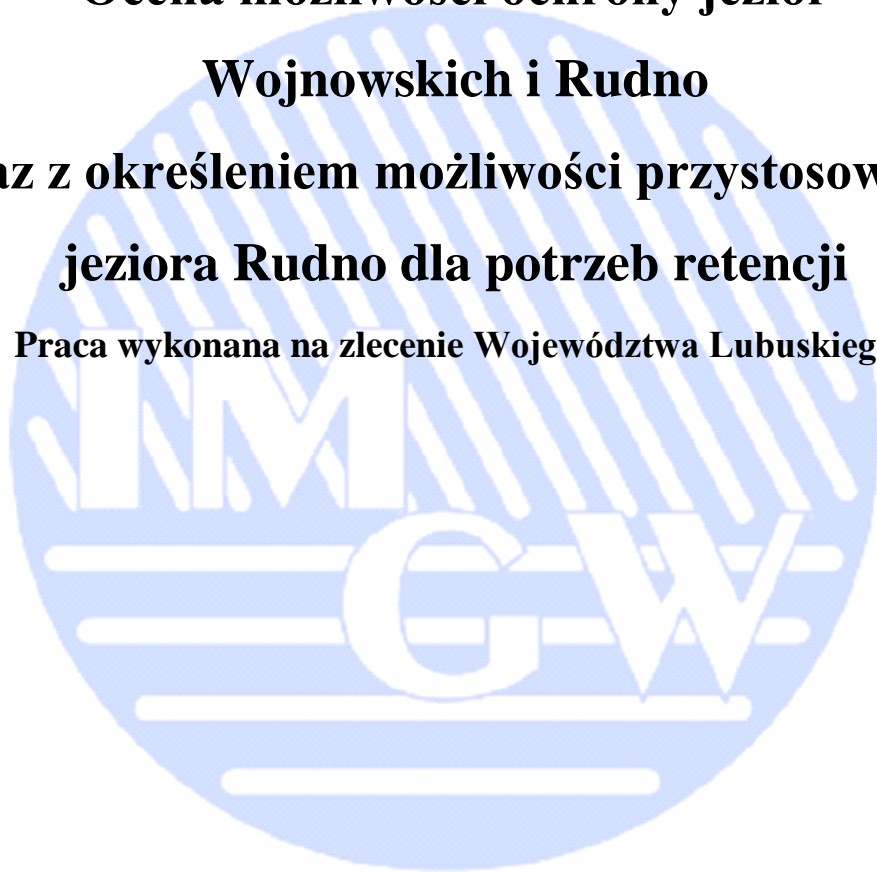


**INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
ODDZIAŁ W POZNANIU**

**Ocena możliwości ochrony jezior
Wojnowskich i Rudno
wraz z określeniem możliwości przystosowania
jeziora Rudno dla potrzeb retencji**

Praca wykonana na zlecenie Województwa Lubuskiego



Poznań, 2007

Autorzy:

mgr Joanna Żak

mgr Artur Grześkowiak

mgr Barbara Brodzińska

mgr Ryszard Sziwa

mgr Dominik Nowak

mgr Bogumił Nowak

Zespół pomiarowy:

mgr Barbara Brodzińska, mgr Mariusz Chmal

mgr Tomasz Konieczny, mgr Bogumił Nowak,

mgr Dominik Nowak, mgr Przemysław Rachut,

Stanisław Staszekiewicz

p.o. Dyrektora Oddziału

mgr inż. Janusz Wiśniewski

Poznań, 2007

Spis treści:

| | |
|--|-----|
| 1. Cel i zakres pracy..... | 5 |
| 2. Informacja o warunkach pomiarów i obserwacji..... | 6 |
| 3. Metody pomiarów i analiz | 7 |
| 4. Metodyka wykonania planów batymetrycznych | 12 |
| 5. Ogólna charakterystyka badanego obszaru..... | 18 |
| 5.1. Położenie geograficzne i administracyjne..... | 18 |
| 5.2. Klimat..... | 19 |
| 5.3. Sieć hydrograficzna..... | 20 |
| 6. Jezioro Rudno - podstawowe informacje morfometryczne..... | 23 |
| 7. Jeziora Wojnowskie- podstawowe informacje morfometryczne..... | 26 |
| 8. Wybrane czynniki fizyczno–chemiczne, kształtujące jakość wody w jeziorach | 30 |
| 9. Wyniki badań..... | 35 |
| 9.1 Jezioro Rudno..... | 35 |
| 9.1.1 Warunki termiczno–tlenowe..... | 35 |
| 9.1.2. Przezroczystość wody..... | 46 |
| 9.1.3. Przewodność..... | 48 |
| 9.1.4. Odczyn wody..... | 50 |
| 9.1.5 Redoks..... | 53 |
| 9.1.6. Zawartość azotu i fosforu..... | 58 |
| 9.1.6.1. Wody jeziora..... | 58 |
| 9.1.6.2. Osady dennie..... | 72 |
| 9.2. Jeziora Wojnowskie..... | 75 |
| 9.2.1 Warunki termiczno–tlenowe..... | 75 |
| 9.2.2. Przezroczystość wody..... | 89 |
| 9.2.3. Przewodność..... | 92 |
| 9.2.4. Odczyn wody..... | 95 |
| 9.2.5 Redoks..... | 100 |
| 9.2.6. Zawartość azotu i fosforu..... | 109 |
| 9.2.6.1. Wody jeziora..... | 109 |
| 9.2.6.2. Osady dennie..... | 135 |
| 9.3. Zawartość biogenów w dopływach i odpływach z jezior..... | 140 |

| | |
|---|------------|
| 10. Warunki bytowania ichtiofauny w świetle uzyskanych wyników badań fizyczno–chemicznych..... | 152 |
| 11. Zagrożenia i możliwości ochrony badanych jezior..... | 155 |
| 12. Analiza możliwości retencyjnych jeziora Rudno..... | 167 |
| 12.1. Naturalne własności retencyjne jeziora..... | 167 |
| 13.2. Wahania poziomu wody w jeziorze..... | 168 |
| 13.3. Możliwości sztucznej retencji jeziora..... | 170 |
| 13. Spis tabel..... | 175 |
| 14. Spis map..... | 177 |
| 15. Spis rycin..... | 181 |
| 16. Spis fotografii..... | 183 |
| 17. Literatura..... | 184 |

1. Cel i zakres pracy

Wszelkie działania przedstawione w niniejszej pracy miały na celu przygotowanie charakterystyki jeziora Rudno i jezior Wojnowskich. Analiza wykonanych badań pozwoliła określić aktualny stan jakościowy zbiorników oraz cieków do nich dopływających.

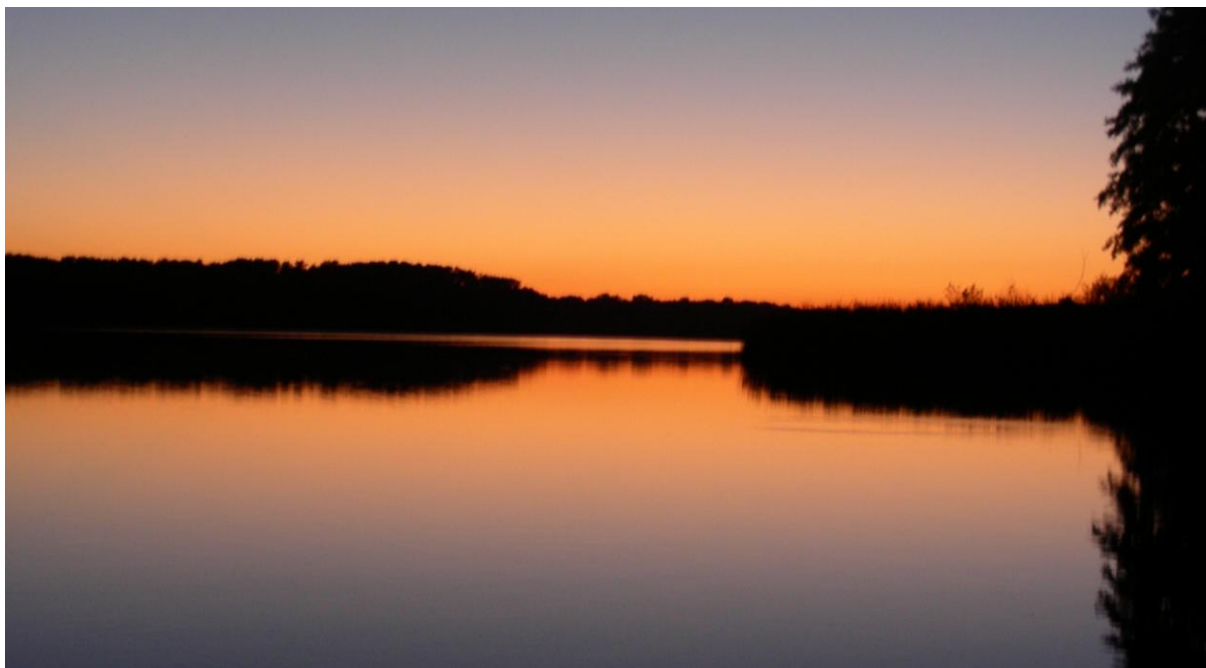
W ramach opracowania:

- a) wykonano plany batymetryczne jezior,
- b) przeprowadzono szereg badań, fizyczno-chemicznych służących do określenia stanu czystości jezior w trakcie trwania badań,
- c) przeprowadzono pomiary natężenia przepływów na dopływach i odpływach i określono chwilowe ładunków biogenów,
- d) dokonano przeglądu metod rekultywacji i ochrony jezior oraz możliwości ich zastosowania na badanych jeziorach,
- e) określono możliwości retencji jeziora Rudno,
- f) wygenerowano szereg map ilustrujących przestrzenny rozkład badanych wskaźników, jakości wód,
- g) wykonano mapy, wykresy i zdjęcia ilustrujące przebieg i wyniki badań.

Badania wód jezior Rudno i Wojnowskich przeprowadzono na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Lubuskiego w celu określenie możliwości retencji jeziora Rudno, a także możliwości podjęcia w przyszłości działań ochronnych i rekultywacyjnych.

2. Informacja o warunkach pomiarów i obserwacji

Większość badań terenowych została wykonana w dniach 15 – 18 października 2007, podczas których Polska była pod wpływem układu wyżowego, tylko w końcowym okresie nasunął się chłodny front atmosferyczny. Temperatura maksymalna powietrza wyniosła 20 °C (17 października – trzeci dzień pomiarów), a minimalna spadła do -2°C (15 października – pierwszy dzień). Kolejne noce i ranki były już z temperaturą dodatnią. Wiatr był słaby i umiarkowany z kierunku południowo-zachodniego. Średnia jego prędkość wynosiła 2,9m/s, maksymalna natomiast nie przekraczała 6m/s. W trakcie pomiarów nie miał miejsca żaden opad atmosferyczny. Stany zwierciadeł badanych jezior względem reperów geodezyjnej sieci państwowej nie uległy zmianie i wynosiły odpowiednio 53,71 m n.p.m. dla jeziora Rudno i 51,65 m n.p.m. dla Jezior Wojnowskich (na przewężeniu między jeziorami).



Fot. 1. Jezioro Rudno

3. Metody pomiarów i analiz

Wszystkie pomiary oraz analizy wykonano zgodnie z obowiązującymi normami i standardami. Przy ich wykonywaniu i opracowaniu zaangażowany był zespół specjalistów z zakresu hydrologii i limnologii, z poznańskiego Oddziału Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Pomiary terenowe oraz pobór prób dokonane zostały z wykorzystaniem pozycjonerów GPS w 22 reprezentatywnych profilach pomiarowych, wytypowanych na podstawie planów batymetrycznych i map hydrograficznych. Szczegółowe rozmieszczenie profili pomiarowych przedstawiono na mapach (R-1, WW-1, WZ-1).

Na wszystkich stanowiskach pomiarowych przeprowadzono badania termiki i tlenu w profilach w odstępach co 0,5 m głębokości oraz przy powierzchni i nad dnem, a także przezroczystości i konduktywności. Dla wód powierzchniowych i naddennych określono też odczyn pH i potencjał oksydo-redukcyjny REDOX, który po odniesieniu względem standardowej elektrody i przekształceniu za pomocą wzoru empirycznego sprowadzono do postaci stopni w skali Clarka. Na wybranych stanowiskach pobrano próby wody przydennej, powierzchniowej oraz uwodnionych osadów dennych z przeznaczeniem do laboratoryjnych analiz zawartości związków azotu i fosforu. Analizę laboratoryjną na zawartość biogenów w zebranych próbach wykonało certyfikowane Laboratorium Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział Poznań.

Przy analizie stanu jakościowego badanych jezior uwzględniono też wyniki badań prowadzonych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska w Zielonej Górze i Poznaniu.

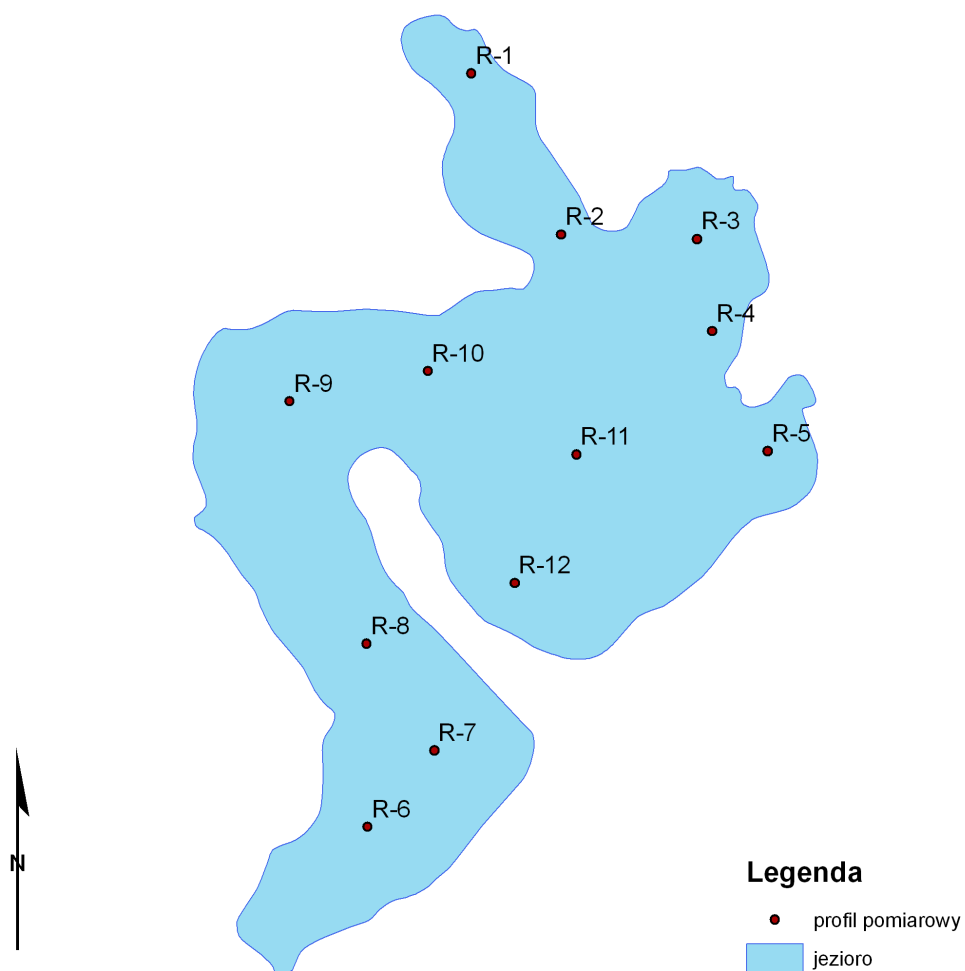
Pomiary głębokościowe w przekrojach poprzecznych oraz podłużnych na jeziorach wykonano przy użyciu sondy ADCP (Akustyczny Dopplerowski Przepływomierz Profilujący), wykorzystywanej przez IMGW m.in. do pomiarów natężenia przepływów w rzekach. Weryfikację pomiarów głębokościowych przeprowadzono za pomocą echosondy pełnomorskiej służącej do penetracji toni wodnej, dna zbiorników oraz osadów dennych firmy LOWRENCE.

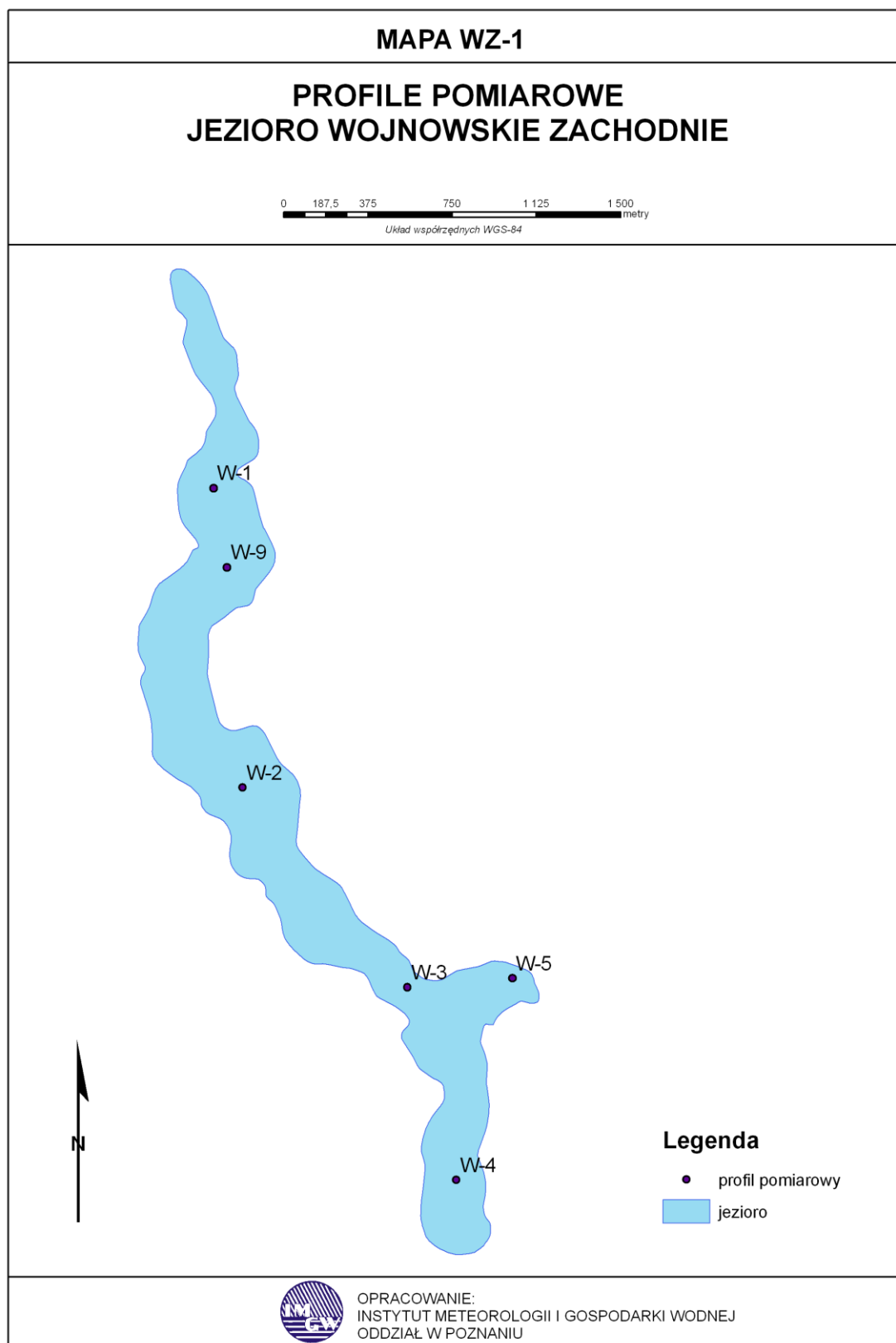
MAPA R-1

PROFILE POMIAROWE
JEZIORO RUDNO

0 125 250 500 750 1 000 metry

Układ współrzędnych WGS-84

OPRACOWANIE:
INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
ODDZIAŁ W POZNANIU





Do wizualizacji i interpretacji wyników zastosowano narzędzia GIS (Geograficzne Systemy Informacyjne). Wykorzystanie potencjału analitycznego oferowanego przez narzędzia dostępne w systemach GIS pozwoliło na przetworzenie danych i prezentację wyników w sposób zrozumiały dla przeciętnego odbiorcy.

4. Metodyka wykonania planów batymetrycznych

Pomiary batymetryczne zostały przeprowadzone w dniach 15–16 października (jez. Rudno) i 17–18 października (jez. Wojnowskie) przez grupę specjalizujących się w tym zakresie pracowników IMGW Oddział Poznań. Ich wyposażenie stanowiła najnowocześniejsza aparatura, służąca do wykonywania tego typu zadań:

- sonda ADCP typu Workhorse Rio Grande, 1200 kHz firmy RDInstrument,
- odbiornik GPS firmy Garmin, - komputer przenośny,
- łódź typu Texas, wraz ze specjalnym wysięgnikiem dla sondy ADCP.

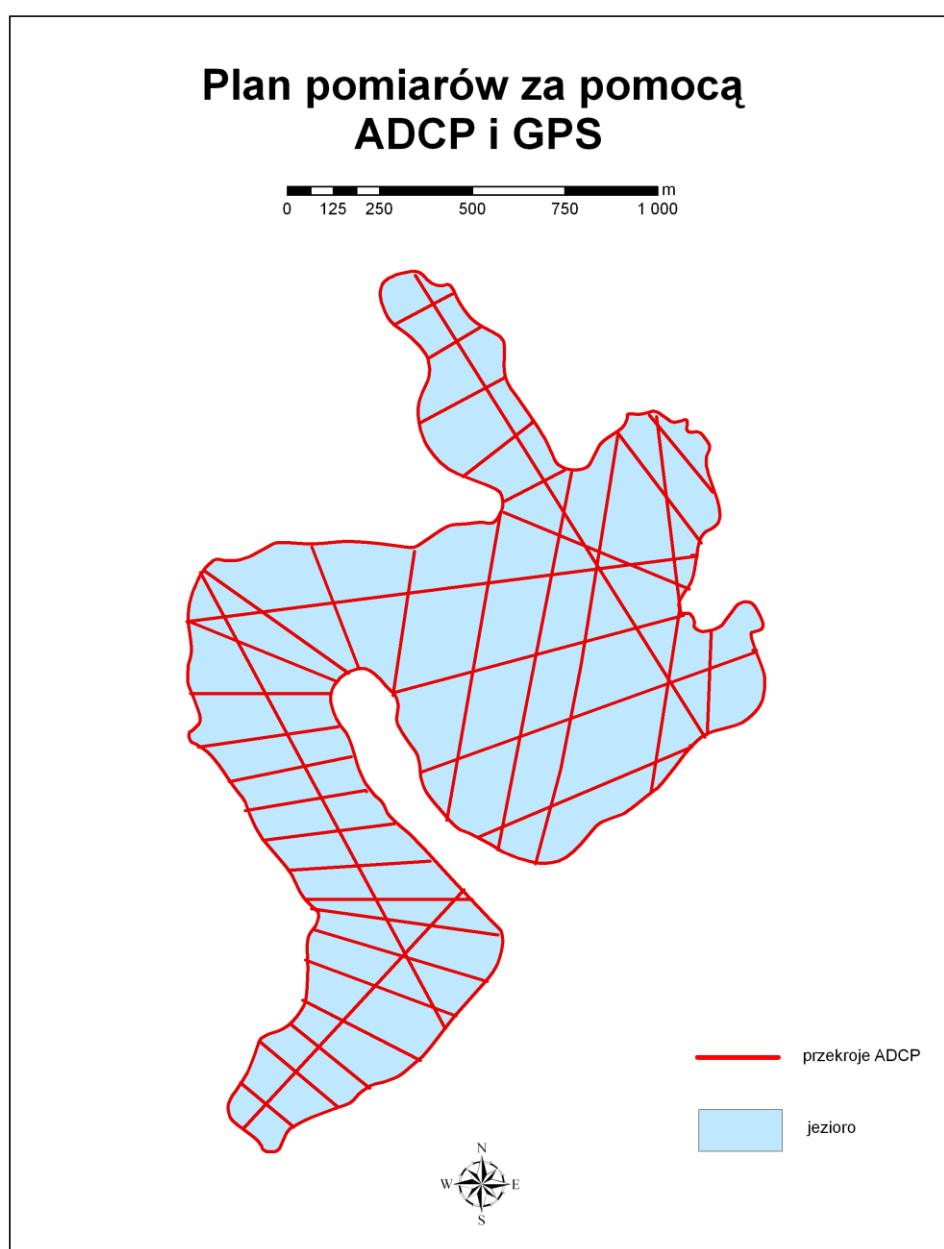
Podstawą do wykonania planów batymetrycznych jezior było wykorzystanie sondy ADCP, stosowanej przez IMGW do pomiarów natężenia przepływu w rzekach. Skrót ADCP pochodzi od słów Acoustic Doppler Current Profiler (Akustyczny Dopplerowski Przepływomierz Profilujący). Zasada działania tego urządzenia polega na wysyłaniu impulsu dźwiękowego i odbiorze fali odbitej od rozpraszaczy, zawieszonych w poruszającej się wodzie. Porównanie czasu przebytej drogi przez falę wysłaną i odbitą (echo) pozwala na określenie średniej prędkości, z jaką porusza się woda. Przepływomierz ADCP wykorzystuje, występujące przy propagacji fali dźwiękowej, zjawisko Dopplera, które polega na zmianie częstotliwości sygnału odbitego od poruszającego się obiektu. Fale akustyczne, rozchodząc się w środowisku wodnym i natrafiając na niesione przez wodę zawiesiny, ulegają rozproszeniu, tłumieniu i odbiciu. Składowa odbita trafia do odbiornika przyrządu, gdzie jest mierzona amplituda i częstotliwość. Różnica między częstotliwością wyemitowaną, a odebraną jest proporcjonalna do prędkości, z jaką porusza się ośrodek, od którego nastąpiło odbicie.

Najważniejszą cechą ADCP wykorzystaną przy wykonywaniu planu batymetrycznego jeziora jest jego zdolność do profilowania ośrodka wodnego. Śledzenie ścieżki dna odbywa się za pomocą impulsów dźwiękowych oddzielnych od wykorzystywanych do określenia prędkości wody. Impulsy te są dłuższe, a echo odbite od dna przetwarzane jest w inny sposób. Możliwość połączenia sondy z zewnętrznym odbiornikiem GPS pozwala na dokładne określenie pozycji geograficznej poszczególnych segmentów wykonanego profilu. Zebrane w ten sposób dane zapisywane są w plikach wyjściowych w kodzie ASCII. Znajdują się tam informacje m.in. o głębokości, prędkości i pozycji GPS poszczególnych segmentów wykonanego profilu. Podczas opracowywania zebranych wyników istnieje możliwość

dzielenia na podzbiory, uśredniania, skalowania i przetwarzania danych. Tak przygotowane pliki mogą być użyte w innych programach (GIS, bazy danych, arkusze kalkulacyjne).

Do sporządzenia dokładnego planu batymetrycznego niezbędne było przeprowadzenie gęstej sieci przekrojów na całej powierzchni jezior. Trasa pomiędzy punktami, zamykającymi przekrój poprzeczny, pokonywana była z określoną prędkością, niezbędną dla właściwego zbierania danych, która wahała się w granicach 0,8–1,0 m/s.

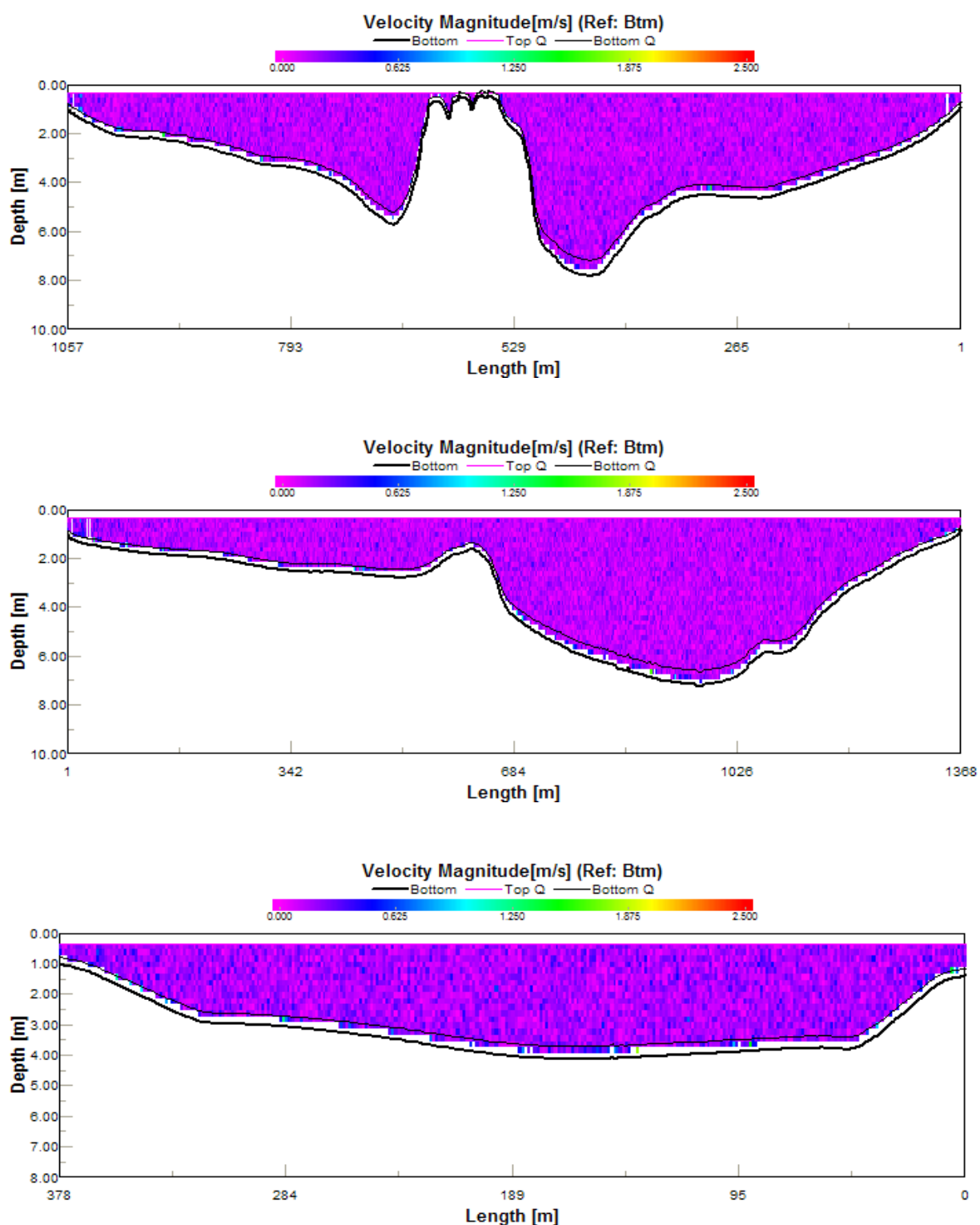
Poniżej zamieszczono mapę z profilami pomiarowymi ADCP dla jeziora Rudno.



Ryc. 1. Plan pomiarów za pomocą ADCP i GIS

PRZYKŁADOWE PRZEKROJE PRZEZ MIŚĘ JEZIORA RUDNO

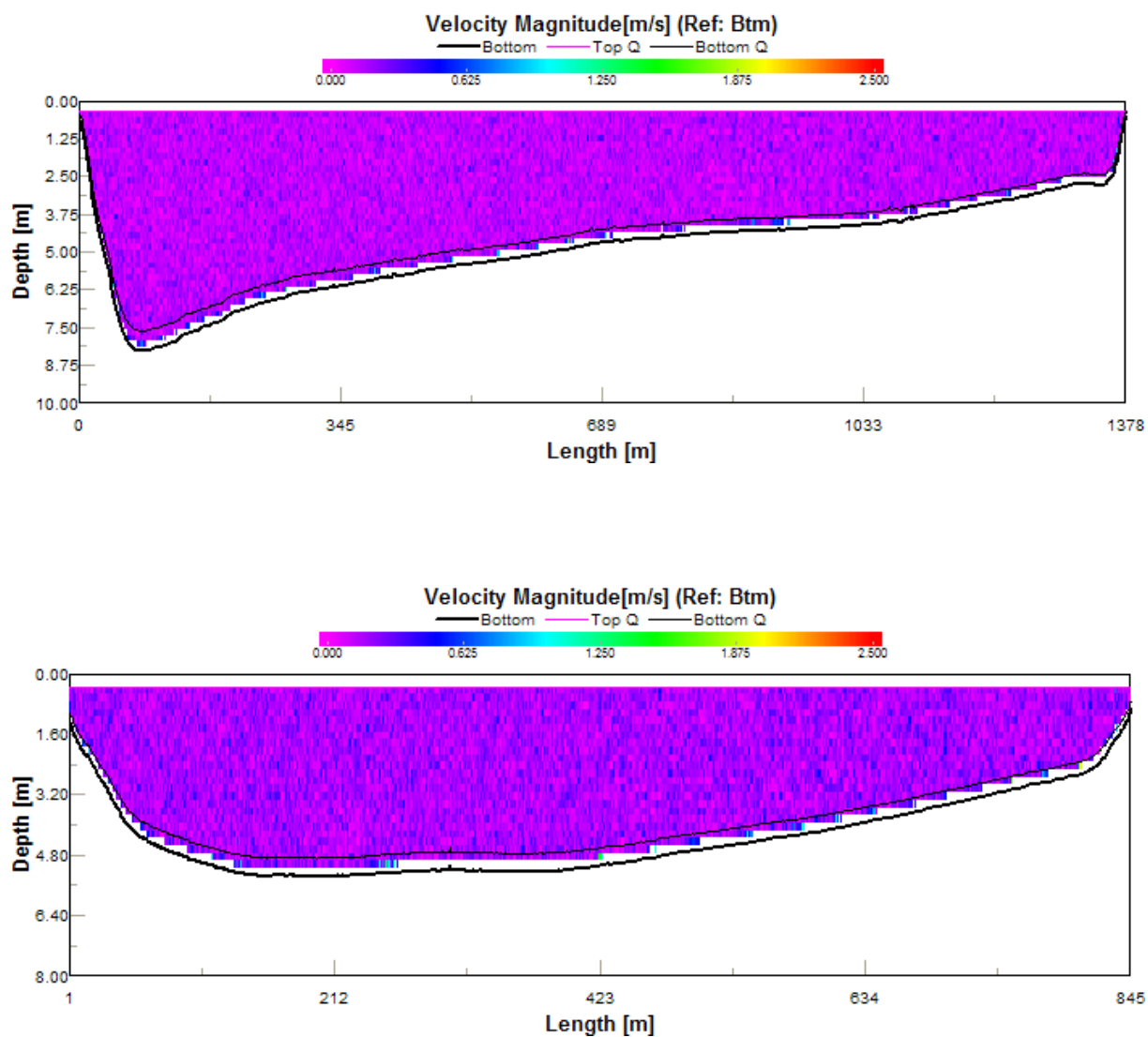
cz. 1



Ryc. 2. Przykładowe przekroje przez miśę jeziora Rudno cz. 1

PRZYKŁADOWE PRZEKROJE PRZEZ MIŚĘ JEZIORA RUDNO

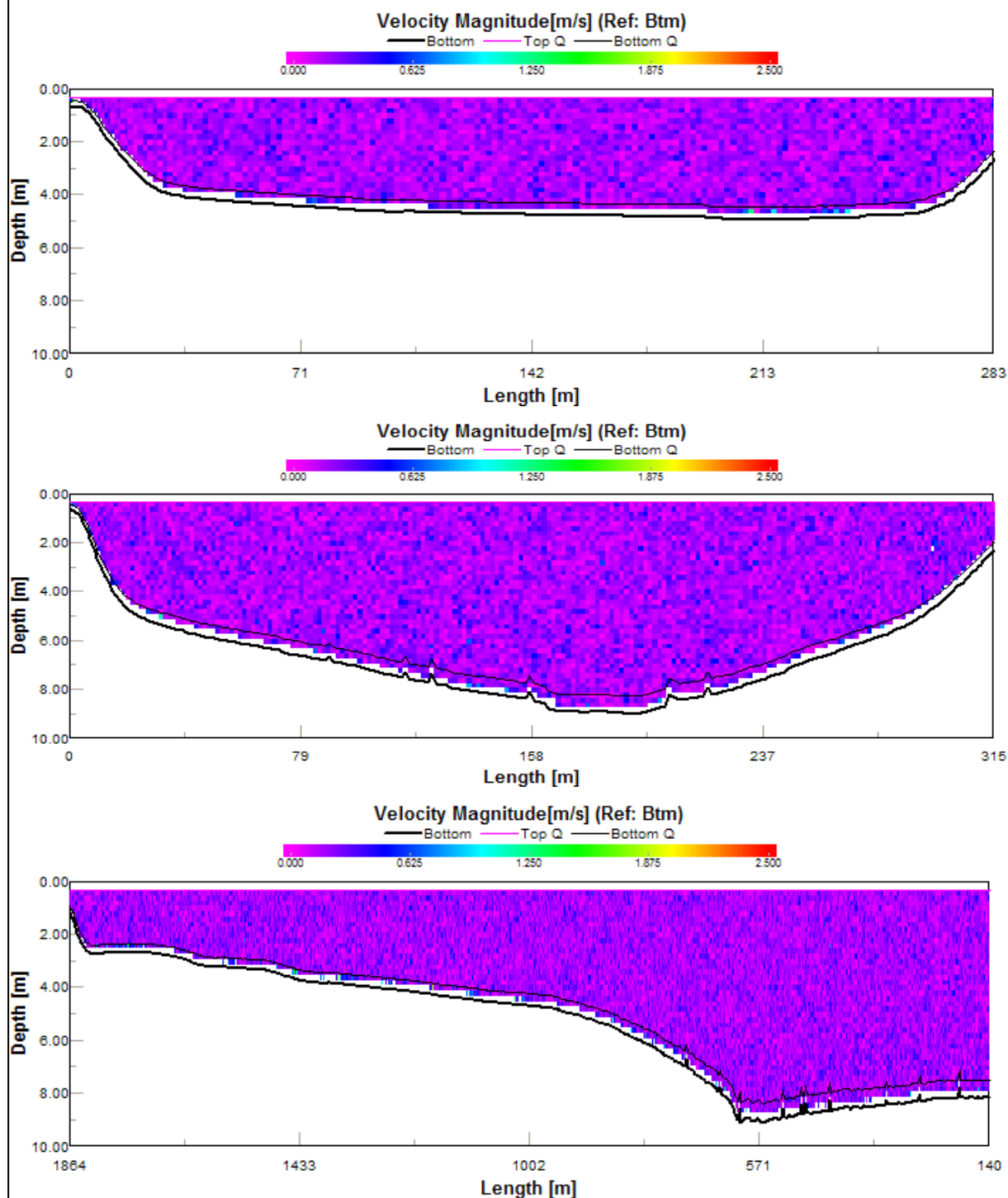
cz. 2



Ryc. 3. Przykładowe przekroje przez miśę jeziora Rudno cz. 2

PRZYKŁADOWE PRZEKROJE PRZEZ MIŚĘ JEZIORA WOJNOWSKIEGO ZACHODNIEGO

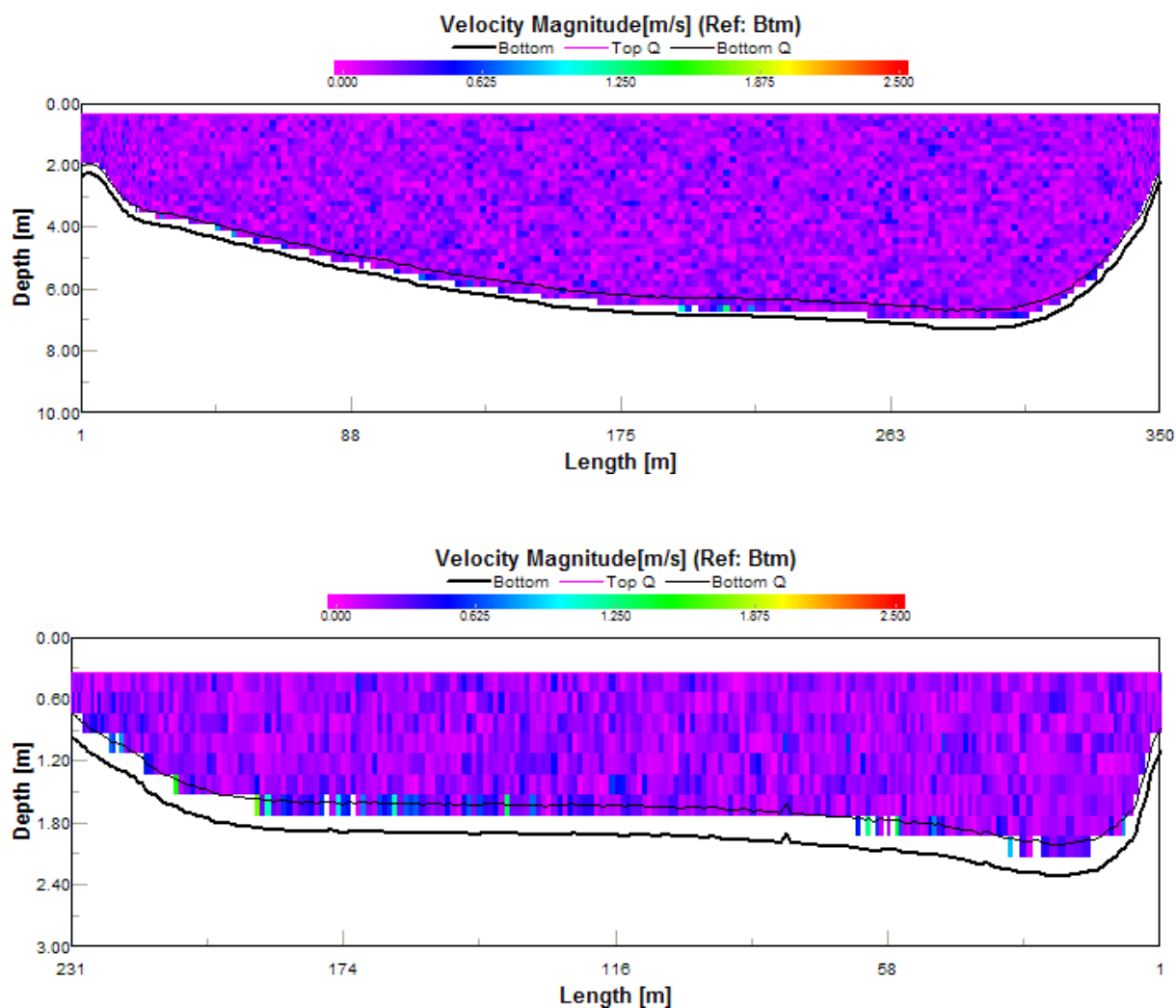
cz. 1



Ryc. 4. Przykładowe przekroje przez miśę Jeziora Wojnowskiego Zach. cz. 1

PRZYKŁADOWE PRZEKROJE PRZEZ MIŚĘ JEZIORA WOJNOWSKIEGO ZACHODNIEGO

cz. 2



Ryc. 5. Przykładowe przekroje przez miśę Jeziora Wojnowskiego Zach. cz. 2

5. Ogólna charakterystyka badanego obszaru

5.1. Położenie geograficzne i administracyjne

Obszar badań położony jest w Kotlinie Kargowskiej w obrębie równoleżnikowej Pradoliny Warszawsko–Berlińskiej, leżącej w południowej części makroregionu Pojezierzy Wielkopolskich. Pradolina ciągnie się wzdłuż terenów, uformowanych w głównej mierze przed 18 tys. lat przez wody, wypływające z cofającego się lądolodu i gromadzące się na jego przedpolu w postaci szeroko rozlanej, rwącej rzeki. Rzeką tą toczyła swoje wody w kierunku zachodnim, wcinając się głęboko w podłoże i osadzając w swoim korycie żwir i piasek. Po ustąpieniu lądolodu, dolina wykorzystana została przez największe rzeki Polski, a jeszcze później przez lokalną sieć rzeczną. Sama Kotlina Kargowska obejmuje swoim zasięgiem podmokłą, piaszczystą równinę o powierzchni 620 km², powstałą w miejscu, gdzie sandr Bruzdy Zbąszyńskiej łączy się z Pradolina. Jej powierzchnię urozmaicają zalesione wydmy oraz położone w obniżeniach nieduże jeziora i liczne kanały. Obszar Kotliny jest słabo zaludniony. Jej zachodnią część w znacznej mierze pokrywają lasy, a wschodnią tereny użytkowane rolniczo (pola i łąki).

Administracyjnie obszar badań znajduje się na granicy województwa wielkopolskiego oraz lubuskiego, obejmując tereny powiatów: wolsztyńskiego, nowosolskiego i zielonogórskiego ziemskiego. Granica przebiega przez jez. Rudno i na wschód od Jez. Wojnowskiego Wschodniego. Zlewnie bezpośrednie badanych jezior położone są w obrębie gmin: Wolsztyn, Kolsko, Kargowa i Babimost.

5.2. Klimat

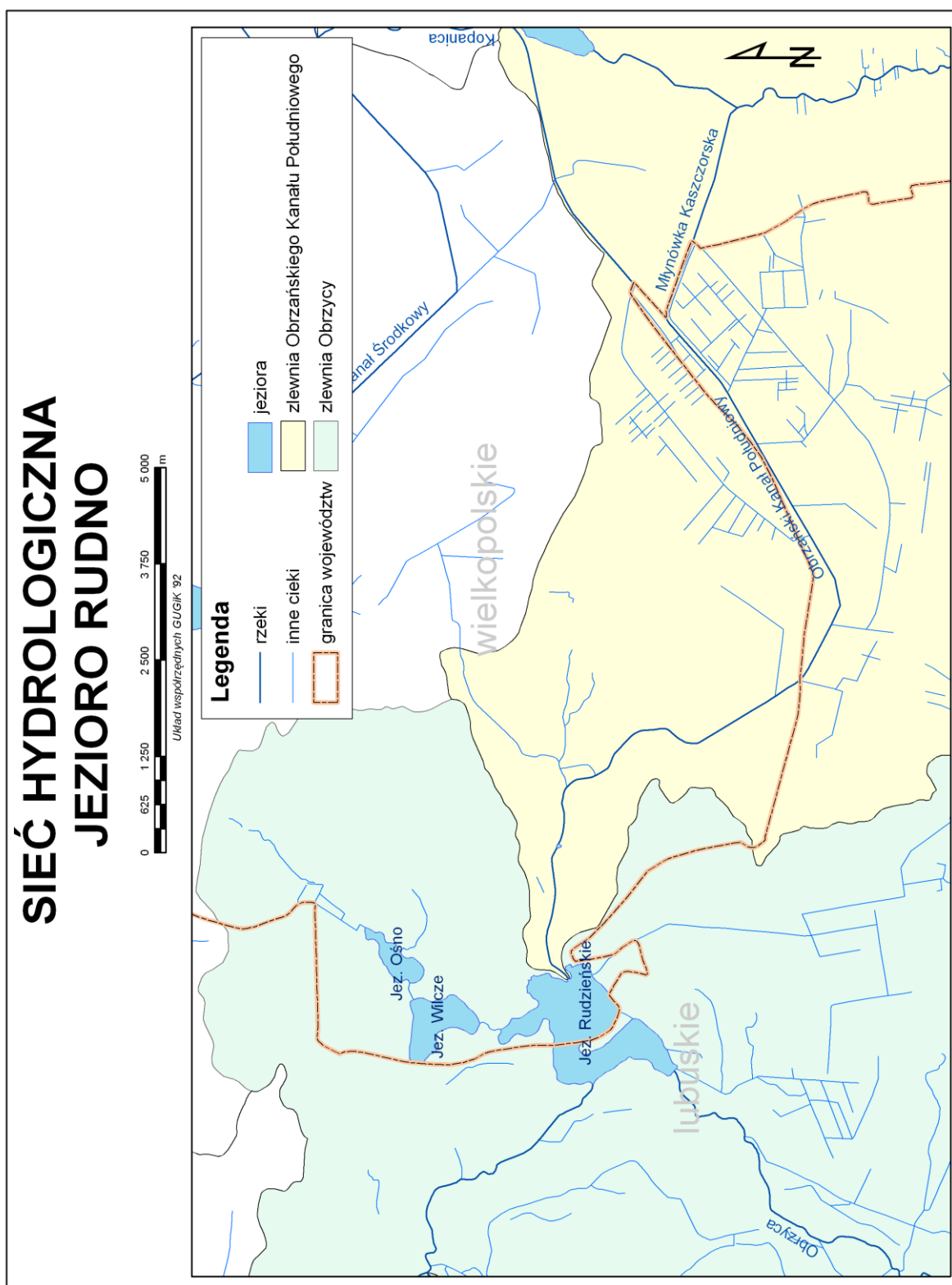
Klimat badanego obszaru ma charakter przejściowy, pomiędzy kontynentalnym i oceanicznym. Jego głównymi cechami są stosunkowo małe roczne amplitudy temperatury powietrza, wczesna wiosna, długie lato oraz łagodna i krótka zima z mało trwałą pokrywą śnieżną. Nad omawianym obszarem w ciągu roku najczęściej notuje się obecność powietrza polarnomorskiego, pochodzącego z południowo-zachodniej części Oceanu Atlantyckiego, w związku z tym obserwuje się dominację wiatrów z sektora zachodniego w ciągu całego roku głównie z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego. Według A. Woś (1994) opisywany obszar należy do lubuskiej dzielnicy klimatycznej i na tle innych rejonów, obejmujących Nizinę Wielkopolską, wyróżnia się największą liczbą dni z pogodą ciepłą (256). Jednocześnie rzadziej notuje się dni z pogodą przymrozkową (69). Region wyróżnia ponadto największa w roku liczba dni z opadem (170) i największe zachmurzenie, co nie do końca ma odzwierciedlenie w wysokości opadów rocznych, kształtującej się na poziomie 550 mm. Średnie roczne temperatury oscylują w granicach $+8,1^{\circ}\text{C}$ i należą do najwyższych w kraju. Średnie temperatury najzimniejszego miesiąca – stycznia oscylują wokół -1°C , stąd obszar ten należy w Polsce do jednego z najcieplejszych zimą. Świadczy o tym także najniższa liczba dni z mrozem w kraju. Temperatura najcieplejszego miesiąca - lipca wynosi nieco ponad 18°C (A. Woś 1994). Łagodniejsze warunki powodują, że obszar ten cechuje dłuższy niż w pozostałych częściach kraju okres wegetacyjny, wynoszący około 220 dni. Na tle Niziny Wielkopolskiej rozpatrywany obszar charakteryzuje się podwyższoną liczbą dni z mgłą w ciągu roku (ok. 70 dni).

5.3. Sieć hydrograficzna

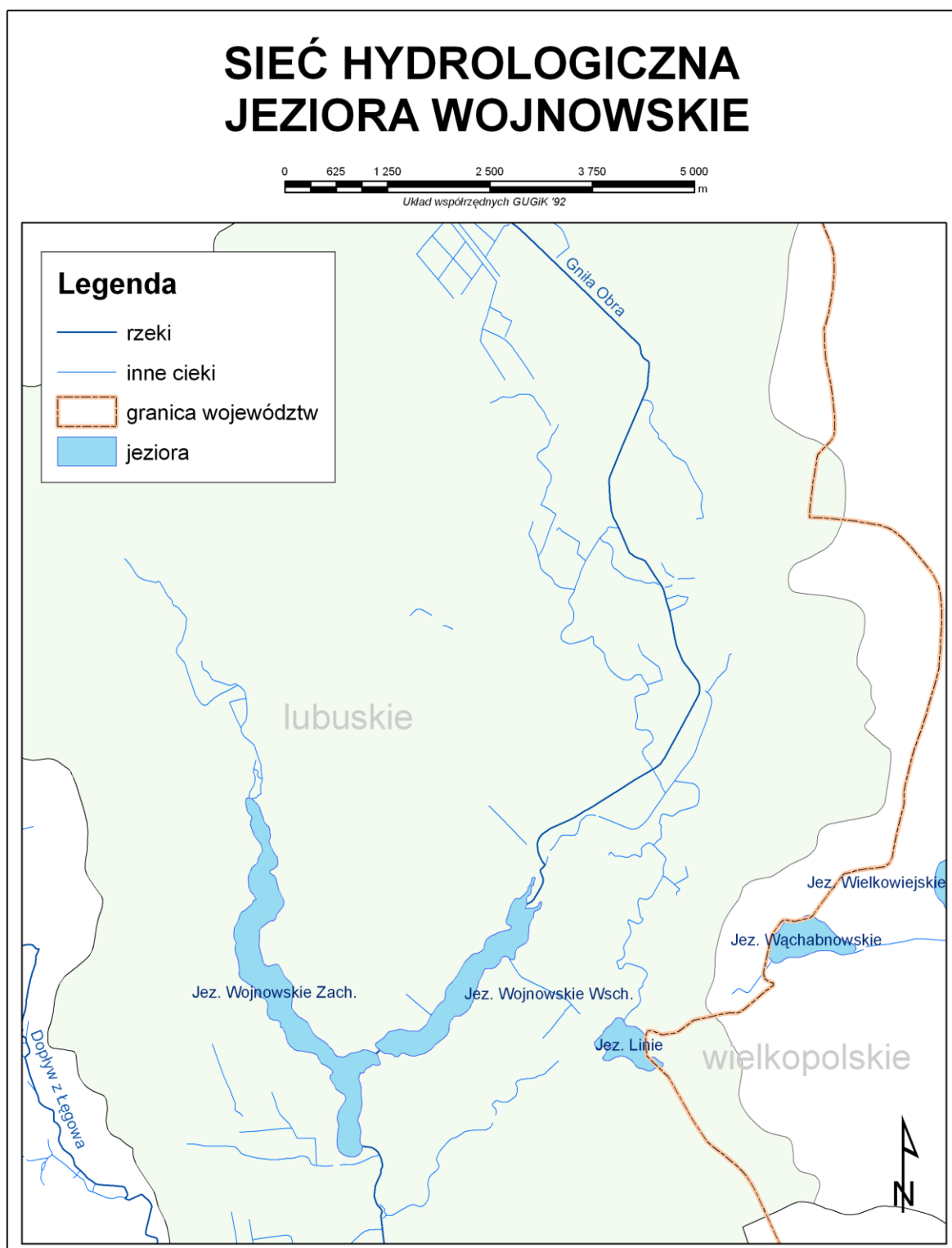
Jeziora Rudno i Wojnowskie leżą w dorzeczu Odry, w zlewni rzeki Obrzycy. Ponadto do jez. Rudno uchodzi Obrzański Kanał Południowy, który zbiera wodę z południowej części Doliny Środkowej Obry. Cieki w zachodniej części obszaru płyną generalnie w kierunku Odry, wykorzystując naturalny spadek Pradoliny Warszawsko–Berlińskiej. Rzeką odwadniającą tę część Kotliny Kargowskiej jest Obrzyca, wypływająca z Jez. Sławskiego i przepływająca przez jez. Rudno. Uchodzi ona do Odry w rejonie Cigacic. Przez jeziora Wojnowskie przepływa rzeka Gniła Obra, która bierze swój początek w okolicach miejscowości Szumiąca (gm. Międzyrzecz) i uchodzi do Obrzycy w pobliżu miejscowości Smolno Wielkie. Pierwotna sieć hydrograficzna, obejmująca tereny położone na wschód od jez. Rudno w znacznej mierze została zatarta przez działalność człowieka. W pierwszej połowie XIX wieku powstała tutaj sieć kanałów, które osuszyły tzw. Wielki Łęg Obry. W ramach prac regulacyjnych wybudowano kanały Obry: Północny i Środkowy, odprowadzające wody z rozlewisk obrzańskich do Obry i dalej do rynny jezior zbąszyńskich oraz Południowy, łączący się poprzez jez. Rudno z Obrzycą. W latach 70–tych XX wieku w związku z koniecznością zabezpieczenia czystości Obrzycy i ochrony ujęć wód pitnych dla Zielonej Góry ograniczono jednak odpływ wód Południowym Kanałem Obry. Część wód skierowano korytem Rzeki Soleckiej (rejon Moch) do koryta Kanału Północnego. Gospodarka wodna w tym rejonie regulowana jest na jazie w Łupicach.



Fot. 2. Obrzański Kanał Południowy



Ryc. 6. Sieć hydrograficzna – Jezioro Rudno



Ryc. 7. Sieć hydrograficzna – Jeziora Wojnowskie

6. Jeziora Rudno - podstawowe informacje morfometryczne

Współrzędne geograficzne środka jeziora Rudno (Orchowe, Rudzieńskie) to: 52°00' 12'' N i 15°59'30'' E. Nad jego brzegami położone są trzy wsie: Rudno, Jesionka i Wilcze. Jezioro powstało prawdopodobnie około 18 tys. lat temu w przejściowym okresie pomiędzy fazą leszczyńską i poznańską ostatniego zlodowacenia. Jest jeziorem polodowcowym i wraz z okolicznymi zbiornikami zawdzięcza swoje pochodzenie erozyjnej działalności wód, pochodzących z topniejącego i wycofującego się ku północy lądolodu. Następnie teren ten został przemodelowany przez procesy mrozowe, zachodzące na przedpolu lądolodu. W późniejszym okresie przez działalność wiatru, przenoszącego piasek nagromadzony na wyższych terasach Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej. Śladami tamtych czasów są liczne w tym rejonie wydmy, porośnięte obecnie lasem.

Omawiany zbiornik o powierzchni – 163,0 ha, posiada urozmaiconą linię brzegową (8800 m) z licznymi zatokami i półwyspami. Jego długość maksymalna wynosi 2550 m, a szerokość 1150 m. Najbardziej charakterystycznym dla akwenu jest półwysep, znajdujący się na północ od miejscowości Jesionka, który głęboko wcina się w jezioro i dzieli je na dwie części: wydłużoną odnogę zachodnią i basen główny z odchodzącą w kierunku północnym zatoką. Jednocześnie linia będąca przedłużeniem półwyspu rozgranicza, administracyjnie jezioro na dwie części: południowo-zachodnią należącą do województwa lubuskiego i północno-wschodnią, leżącą w obrębie województwa wielkopolskiego. Rudno nie należy również do jezior głębokich. W najgłębszym miejscu osiąga 8,50 m (IMGW 2007), a jego głębokość średnia wynosi niewiele ponad 4 m. Nie posiada również wysp.

Do jeziora Rudno wpływają dwa znaczące ciekі wodne o stosunkowo dużym przepływie. Od południa rzeka Obrzyca, a od wschodu Południowy Kanał Obry. Jedyny wypływ po zachodniej stronie zbiornika stanowi rzeka Obrzyca. Ponadto do Rudna wpadają: niewielki dopływ, odprowadzający nadmiar wód z położonego na północy jez. Wilcze; epizodyczny strumień, wypływający z leśnych terenów na południowy-wschód od miejscowości Rudno oraz rów melioracyjny, zbierający wodę z pól i łąk, położonych w okolicach miejscowości Jesionka. Ten wybitnie przepływowy charakter jeziora widoczny jest w wahanach poziomu lustra wody, który w znacznej mierze uzależniony jest od wielkości zasilania z dwóch głównych dopływów oraz wielkości piętrzenia wody na wypływie.

Brzeg jeziora ma wyraźny charakter klifowy, częściowo zatarty w obrębie ośrodków wczasowych. Płaski jest jedynie przy ujściu rzeki Obrzycy i Dopływu z jez. Wilcze. Od strony wschodniej, w rejonie miejscowości Rudno, do brzegu jeziora dochodzą zalesione wydmy, których wierzchołki wznoszą się do 10 m ponad poziom jeziora. Platforma przybrzeżna sięga najczęściej kilkunastu metrów w głąb jeziora i pokrywa się z zasięgiem roślinności zanurzonej. Jest ona jednak wyraźnie poszerzona w zatokach oraz w rejonie ujść podstawowych dopływów, tworzących stożki napływowe.

Batymetria A_3

7. Jeziora Wojnowskie - podstawowe informacje morfometryczne

Jeziora Wojnowskie położone są na 52°06'48" N i 15°46'06" oraz 52°07'07" N i 15°07'06" N i 15°48'12" E (Wschodnie), w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej na skraju piaszczystej, równinnej Kotliny Kargowskiej. Obok licznych wydm i zabagnionych obniżení wyróżnić można tu charakterystyczną polodowcową rynnę, zajęą przez omawiane jeziora, a w części północnej wykorzystywaną przez dolinę rzeki Gniłej Obry (Leniwej Obry). Pierwotnie rynnę wypełniał jeden zbiornik. W wyniku podjętych działań polegających na utworzeniu nasypu z mostem w naturalnym przewężeniu zbiornika na północ od Wojnowa, powstały sztucznie dwa jeziora. Większe i głębsze Jez. Wojnowskie Zachodnie oraz płytkie Jez. Wojnowskie Wschodnie, zwane także Tuchalą, do którego uchodzi rzeka Gniła Obra. W zlewni bezpośredniej jezior zalegają przede wszystkim piaski i piaski gliniaste. Jedynie od strony północnej i południowej, w dnie rynny, wytworzyły się grunty torfowe. Omawiane jeziora zlokalizowane są na terenie dwóch gmin: Kargowa i Babimost. Pod względem wielkości akwen wschodniemu o powierzchni 81,6 ha, znacznie ustępuje zachodni 147,3 ha. Taka sama relacja zachodzi w przypadku maksymalnych głębokości badanych jezior (odpowiednio 2,5 m i 9,1 m - IMGW 2007). Jezioro Wojnowskie Wschodnie ma również znacznie mniejszą długość i szerokość maksymalną odpowiednio 2800 m i 4600 m, przy 380 m i 660 m Jez. Wojnowskiego Zachodniego. Długość linii brzegowej basenu wschodniego wynosi 6875 m, natomiast zachodniego 10600 m. Poziom zwierciadła wody w jeziorach jest bardzo zmienny i w znacznym stopniu zależy od wielkości przepływu w rzece Gniłej Obrze. W okresie badań lustro wody Jeziora Wojnowskiego Zachodniego w Wojnowie układało się w strefie wody niskiej i położone było na wysokości 51,65 m n.p.m. Nadmienić należy również, że lustra obu jezior charakteryzują się lekkim spadkiem w kierunku południowym i w okresie bezwietrznym wody w północnych krańcach jezior znajdują się od kilku do kilkudziesięciu milimetrów wyżej niż w częściach południowych.

Oba zbiorniki od strony południowej odwadniane są przez wspólny ciek – Gniłą Obrę, która na południe od jezior dopływa do Obrzycy. Do zachodniego akwenu dopływa od strony północnej niezbyt szeroki Rów z okolic miejscowości Nowe Kramsko oraz okresowy ciek, zlokalizowany na południe od m.Kolesina. Jez. Wojnowskie Wschodnie zasilane jest w głównej mierze przez Gniłą Obrę, która uchodzi do niego w części północnej.

Misa jeziora zachodniego ma charakter typowo rynnowy. Główna oś zbiornika przebiega z północnego-zachodu na południowy-wschód. Jest on wąski, wydłużony i

najgłębsze partie znajdują się w jego osi. Brzegi okalające jezioro od strony północnej charakteryzuje bardzo niska platforma, porośnięta łąkami. W części środkowej pojawiają się brzegi klifowe, które w kierunku południowym ponownie przechodzą w płaskie łąki. Stosunkowo małe osłonięcie brzegów lasami, znaczna efektywna długość i niewielka szerokość jeziora sprzyjają silnemu falowaniu, powodującemu wzmożoną abrazję brzegów.

Misa jeziora wschodniego jest słabo zróżnicowana. Wyjątek stanowi rejon wspomnianego wcześniej dopływu, gdzie wytworzyła się delta z utworów organiczno-mineralnych. Na brzegach widoczny jest niski, ale wyraźny brzeg abrazyjny zapoczątkowany urwiskiem, przechodzącym w ławicę przybrzeżną. Brzegi jeziora są bardzo zerodowane mimo znacznych wahań lustra wody. Do takiego stanu przyczyniają się głównie: pełne osłonięcie brzegu wysokim lasem, usytuowanie rynny jeziora prostopadle do głównych wiatrów i zwarta, rozległa roślinność oczeretów, osłaniająca linię brzegową przed falowaniem.

Mapa batymetryczna A3

Mapa batymetryczna A3

8. Wybrane czynniki fizyczno–chemiczne, kształtujące jakość wody w jeziorach

Warunki termiczno – tlenowe

Równowaga ekologiczna jeziora jest ściśle związana z panującymi w nim warunkami termiczno-tlenowymi. Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie warunkuje przebieg wszystkich procesów biologicznych i chemicznych, co w znacznym stopniu decyduje o jakości wody w jeziorze. Obecny w wodach powierzchniowych tlen pochodzi głównie z powietrza atmosferycznego oraz procesów fotosyntezy zachodzących w obrębie masy jeziornej. W wodach, o względnie wysokiej jakości, stopień nasycenia tlenem przy określonej temperaturze i ciśnieniu atmosferycznym kształtuje się w granicach 80-95 %. W wodach zanieczyszczonych wartość ta spada nawet do 30-40%, a w skrajnych przypadkach niemal do 0%. Niedosyt tlenu może w znaczny sposób ograniczyć rozwój i prawidłowe funkcjonowanie flory i fauny wodnej. O naruszeniu równowagi w jeziorze świadczy nie tylko niska zawartość tlenu, która spadając poniżej 30% może wywoływać zaburzenia funkcji fizjologicznych ryb, ale także nadmierna jego ilość. W silnie zeutrofizowanych jeziorach często obserwowanym zjawiskiem jest przesylenie wody tlenem (nawet do 130 %) wywołane masowymi zakwitami glonów.

Stopień nasycenia wód tlenem jest ściśle związany z temperaturą. W warunkach naturalnych cieplejsza woda zmniejsza swoją pojemność dla gazów i w miarę wzrostu temperatury, zawartość tlenu spada, stąd niezbędne jest prowadzenie jednoczesnych pomiarów temperatury i zawartości tlenu.

Przezroczystość (widzialność krążka Secchi’ego)

Przezroczystość wody to orientacyjna miara przenikania światła przez wodę, określana również jako widzialność krążka Secchi’ego. Warunkowana jest obecnością w wodzie cząstek zawieszonych, które rozpraszają i absorbują promienie słoneczne. Prawidłowy odczyt wskaźnika uzależniony jest od aktualnego nasłonecznienia, falowania i obserwatora prowadzącego badania. Pozwala on określić ilość znajdującą się w wodzie zawiesiny. Zawiesina utrudnia przenikanie światła i może spowodować, że zanik widoczności krążka nastąpi już na bardzo małej głębokości.

Widzialności krążka Secchi'ego, chociaż obarczona dużą dozą subiektywizmu, stanowi pomocny wskaźnik przy ocenie stopnia eutrofizacji.

Zmiany widzialności krążka Secchi'ego spowodowane są przede wszystkim przez ilość zawiesiny organicznej i mineralnej zawartej w wodzie. Najczęstszą przyczyną ograniczenia widzialności krążka Secchi'ego w jeziorach są tzw. zakwity glonów, zawiesina niesiona z wodami dopływów lub też zawiesina pochodząca z osadów dennych, wyniesionych do warstw powierzchniowych poprzez intensywne falowanie.

Przewodność elektrolityczna właściwa

Miarą zawartości substancji nieorganicznych w wodzie jest przewodność elektrolityczna właściwa (konduktywność). Jest wielkością uzależnioną od ilości jonów, zawartych w wodzie. Decydujący wpływ na nią wywiera przede wszystkim zawartość kationów, w mniejszym zaś anionów. Na zróżnicowanie konduktywności wody zasadniczy wpływ ma produkcja pierwotna, mogąca obniżać zawartość soli w wodzie. Zwiększenie przewodnictwa natomiast może wskazywać na uwalnianie biogenów, takich jak związki fosforu i azotu z osadów dennych lub dostawę substancji biogennych ze spływów powierzchniowych, opadów i dopływów wraz ze ściekami do jeziora.

Odczyn pH

Odczyn pH jest wskaźnikiem określającym stopień kwasowości lub zasadowości wody. Od jego wartości uzależnione są zarówno chemiczne, jak i fizyczne właściwości wody. Odczyn pH mierzony pH-metrem osiąga wartości z zakresu 0,0-14,0 przy czym w warunkach naturalnych wody stojące przybierają wartości od słabo kwaśnych – pH 4,0 do słabo zasadowych – pH 12,0.

Odczyn wody pH w jeziorach kształtowany jest poprzez wzajemne oddziaływania fizyczno – chemiczne i biologiczne czynników środowiskowych. Zależy on w znacznym stopniu od zasobności środowiska w CO₂ i dwuwęglany. Przestrzenne zróżnicowanie stopnia kwasowości w obrębie jednego zbiornika wodnego.

Stopień kwasowości wpływa bezpośrednio na procesy życiowe zachodzące w ekosystemach, m.in. odpowiedzialny jest za prawidłowe pobieranie składników pokarmowych przez organizmy. Znaczna alkaliczność korzystnie wpływa na przyswajanie, a tym samym wykorzystanie, znajdujących się w wodzie, związków azotu i fosforu, które są znacznie

bardziej dostępne niż w środowisku kwaśnym. Podobnie jak wysoka kwasowość, również wyraźnie szkodliwy wpływ na organizmy wywiera nadmierna alkaliczność wód naturalnych - pH powyżej 9,0.

W wodzie, w której panują naturalne warunki niezakłócone sztucznymi wpływami np. ściekami, pH może osiągnąć wartość 11,0, ograniczając tym samym nadmierną produkcję biologiczną. Wartość pH ma bardzo wyraźny wpływ na proces samooczyszczania wody. W środowisku o niskim pH, w granicach 3,0-5,0 warunki oczyszczania wody przez biocenozy są utrudnione, gdyż następuje zahamowanie ich działalności. Procesy chemiczne i biologiczne są bowiem uzależnione od stopnia stężenia jonów wodorowych. Niskie wartości odczynu wody mogą powstawać np. w rzekach lub zbiornikach wód stojących, zasilanych przez dopływy z bagien, w których znajdują się duże ilości kwasów humusowych, a także przez spływ wód z terenów porośniętych lasami iglastymi. Lokalne obniżenia wskaźnika pH wynikać mogą również ze znacznego zasilania wód słabo kwaśnymi wodami podziemnymi. Pomiar tego wskaźnika jest również niezbędny dla określenia skali Clarka potencjału oksydo-redukcyjnego REDOX

Redox i skala Clarka

Potencjał oksydoredukcyjny nazywany również współczynnikiem REDOX jest wskaźnikiem mówiącym o zdolności wody do samooczyszczania. Duży potencjał redox świadczy o dużej sile utleniania. Proces utleniania jest niezbędny przy rozkładzie resztek organicznych. Dla uzyskania pełniejszego obrazu zdolności redukcyjnych lub utleniających wody stosuje się przelicznik, uwzględniający odczyn pH.

Służy temu poniższy wzór;

$$rH = (Eh + 0,06 \times pH) / 0,03$$

- gdzie Eh to potencjał oksydoredukcyjny wyrażony w woltach.

Uzyskane wyniki porównuje się z 42 stopniową skalą redox, nazwaną od nazwiska autora Skalą Clarka.

Za środowisko utleniające uznawane są warunki, w których rH ma wartość >25. Wówczas przebiegają w nim bardzo intensywnie procesy biodegradacji substancji organicznej do jej pełnej mineralizacji, nitryfikacji oraz procesy utleniania metali. Jest ono uznawane za bardzo korzystne dla przebiegu procesów samooczyszczania się wód. Natomiast środowisko

redukcyjne to środowisko, w którym potencjał redoks wynosi <15 . Środowisko to jest bardzo niekorzystne dla procesu samooczyszczania. W wodach dochodzi do denitryfikacji, amonifikacji i redukcji metali, w szczególności żelaza.

Wartości potencjału redox mogą wahać się w zależności od zmian zawartości tlenu rozpuszczonego oraz działalności mikroorganizmów (bakterie).

Zawartość azotu i fosforu w wodach jeziornych

Eutrofizacja jest między innymi efektem nadmiernego dopływu substancji odżywczych (troficznych, biogennych), spływających do jeziora wraz z dopływami z terenów zlewni. Zlewnia kształtuje jakość wody, a jej poszczególne komponenty mogą tę jakość modyfikować. Szczególne znaczenie ma "dostawa" do jezior fosforu i azotu, których koncentracja decyduje o trofii zbiornika. Nadmierna zawartość w wodach wspomnianych pierwiastków stymuluje proces eutrofizacji, który nierzadko prowadzi do zachwiania równowagi ekologicznej zbiornika. Część substancji dopływających do jeziora ulega sedymentacji, reszta natomiast ulega rozproszeniu powodując wzrost ich koncentracji w akwenie.

Najistotniejszymi pierwiastkami biorącymi udział w produkcji pierwotnej są fosfor i azot. Obecność tych związków decyduje o produktywności wód, a tym samym o ich jakości.

Biogenem w znaczący sposób wpływającym na jakość wód jest fosfor. Jest to podstawowy czynnik ograniczający rozwój fitoplanktonu. A co za tym idzie wpływa na masowe zakwity glonów. Pierwiastek ten występuje w wodach w postaci nieorganicznej oraz w postaci rozpuszczonego fosforu organicznego. Fosfor mineralny, czyli fosforany jest najlepiej przyswajalny przez organizmy, przez co odgrywa ogromną rolę w produkcji pierwotnej. Jako, że jest on włączony w obieg materii, jego zawartość w wodach nie jest duża wręcz minimalna. Należy więc zwrócić uwagę na związki fosforu w strefie przydennej. Formy, w jakich on występuje oraz jego stężenie w wodzie zależą od głębokości jeziora oraz typu i sposobu użytkowania zlewni.

Azot występuje w wodzie w formie gazu rozpuszczonego, jonów amonowych, azotanów, oraz azotynów. W jeziorach jest głównym czynnikiem, ograniczającym wzrost organizmów.

Zawartość azotu i fosforu w osadach dennych

Doskonałym wskaźnikiem zmian jakości środowiska wodnego jest niewątpliwie osad denny zdeponowany na dnie jeziora. Powstaje on w wyniku sedymentacji materiałów pochodzących z terenów otaczających jezioro lub mających genezę powstania w samym zbiorniku wodnym. Ilość dopływających substancji determinuje stężenie pierwiastków biogennych w osadach, które jest często wielokrotnie wyższe niż w wodzie. Ilość materiału dostarczanego ze zlewni jeziora lub powstałego w miejscu sedymentacji oraz warunki tworzenia się osadów wpływają na skład chemiczny i tempo ich akumulacji.

W wyniku różnych procesów np. rozkładu zawartej w osadach materii organicznej, wymiany substancji w strefie przydennej zbiornika, powierzchniowa warstwa osadów charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem w składzie chemicznym. Nie tylko zmieniające się warunki fizyczno-chemiczne i mechaniczne w środowisku, ale także antropopresja, wpływają na intensywność procesów wymiany biogenów między osadem a wodą. Biogeny zakumulowane w osadach mogą przemieszczać się ponownie do wody, czego efektem jest nasilenie eutrofizacji jeziora. Skala i przebieg tego procesu uzależniony jest przede wszystkim od użyznienia wód oraz powierzchni dna czynnego.



Fot. 3. Pobór uwodnionych osadów dennych na Jeziorze Wojnowskim Zach.

9. Wyniki badań

9.1. Jezioro Rudno

9.1.1. Warunki termiczno-tlenowe

Przestrzenny rozkład temperatury przypowierzchniowej warstwy wody w jeziorze Rudno wykazał znikome zróżnicowanie w granicach $0,9^{\circ}\text{C}$. Z układu termicznego widać, że najcieplejsza woda występowała w basenie głównym, gdzie osiągnęła ponad $12,0^{\circ}\text{C}$. Najchłodniejszy natomiast okazał się południowy kraniec zachodniej odnogi zbiornika ($11,4^{\circ}\text{C}$), do którego wpływają zimniejsze wody Obrzycy. Również w pobliżu ujść pozostałych dopływów do jeziora odnotowano nieco obniżoną temperaturę.

Analiza profili termiczno-tlenowych najgłębszych partii jeziora nie wykazała stratyfikacji termicznej. Temperatury w całym pionie pomiarowym były bardzo wyrównane, co świadczy o zainicjowaniu zjawiska homotermii jesiennej, czyli intensywnego mieszania się wód, wynikającego z przewagi oddawania ciepła nad jego pobieraniem. Największy gradient temperatury ($1,3^{\circ}\text{C}$) odnotowano w najgłębszym profilu pomiarowym – R-10.

Natlenienie jeziora na głębokości 0,5 m było stosunkowo wysokie i przekraczało $9,4 \text{ mg/dm}^3$. Najwyższą zawartość tlenu stwierdzono w północnej odnodze jeziora – $11,7 \text{ mg/dm}^3$. Strefą o zmniejszonych wartościach tego parametru (poniżej 10 mg/dm^3) była południowa i południowo-wschodnia część basenu głównego. W warstwach podpowierzchniowych natlenienie wynosiło przeciętnie $8\text{--}10 \text{ mg/dm}^3$. Tylko w strefie poniżej 4 m głębokości zawartość tlenu spadała, poniżej tych wartości, osiągając najniższą wartość $4,0 \text{ mg/dm}^3$ tuż nad dnem w punkcie R-10. W warstwie przydennej nie zaobserwowano strefy beztlenowej, co może wynikać z niedużej głębokości akwenu i jesiennej miksji wód.

Szczegółowy rozkład poziomy i pionowy parametrów przedstawiono na mapach i w profilach termiczno-tlenowych.

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₁

GPS: N 52°00'40,6" E 15°58'18,8"

Głębokość [m] 1,6

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 11,4 | 12,0 |
| 0,5 | 11,6 | 11,8 |
| 1,0 | 11,7 | 11,6 |
| 1,5 | 10,0 | 11,2 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₂

GPS: N 52°00'27,9" E 15°58'31,4"

Głębokość [m] 2,8

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 10,0 | 12,0 |
| 0,5 | 10,4 | 11,9 |
| 1,0 | 11,0 | 11,6 |
| 1,5 | 11,0 | 11,5 |
| 2,0 | 11,0 | 11,5 |
| 2,5 | 10,4 | 11,3 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₃

GPS: N 52°00'28,0" E 15°58'49,2"

Głębokość [m] 4,4

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 10,2 | 12,2 |
| 0,5 | 10,4 | 12,0 |
| 1,0 | 10,4 | 12,0 |
| 1,5 | 10,4 | 11,9 |
| 2,0 | 10,4 | 11,9 |
| 2,5 | 10,2 | 11,8 |
| 3,0 | 10,2 | 11,8 |
| 3,5 | 10,2 | 11,8 |
| 4,0 | 10,2 | 11,8 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₄

GPS: N 52°00'20,6" E 15°58'51,7"

Głębokość [m] 8,5

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 9,8 | 12,0 |
| 0,5 | 9,8 | 12,0 |
| 1,0 | 9,8 | 12,0 |
| 1,5 | 9,8 | 12,0 |
| 2,0 | 9,6 | 11,9 |
| 2,5 | 9,6 | 11,9 |
| 3,0 | 9,4 | 11,8 |
| 3,5 | 9,2 | 11,8 |
| 4,0 | 8,8 | 11,8 |
| 4,5 | 8,5 | 11,7 |
| 5,0 | 8,8 | 11,8 |
| 5,5 | 8,5 | 11,7 |
| 6,0 | 7,4 | 11,4 |
| 6,5 | 7,2 | 11,0 |
| 7,0 | 6,6 | 10,9 |
| 7,5 | 6,6 | 10,8 |
| 8,0 | 6,6 | 10,7 |

Tab. 1-4. Profile termiczno-tlenowe R-1 do R-4

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₅

GPS: N 52°00'11,1" E 15°58'59,6"

Głębokość [m] 1,7

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 9,2 | 12,3 |
| 0,5 | 9,4 | 12,3 |
| 1,0 | 9,4 | 12,0 |
| 1,5 | 9,4 | 12,0 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₆

GPS: N 51°59'39,4" E 15°58'09,3"

Głębokość [m] 2,5

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 10,3 | 11,7 |
| 0,5 | 10,7 | 11,4 |
| 1,0 | 11,1 | 11,2 |
| 1,5 | 11,0 | 11,0 |
| 2,0 | 8,6 | 11,0 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₇

GPS: N 51°59'45,8" E 15°58'17,6"

Głębokość [m] 4,5

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 12,0 | 10,2 |
| 0,5 | 11,7 | 10,8 |
| 1,0 | 11,7 | 11,0 |
| 1,5 | 11,6 | 11,0 |
| 2,0 | 11,5 | 11,0 |
| 2,5 | 11,5 | 11,1 |
| 3,0 | 11,5 | 11,1 |
| 3,5 | 11,1 | 9,8 |
| 4,0 | 10,9 | 6,4 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₈

GPS: N 51°59'54,2" E 15°58'08,2"

Głębokość [m] 4,3

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 11,0 | 12,0 |
| 0,5 | 11,4 | 11,8 |
| 1,0 | 11,4 | 11,6 |
| 1,5 | 11,5 | 11,6 |
| 2,0 | 11,6 | 11,6 |
| 2,5 | 11,0 | 11,4 |
| 3,0 | 10,4 | 11,2 |
| 3,5 | 9,6 | 11,1 |
| 4,0 | 9,0 | 11,0 |

Tab. 5-8. Profile termiczno-tlenowe R-5 do R-8

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₉

GPS: N 52°00'13,5" E 15°57'56,8"

Głębokość [m] 3,8

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 10,9 | 12,1 |
| 0,5 | 11,2 | 12,0 |
| 1,0 | 11,2 | 12,0 |
| 1,5 | 11,2 | 12,0 |
| 2,0 | 11,2 | 12,0 |
| 2,5 | 10,8 | 12,0 |
| 3,0 | 8,6 | 11,6 |
| 3,5 | 8,0 | 11,5 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₁₀

GPS: N 52°00'16,4" E 15°58'14,7"

Głębokość [m] 4,6

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 11,2 | 12,3 |
| 0,5 | 11,4 | 12,3 |
| 1,0 | 11,6 | 12,0 |
| 1,5 | 11,6 | 12,0 |
| 2,0 | 10,4 | 11,9 |
| 2,5 | 9,4 | 11,7 |
| 3,0 | 9,0 | 11,5 |
| 3,5 | 8,0 | 11,4 |
| 4,0 | 7,8 | 11,4 |
| 4,5 | 4,0 | 11,4 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₁₁

GPS: N 52°00'10,2" E 15°58'34,6"

Głębokość [m] 5,7

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 10,0 | 12,0 |
| 0,5 | 10,0 | 12,0 |
| 1,0 | 10,0 | 12,0 |
| 1,5 | 9,7 | 12,0 |
| 2,0 | 9,6 | 12,0 |
| 2,5 | 9,5 | 11,9 |
| 3,0 | 9,4 | 11,9 |
| 3,5 | 8,4 | 11,5 |
| 4,0 | 8,0 | 11,5 |
| 4,5 | 7,6 | 11,3 |
| 5,0 | 7,3 | 11,2 |
| 5,5 | 5,6 | 11,0 |

JEZIORO RUDNO

Punkt pomiarowy nr R₁₂

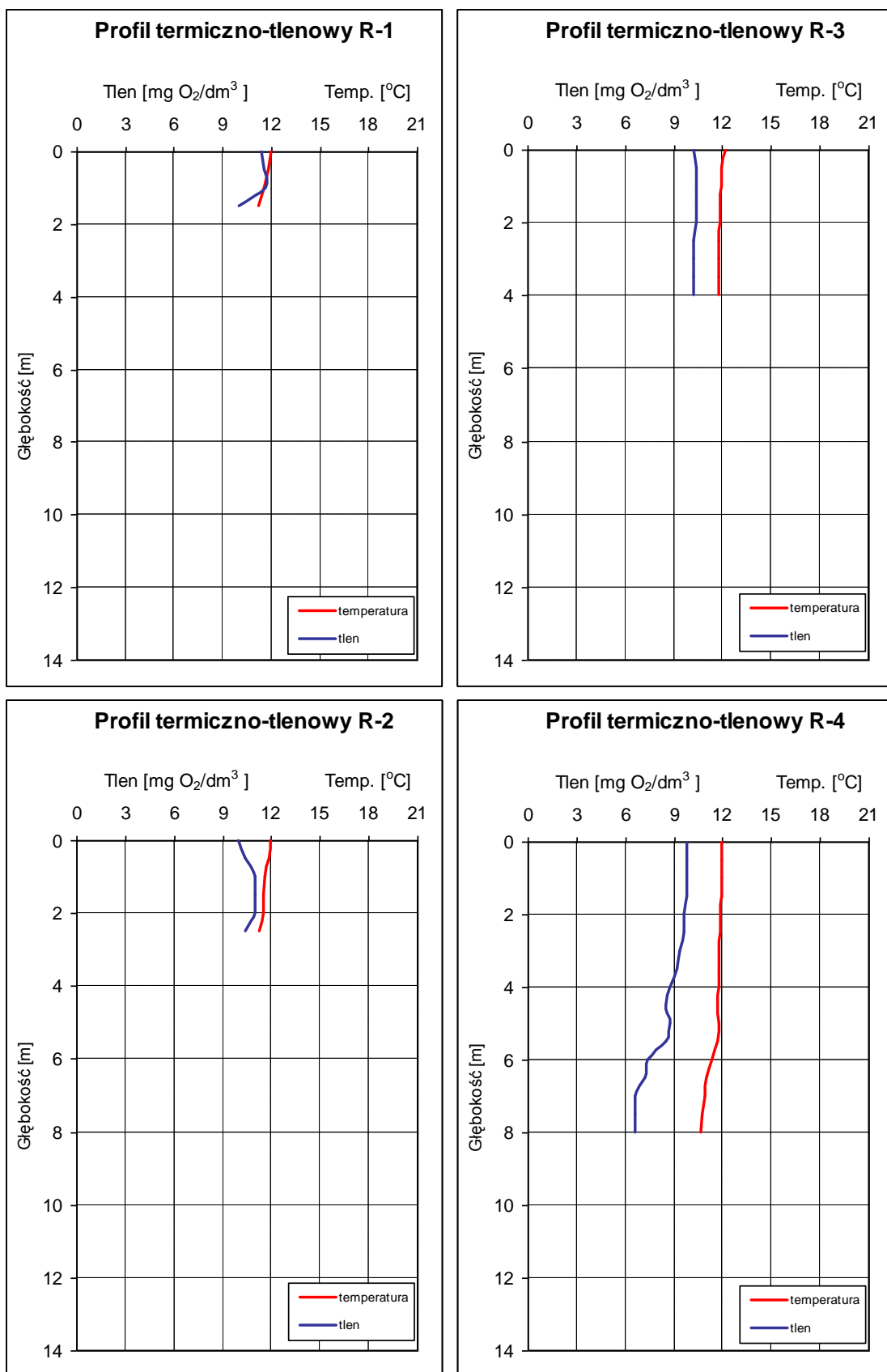
GPS: N 51°59'59,6" E 15°58'27,2"

Głębokość [m] 3,6

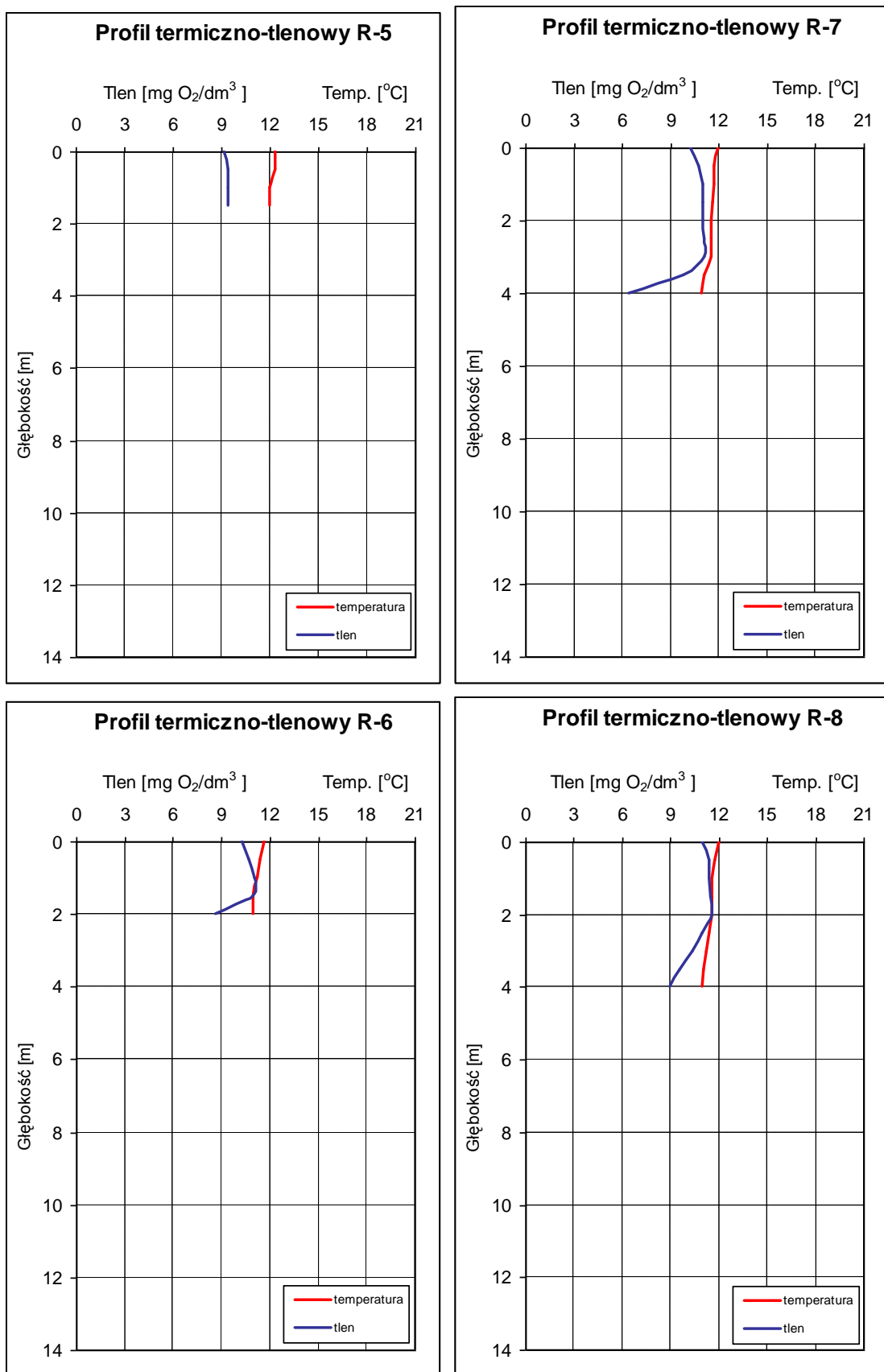
15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 10,5 | 12,2 |
| 0,5 | 10,0 | 12,0 |
| 1,0 | 9,0 | 11,7 |
| 1,5 | 8,5 | 11,6 |
| 2,0 | 8,0 | 11,5 |
| 2,5 | 7,8 | 11,5 |
| 3,0 | 7,8 | 11,5 |
| 3,5 | 4,2 | 11,5 |

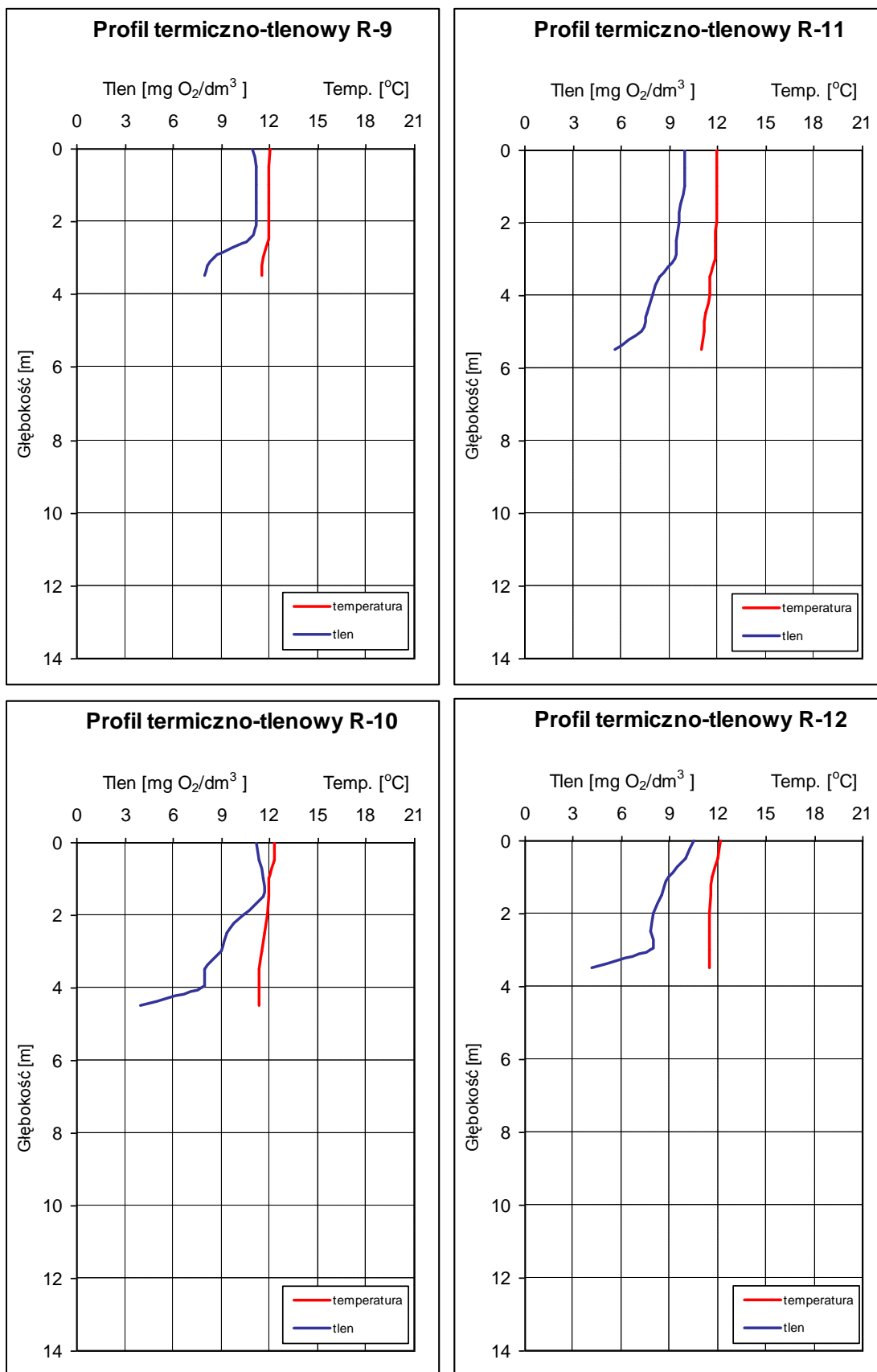
Tab. 9-12. Profile termiczno-tlenowe R-9 do R-12



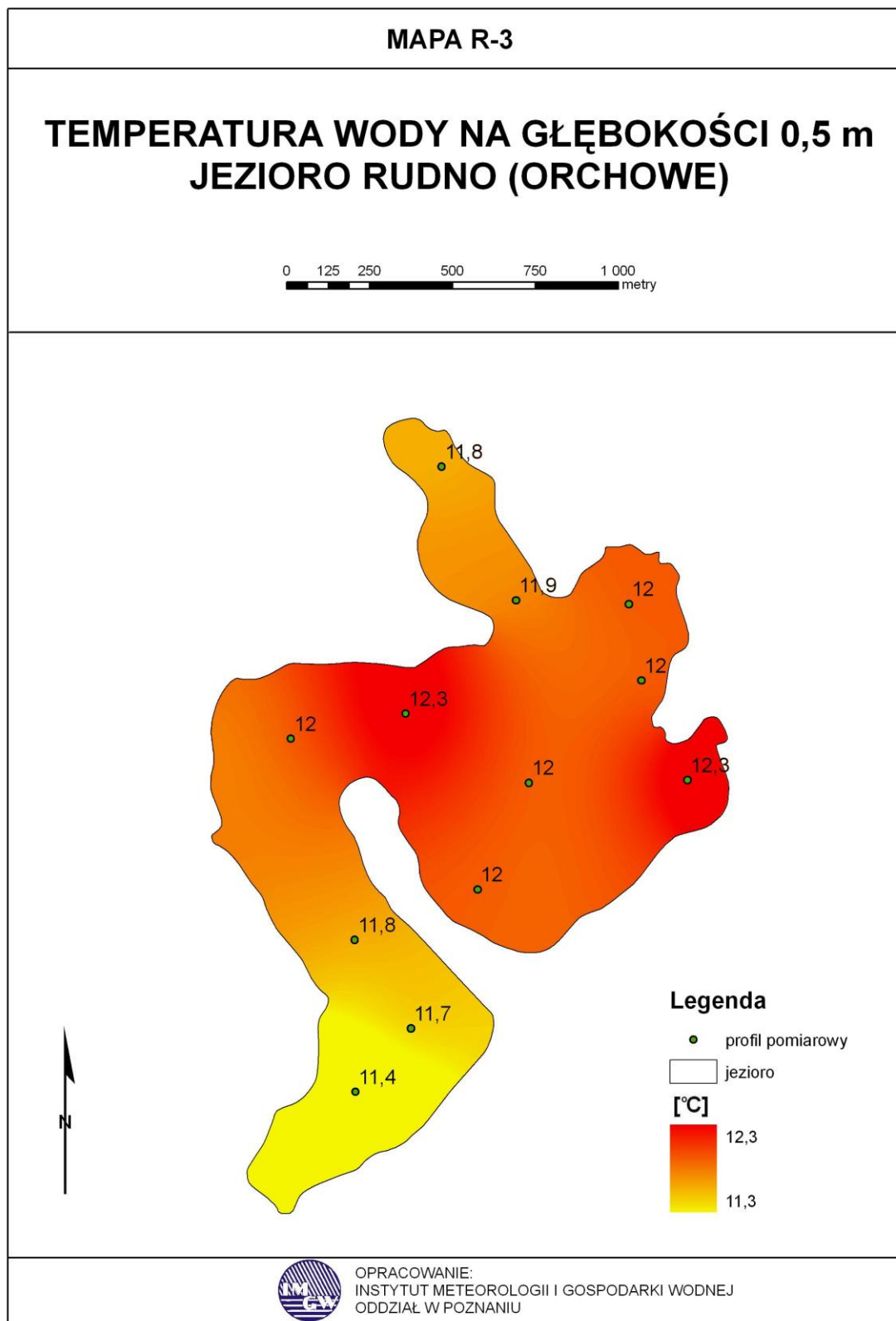
Ryc. 8-11. Profile termiczno-tlenowe R-1 do R-4

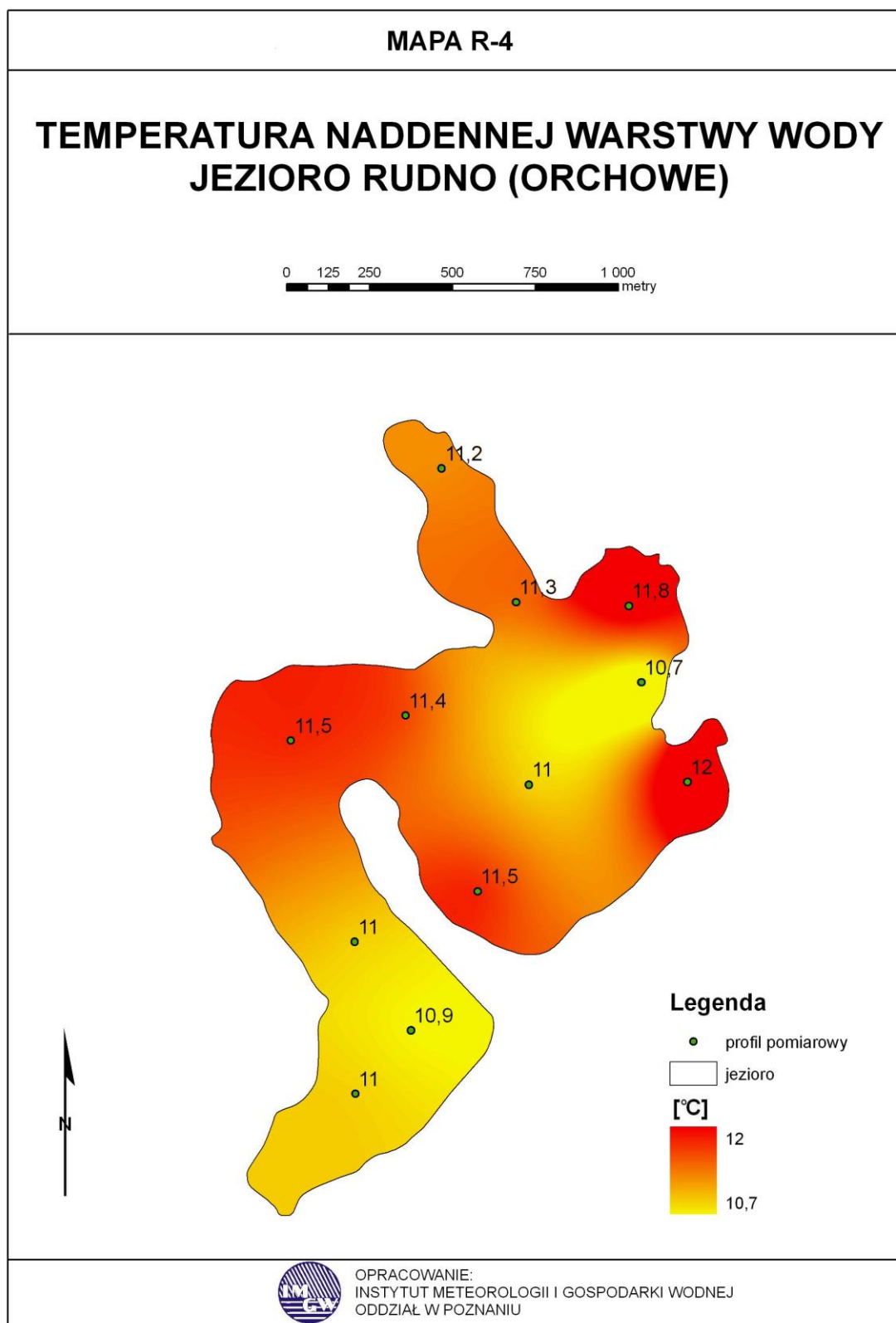


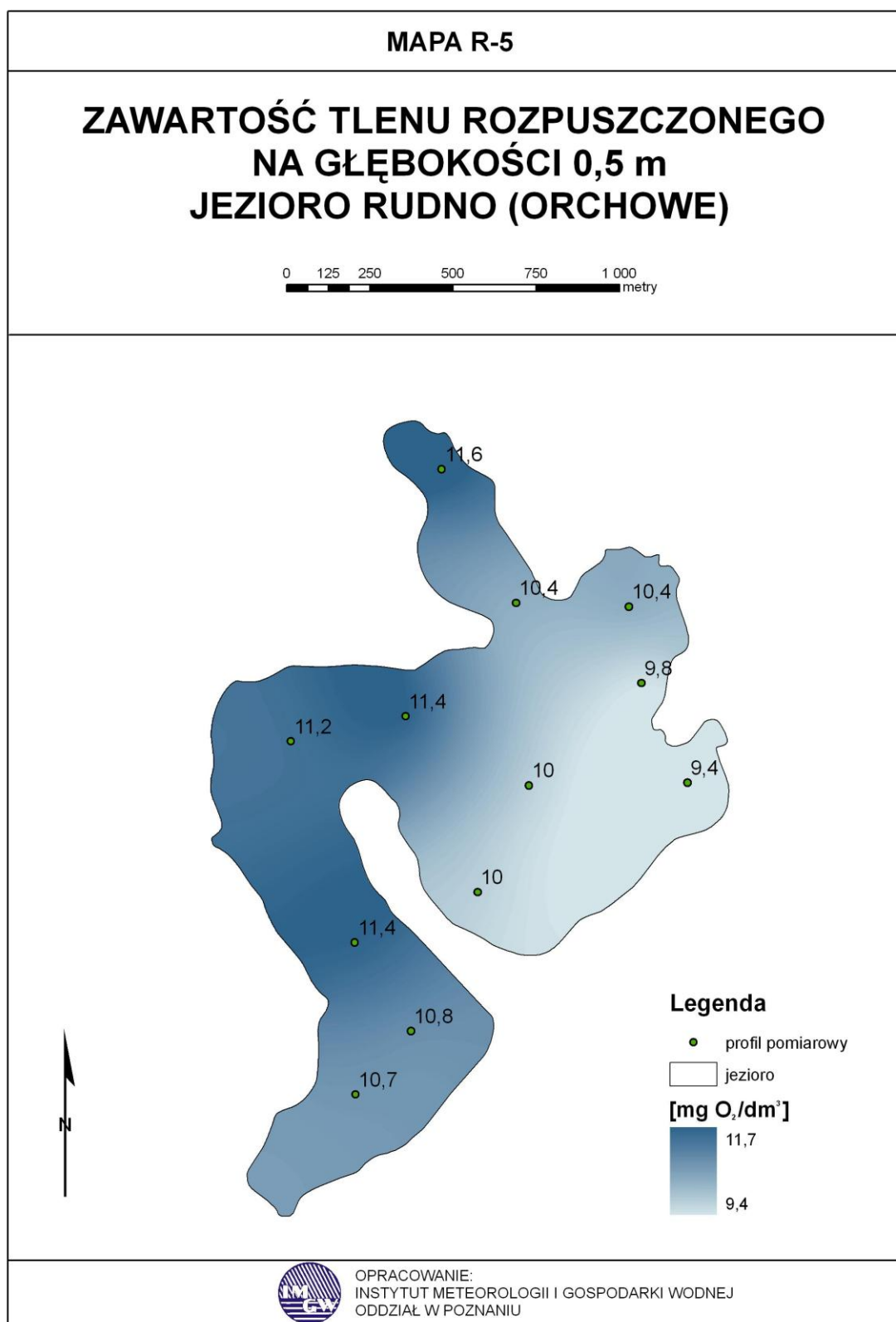
Ryc. 12-15. Profile termiczno-tlenowe R-5 do R-8

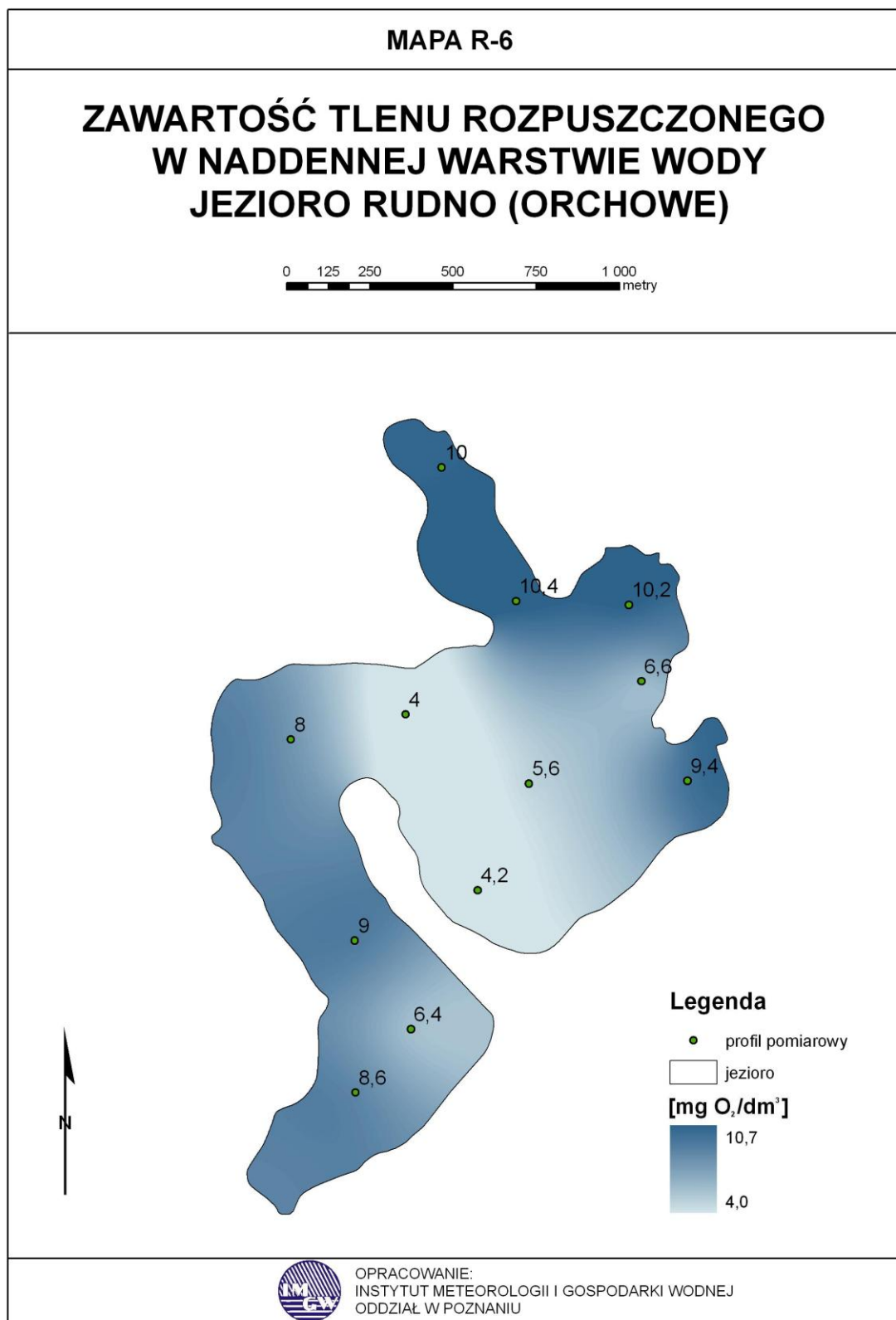


Ryc. 16-19. Profile termiczno-tlenowe R-9 do R-12









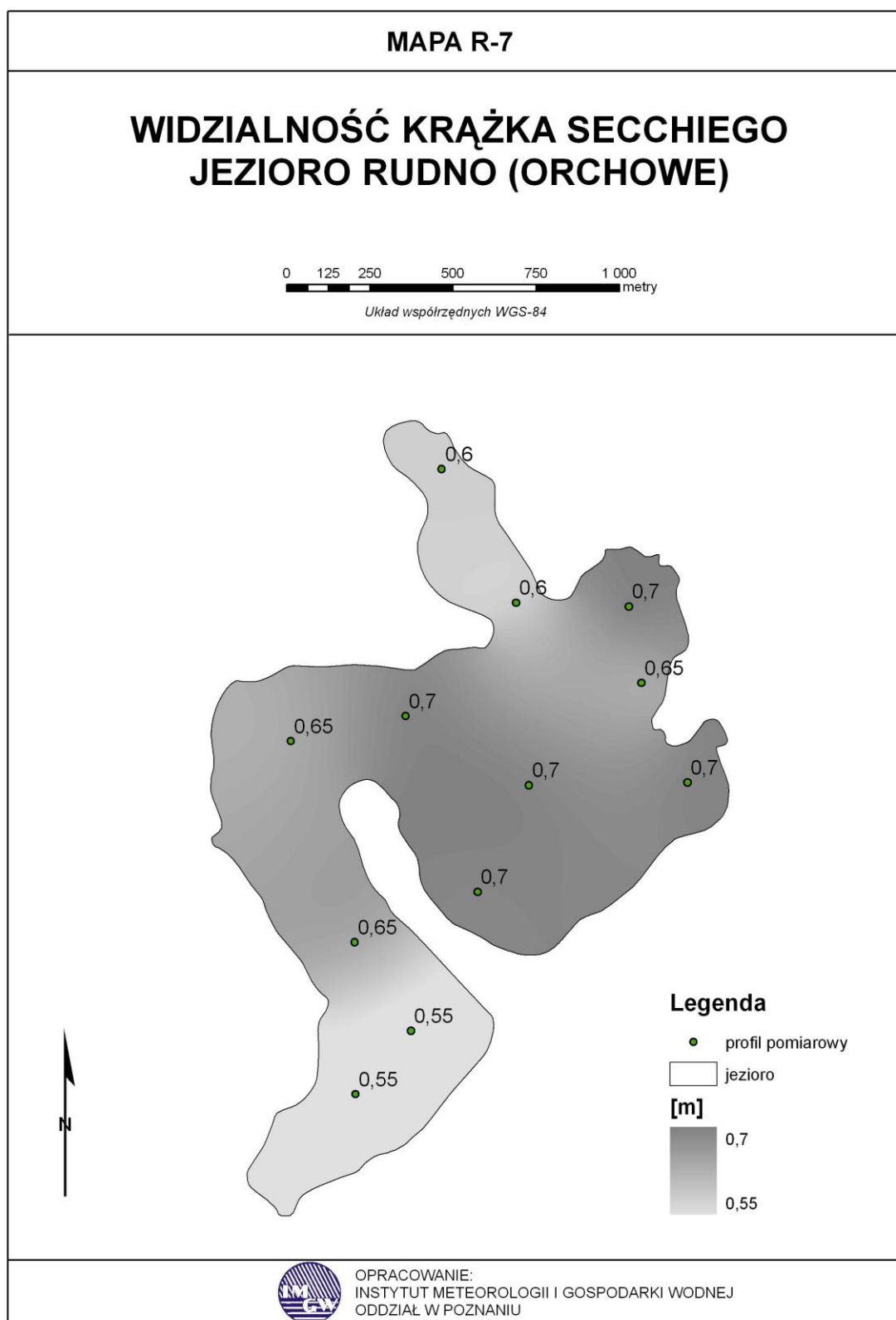
9.1.2. Przezroczystość wody

Przezroczystość wody jez. Rudno, mierzona krążkiem Secchi'ego jest niewielka i odznacza się małym zróżnicowaniem. Analiza przestrzenna pokazuje, że jest ona najwyższa w obrębie basenu głównego, gdzie wynosi przeciętnie 0,70 m. Nieco niższe wartości, kształtujące się na poziomie 0,60 m, widzialność przyjmuje w zatoce północnej i w części zachodniej jeziora. Najniższą widzialność (0,55 m) stwierdzono natomiast na południowym krańcu zbiornika, w pobliżu ujścia Obrzycy.

Na kształtowanie się i rozkład przestrzenny przezroczystości w jez. Rudno największy wpływ mają bez wątpienia jego dopływy, transportujące zawiesinę oraz kształt i morfologia dna zbiornika. Zarówno Obrzyca jak i Południowy Kanał Obry oraz dopływ z jez. Wilcze wnoszą duże ilości zawiesiny i związków humusowych, zmniejszających jednocześnie przenikalność promieni słonecznych. W płytszych, częściowo izolowanych zatokach, w których ograniczona jest wymiana wody, przezroczystość wody jest jeszcze niższa.

Tab.13 Przezroczystość wody mierzona krążkiem Secchi'ego – jezioro Rudno

| L.p. | Nr profilu | Współrządne geograficzne (GPS) | | przezroczystość (m) |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | |
| 1 | R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 0,60 |
| 2 | R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 0,60 |
| 3 | R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 0,70 |
| 4 | R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 0,65 |
| 5 | R-5 | N 52°00'11,1" | E 15°58'59,6" | 0,70 |
| 6 | R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 0,55 |
| 7 | R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 0,55 |
| 8 | R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 0,65 |
| 9 | R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 0,65 |
| 10 | R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 0,70 |
| 11 | R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 0,70 |
| 12 | R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 0,70 |

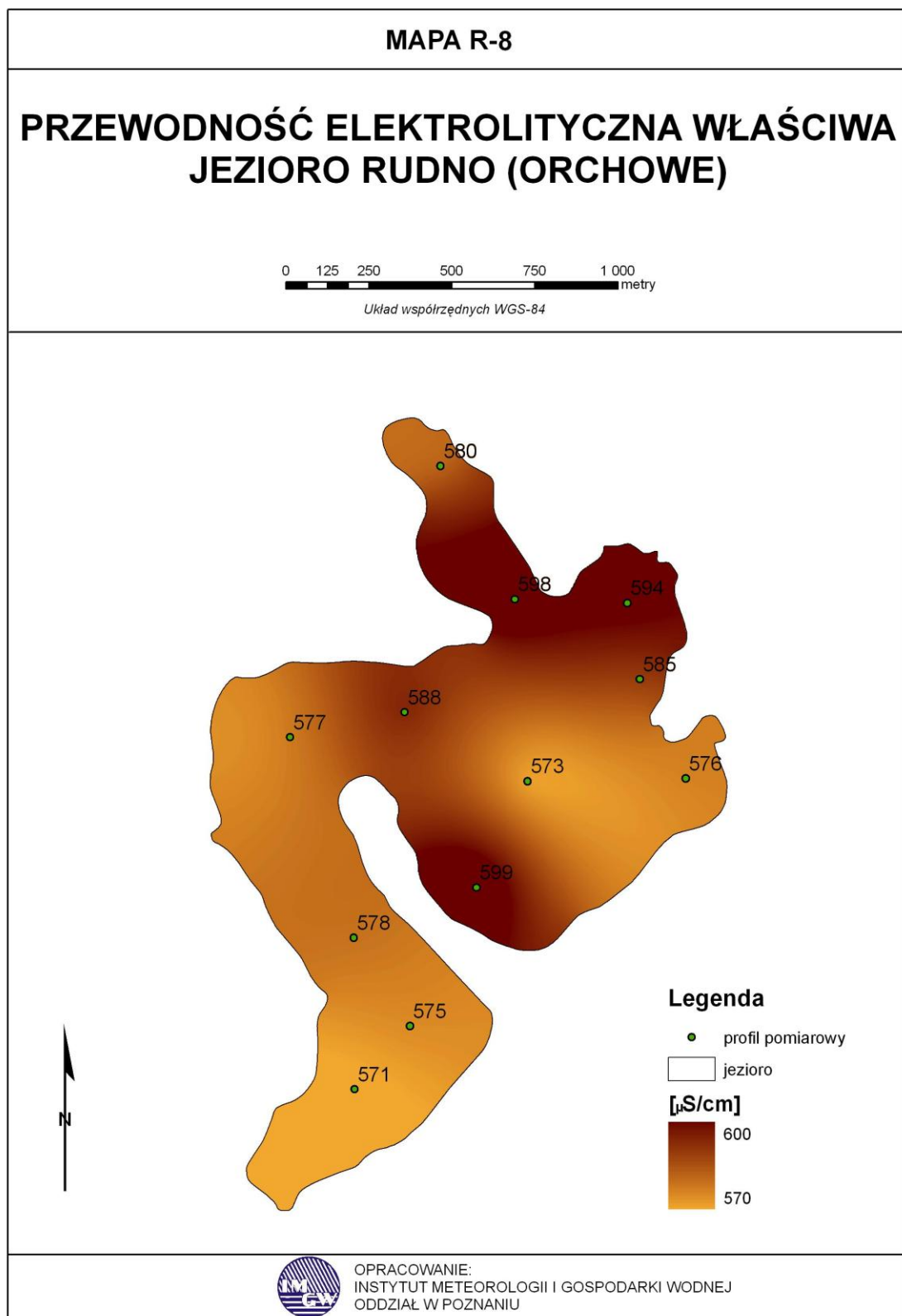


9.1.3. Przewodność

Przewodność elektrolityczna właściwa w jez. Rudno była bardzo wysoka i wahała się 571–599 $\mu\text{S}/\text{cm}$. W istotny sposób na tle całego jeziora wyróżniał się południowy oraz północno–wschodni skraj basenu głównego. We wspomnianych rejonach przewodność osiągała najwyższe wartości. Czynnikiem, sprzyjającym podwyższonej konduktywności wody, jest koncentracja zanieczyszczeń, przedostających się do zbiornika Południowym Kanałem Obry i spływem powierzchniowym ze wschodnich, zabudowanych terenów pobliskiej wsi Rudno. W miejscu najintensywniejszego mieszania wód – odnoga zachodnia, przewodność osiąga najniższe wartości (571 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Nieco wyższe wartości omawianego parametru odnotowano także w częściowo izolowanej zatoce północnej.

Tab.14 Przewodność elektrolityczna właściwa wody – jezioro Rudno

| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | przewodność ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|---|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | |
| 1 | R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 580 |
| 2 | R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 598 |
| 3 | R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 594 |
| 4 | R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 585 |
| 5 | R-5 | N 52°00'11,1" | E 15°58'59,6" | 576 |
| 6 | R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 571 |
| 7 | R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 575 |
| 8 | R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 578 |
| 9 | R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 577 |
| 10 | R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 588 |
| 11 | R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 573 |
| 12 | R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 599 |



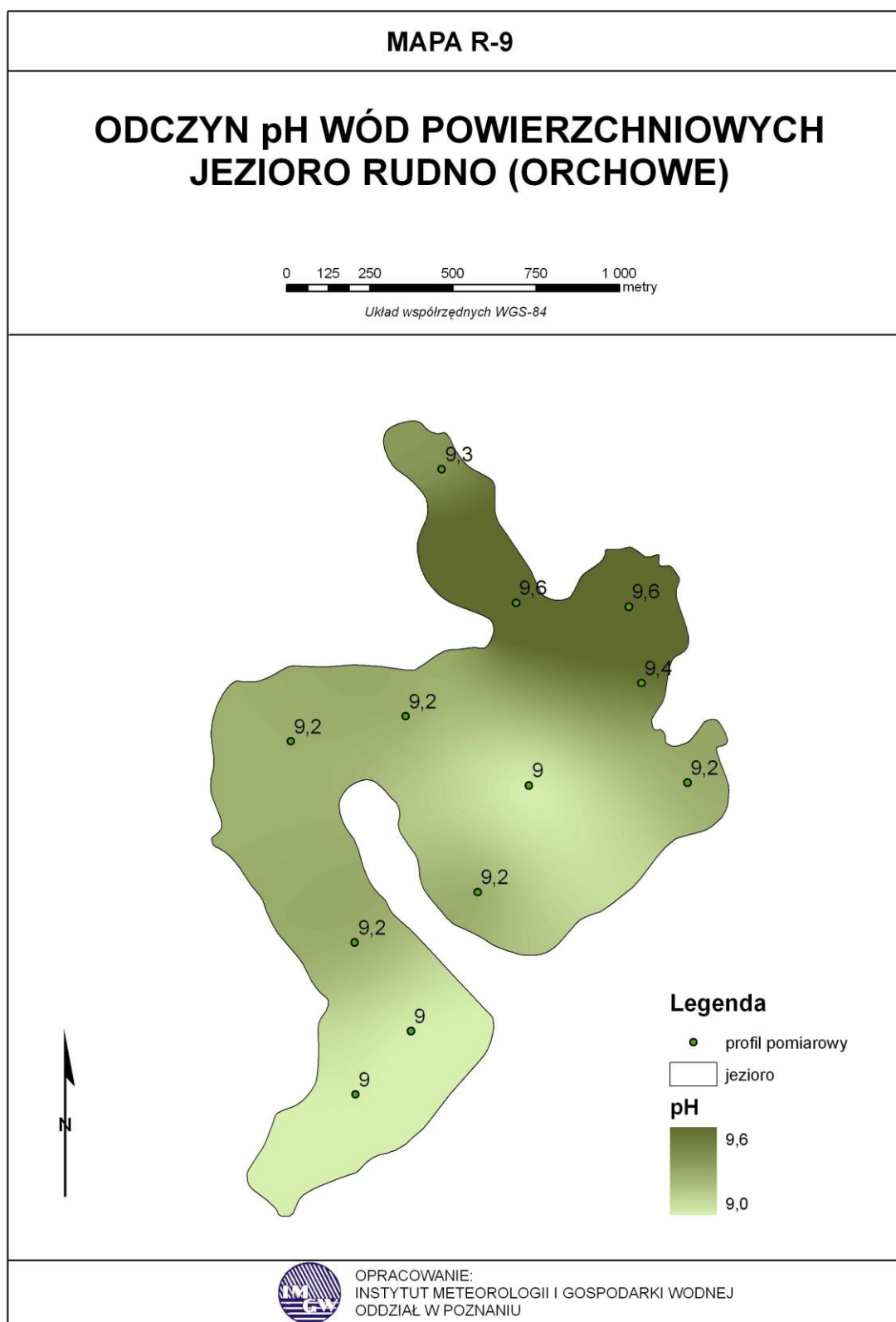
9.1.4. Odczyn wody

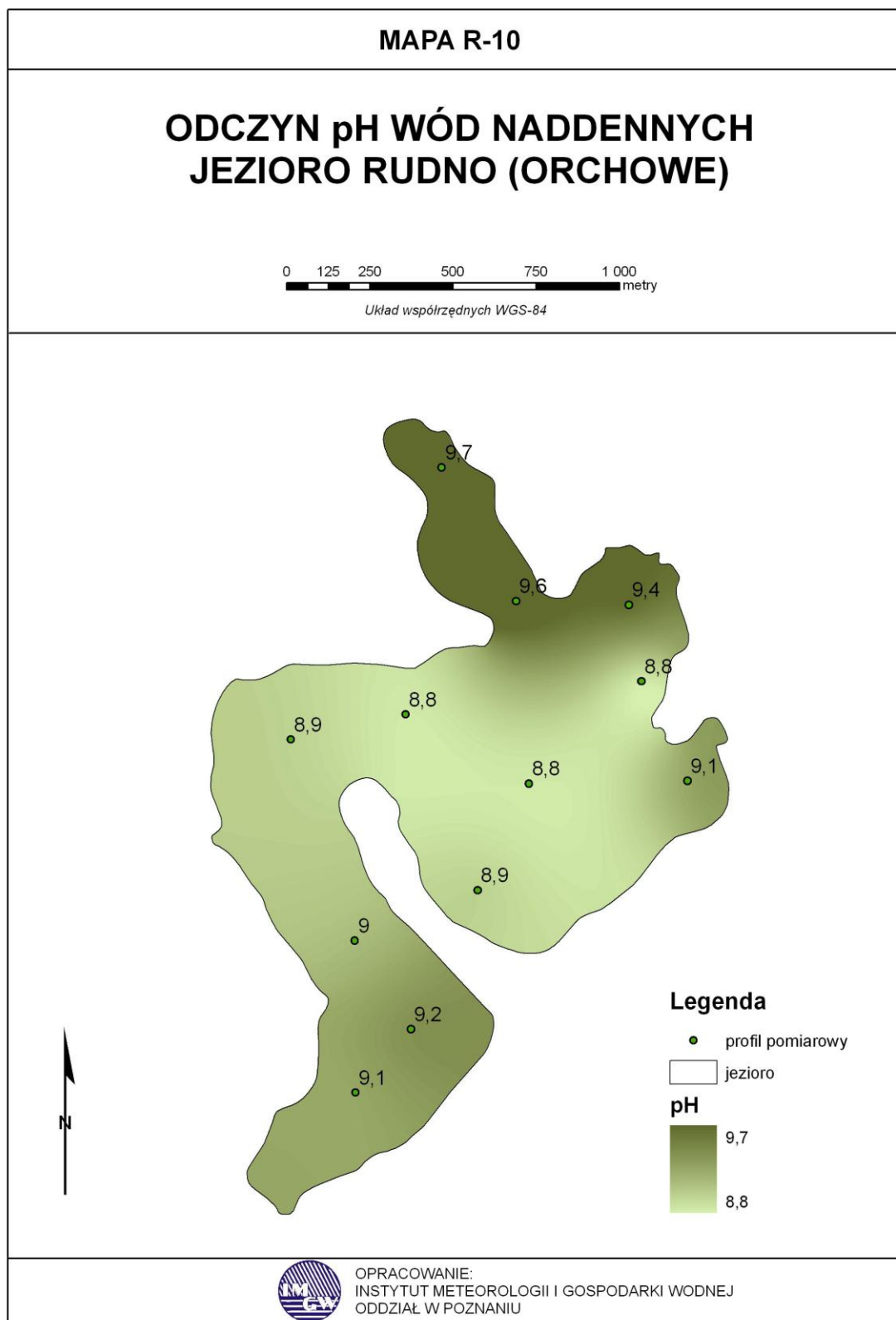
Wody powierzchniowe jez. Rudno charakteryzują się odczynem zasadowym, co świadczy o intensywnie przebiegających procesach eutrofizacyjnych. Ze względu na niewielką głębokość jeziora i rozpoczęcie okresu cyrkulacji jesiennej, zbiornik odznacza się dużą możliwością mieszania wód. Te warunki w sposób istotny determinują zmienność tego parametru. Wody powierzchniowe cechuje odczyn w granicach $\text{pH} = 9,0\text{--}9,6$. Najmniejsze zróżnicowanie i najniższe jego wartości ($\text{pH} = 9,0$) obserwuje się w odnodze zachodniej, nieco większe występuje w basenie głównym. Tutaj również zanotowano najwyższe wartości pH , równe 9,6.

W przypadku wód naddennych widoczna jest w rozkładzie przestrzennym nieco większa zmienność omawianego parametru. Najsilniej zasadowy odczyn wód pH równy 9,7 zmierzono w północnej odnodze jeziora. Podobne wartości pH stwierdzono również w północnych rejonach basenu głównego. Na tle całego analizowanego jeziora wyróżnia się centralna część basenu głównego, w której wody warstwy przydennej charakteryzują się pH równym 8,8, co wynika z bezpośredniego oddziaływania na nie osadów dennych. Najmniejsze różnice w odczynie pH pomiędzy warstwą powierzchniową i przydenną stwierdzono w odnodze zachodniej – w miejscu intensywnego przepływu i mieszania się wód.

Tab.15 Odczyn pH wody – jezioro Rudno

| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | głębokość (m) | ph | |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | | przy pow. | przy dnie |
| 1 | R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 1,6 | 9,3 | 9,7 |
| 2 | R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 2,8 | 9,6 | 9,6 |
| 3 | R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 4,4 | 9,6 | 9,4 |
| 4 | R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 8,5 | 9,4 | 8,8 |
| 5 | R-5 | N 52°00'11,1" | E 15°58'59,6" | 1,7 | 9,2 | 9,1 |
| 6 | R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 2,5 | 9,0 | 9,1 |
| 7 | R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 4,5 | 9,0 | 9,2 |
| 8 | R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 4,3 | 9,2 | 9,0 |
| 9 | R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 3,8 | 9,2 | 8,9 |
| 10 | R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 4,6 | 9,2 | 8,8 |
| 11 | R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 5,7 | 9,0 | 8,8 |
| 12 | R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 3,6 | 9,2 | 8,9 |





9.1.5. Potencjał oksydo-redukcyjny REDOX

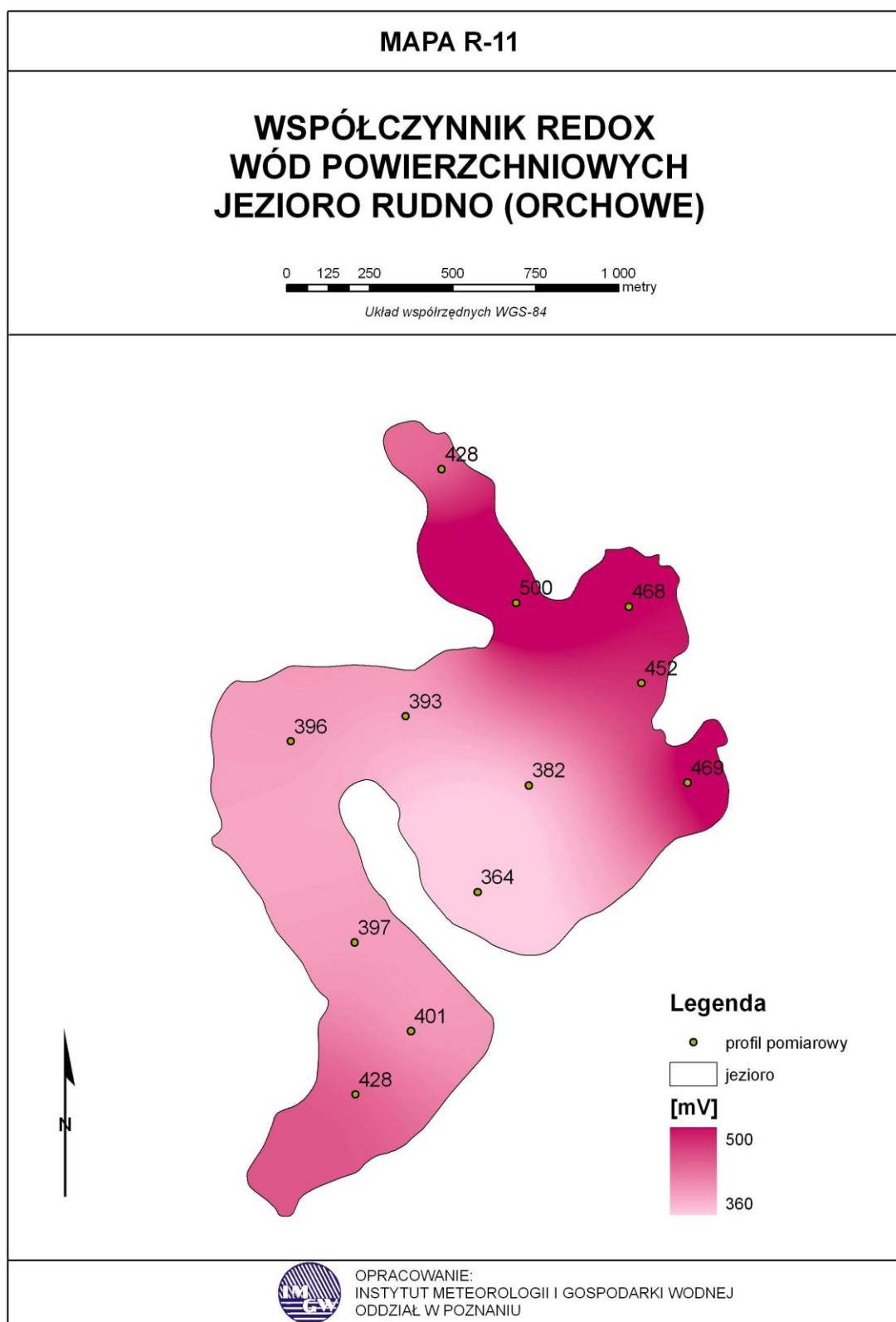
Wartości potencjału redox są uzależnione od wielu czynników, mogą się wahać m.in. w zależności od zmian zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie, odczynu pH oraz działalności mikroorganizmów (bakterie).

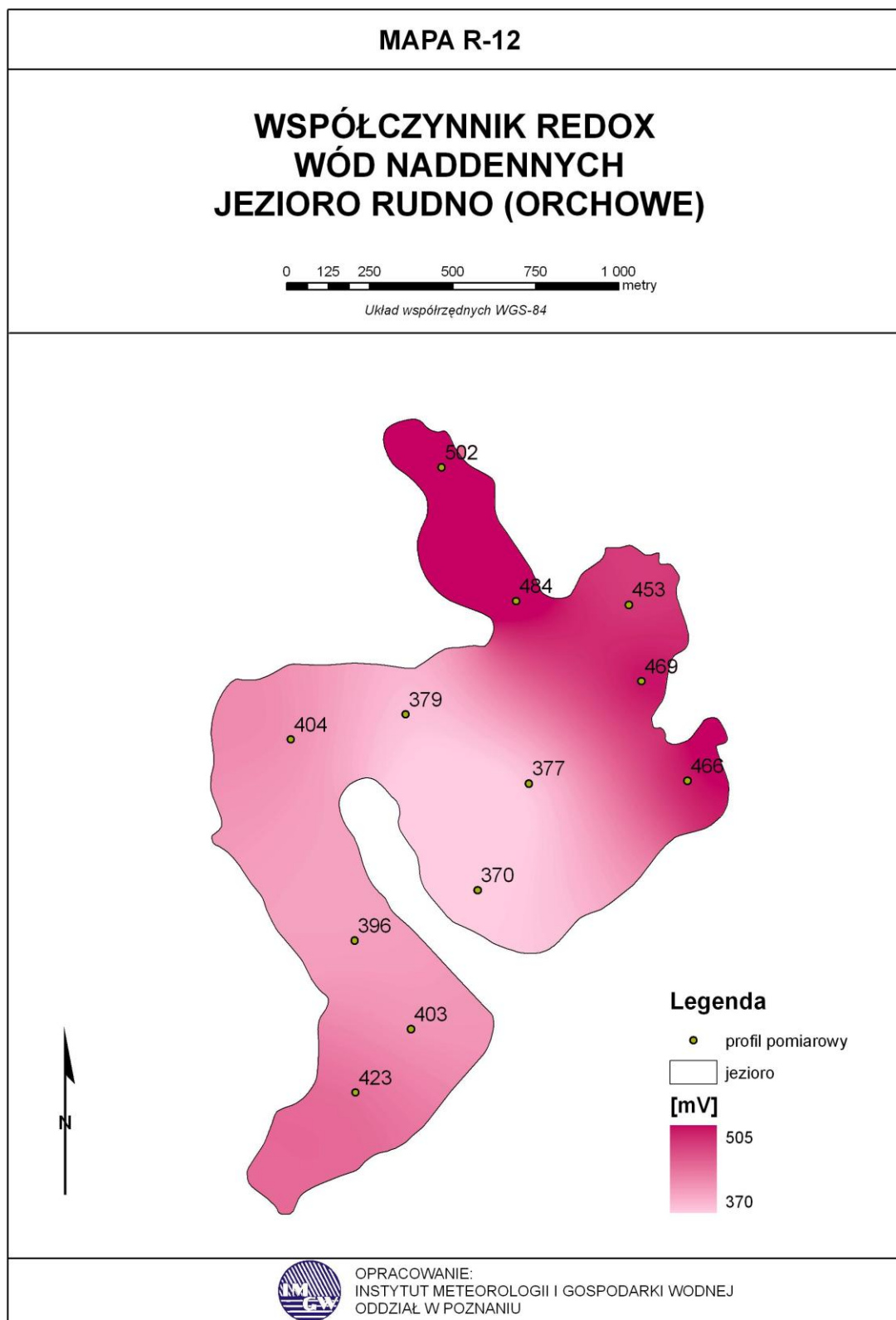
W przypadku jeziora Rudno największe zmierzone i zweryfikowane względem standardowej elektrody wartości współczynnika odnotowano w profilu R-2 (500 $\mu\text{S/cm}$) dla wody powierzchniowej i R-1 (502 $\mu\text{S/cm}$) dla wody naddennej, najniższe w profilu R-12 (364 $\mu\text{S/cm}$ w wodzie powierzchniowej i 370 $\mu\text{S/cm}$ w wodzie naddennej), co znajduje również odzwierciedlenie w rozkładzie przestrzennym wartości współczynnika rH (współczynnik oksydo-redukcyjny skorelowany z wartością odczynu pH i wyrażony przy pomocy skali Clarka). Zmienność przestrzenna rH jest stosunkowo niewielka i tak dla powierzchniowej warstwy wody wyniki zawierają się w przedziale od 31 do 36, dla warstwy naddanej natomiast od 30 do 36.

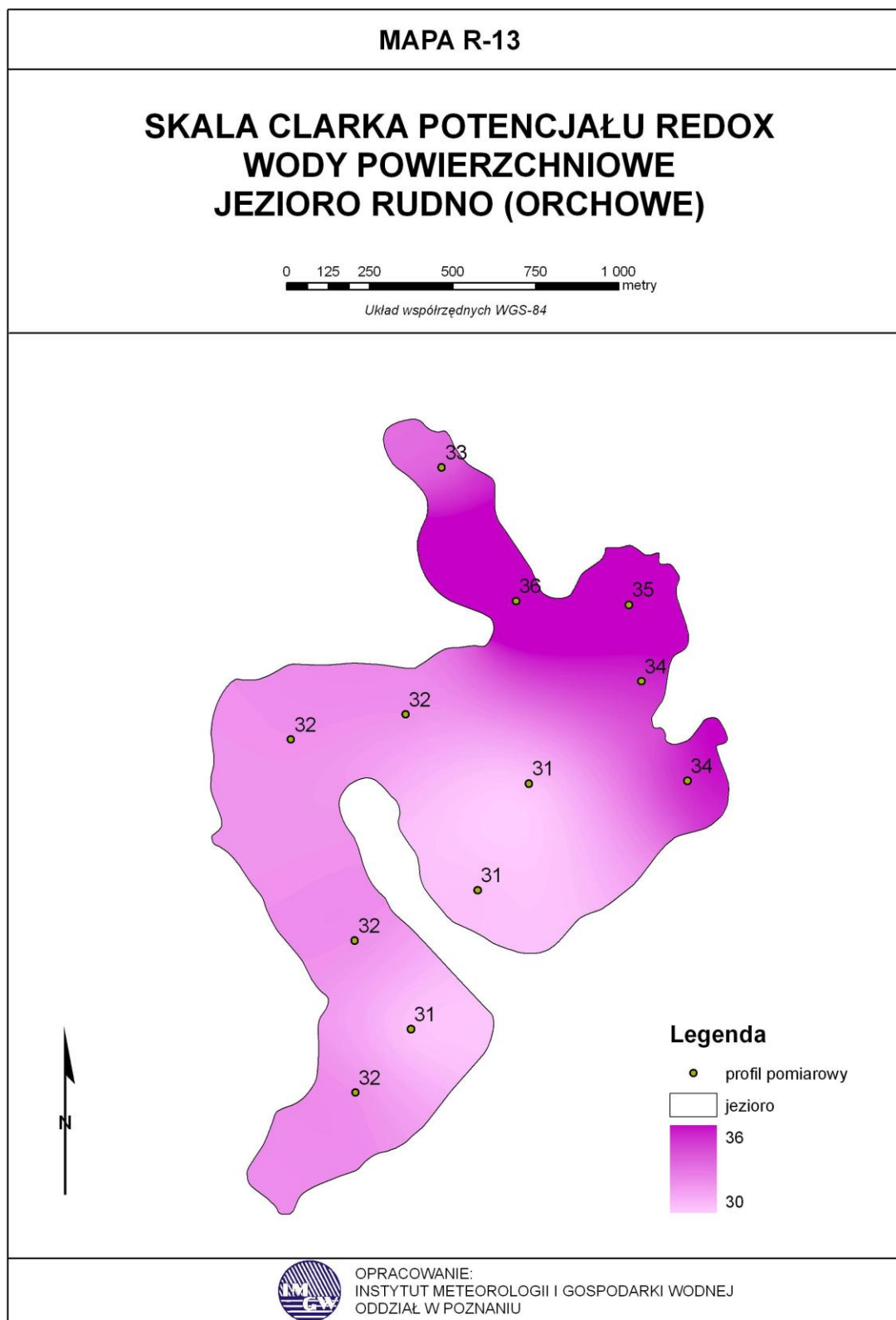
Uzyskane wyniki wskazują na utleniający charakter środowiska wodnego jeziora, co sprzyja samooczyszczaniu się jego wód. Jest to istotne zwłaszcza w kontekście podjęcia potencjalnych działań rekultywacyjnych.

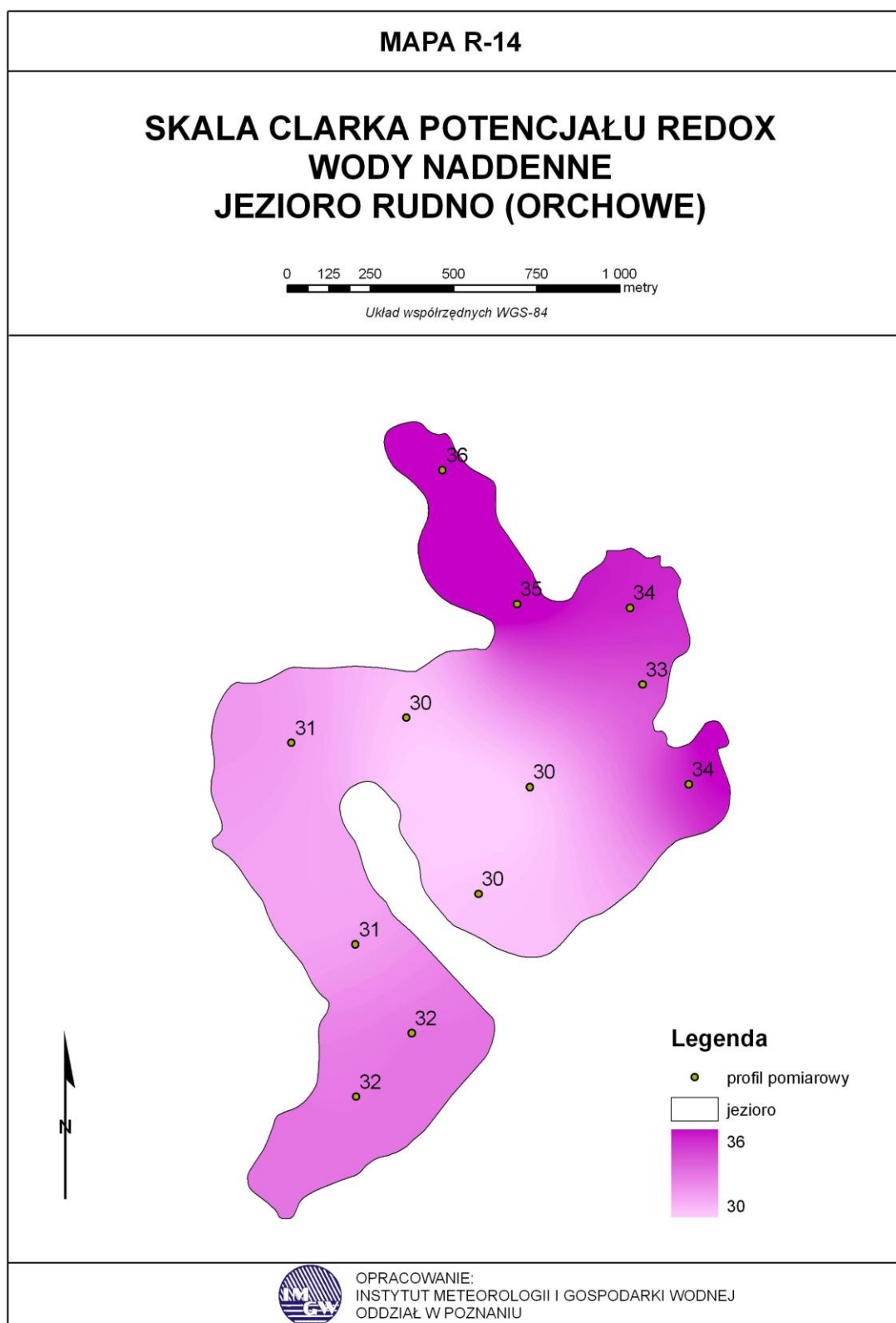
Tab.16 Potencjał REDOX – jezioro Rudno

| L.p. | Nr profilu | Współrzedne geograficzne (GPS) | | REDOX zmierzony (mV) | | REDOX (wzgl. stand. elektrody) | | Skala CLARKA potencjału REDOX | |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | przy pow. | przy dnie | przy pow. | przy dnie | przy pow. | przy dnie |
| 1 | R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 212 | 286 | 428 | 502 | 33 | 36 |
| 2 | R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 284 | 268 | 500 | 484 | 36 | 35 |
| 3 | R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 252 | 237 | 468 | 453 | 35 | 34 |
| 4 | R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 236 | 252 | 452 | 469 | 34 | 33 |
| 5 | R-5 | N 52°00'11,1" | E 15°58'59,6" | 253 | 250 | 469 | 466 | 34 | 34 |
| 6 | R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 212 | 207 | 428 | 423 | 32 | 32 |
| 7 | R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 185 | 187 | 401 | 403 | 31 | 32 |
| 8 | R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 181 | 179 | 397 | 396 | 32 | 31 |
| 9 | R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 180 | 188 | 396 | 404 | 32 | 31 |
| 10 | R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 177 | 162 | 393 | 379 | 31 | 30 |
| 11 | R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 166 | 160 | 382 | 377 | 31 | 30 |
| 12 | R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 148 | 154 | 364 | 370 | 31 | 30 |









9.1.6. Zawartość azotu i fosforu

9.1.6.1. Wody jeziora

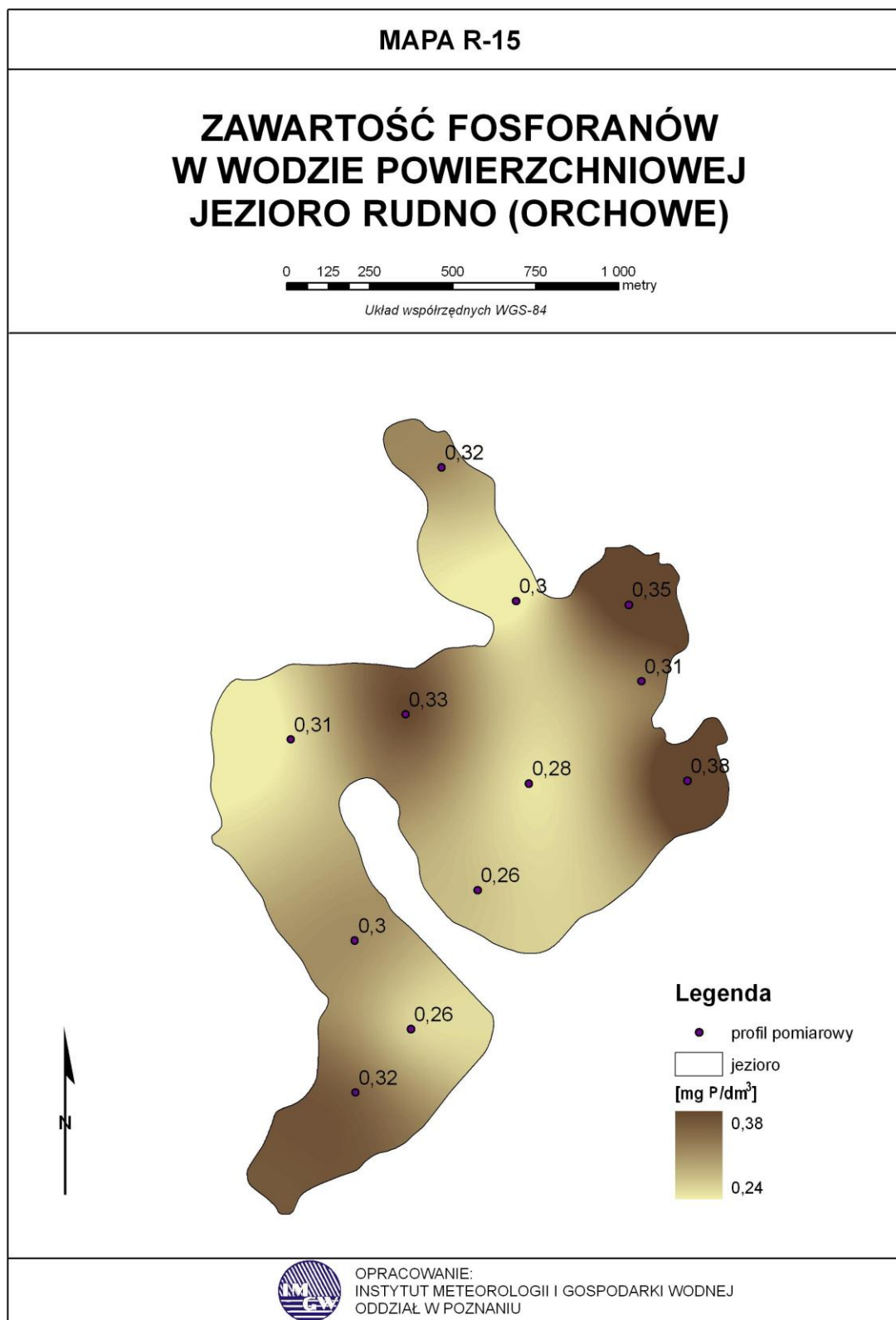
Zawartość fosforu całkowitego, będącego w znacznej mierze odzwierciedleniem ilości fosforanów, wahała się w wodach powierzchniowych jez. Rudno w przedziale 0,29-0,45 mg/dm³. W obrębie zbiornika wyróżnić można kilka rejonów o podwyższonej zawartości fosforu w wodzie. Najwyższe jego stężenie odnotowane zostało w zatokach, położonych we wschodniej części basenu głównego. Przekroczyło ono tam 0,45 mg/dm³. Zwiększoną zawartość badanego pierwiastka (>0,35 mg/dm³) odnotowano ponadto przy północnym brzegu przewężenia, rozgraniczającego basen główny od części zachodniej; w południowej części odnogi wschodniej, do której wpływa Obrzyca oraz w pobliżu ujścia do Rudna Dopływu z jez. Wilcze. Najniższe stężenia fosforu, oscylujące w granicach 0,29-0,32 mg/dm³, stwierdzono w centralnej i południowej części basenu głównego oraz na północy odnogi wschodniej i w pobliżu miejscowości Jesionka. Podobny układ zaobserwować można dla warstwy naddennej wody.

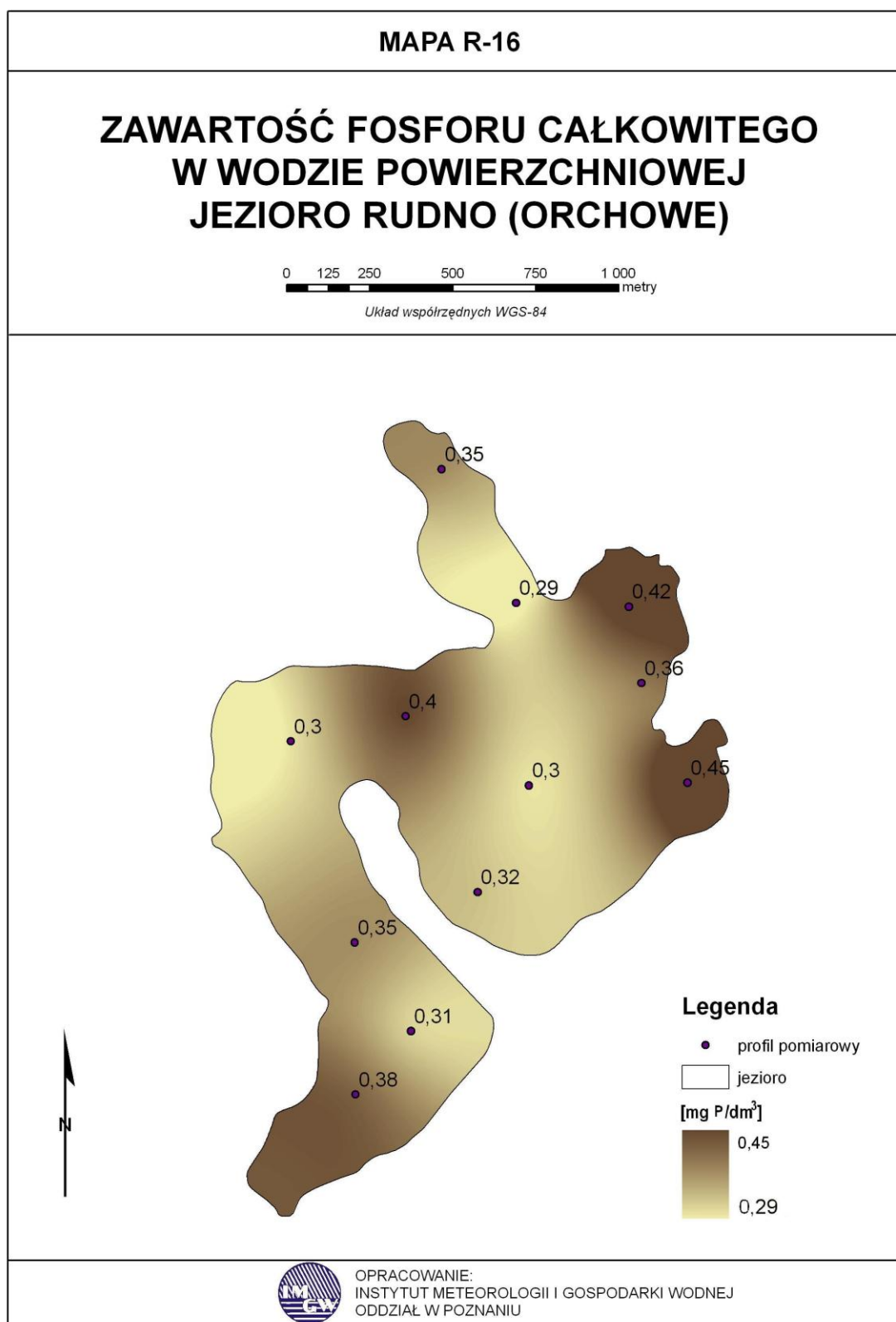
Ilość azotu całkowitego w wodach powierzchniowych jez. Rudno mieściła się w granicach 1,71-2,31 mg/dm³. Najwyższa kondensacja mierzonego parametru miała miejsce we wschodniej części basenu głównego (2,31 mg/dm³) oraz w pobliżu miejscowości Jesionka (2,21 mg/dm³). Podwyższone wartości azotu stwierdzono również w odnodze północnej i po zachodniej stronie jeziora, leżącej na północ od miejsca, w którym Obrzyca wypływa z Rudna. Niższe stężenie azotu całkowitego zmierzono natomiast w części północnej i wschodniej basenu głównego oraz w odnodze wschodniej, w obrębie obszaru pozostającego pod wpływem nurtu Obrzycy. Zawartość azotanów w powierzchniowej warstwie wody jez. Rudno była bardzo wyrównana i prawie w całym akwenie osiągała wartości nieprzekraczające 0,01 mg/dm³. Tylko w bezpośrednim sąsiedztwie ujścia Południowego Kanału Obrzy stężenie azotanów osiągnęło 0,02 mg/dm³. Rozkład przestrzenny stężenia azotu mineralnego i amonowego był natomiast bardzo zbliżony i w obydwu przypadkach największe jego ilości stwierdzono w centralnej części basenu głównego, gdzie odpowiednio wynosiło ono 0,11 mg/dm³ i 0,1 mg/dm³. Na pozostałym obszarze jeziora substancje te oscylowały w pobliżu wartości 0,05 mg/dm³. W warstwie przydennej rozkład azotu i jego pochodnych wyglądał prawie identycznie jak przy powierzchni z tą różnicą, że mierzone parametry osiągały wartości wyższe od powierzchniowych o kilka do kilkudziesięciu µg/dm³.

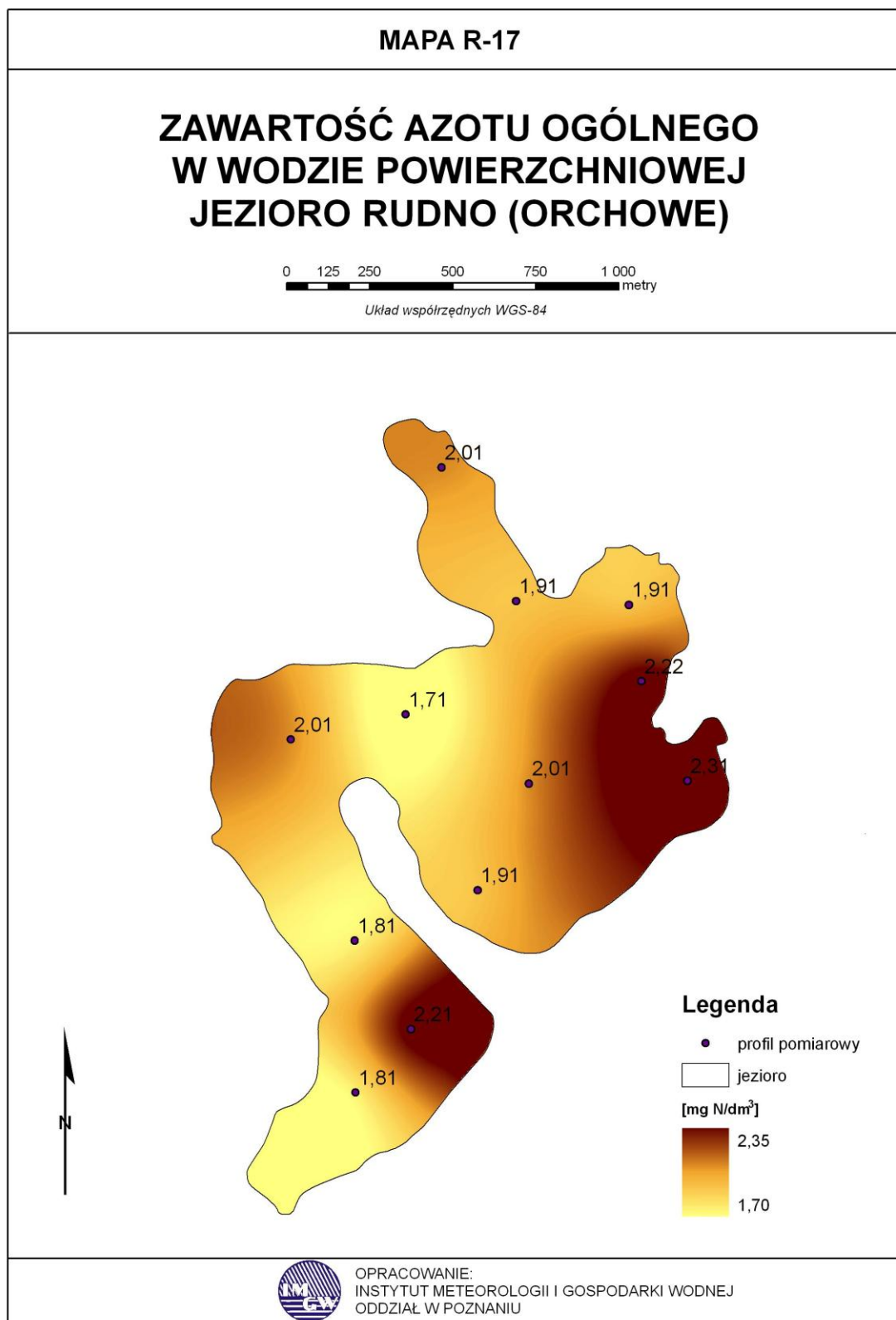
Na zmienność w rozkładzie przestrzennym związków azotu i fosforu, tak jak przy innych badanych parametrach, dominujący wpływ mają wody dopływów oraz spływ powierzchniowy z pól i terenów zabudowanych. Dodatkowym czynnikiem, warunkującym rozkład stężenia azotu i jego pochodnych ma również kształt i głębokość misy jeziornej, a co za tym idzie ograniczenie możliwości mieszania się wód z poszczególnych części jeziora.

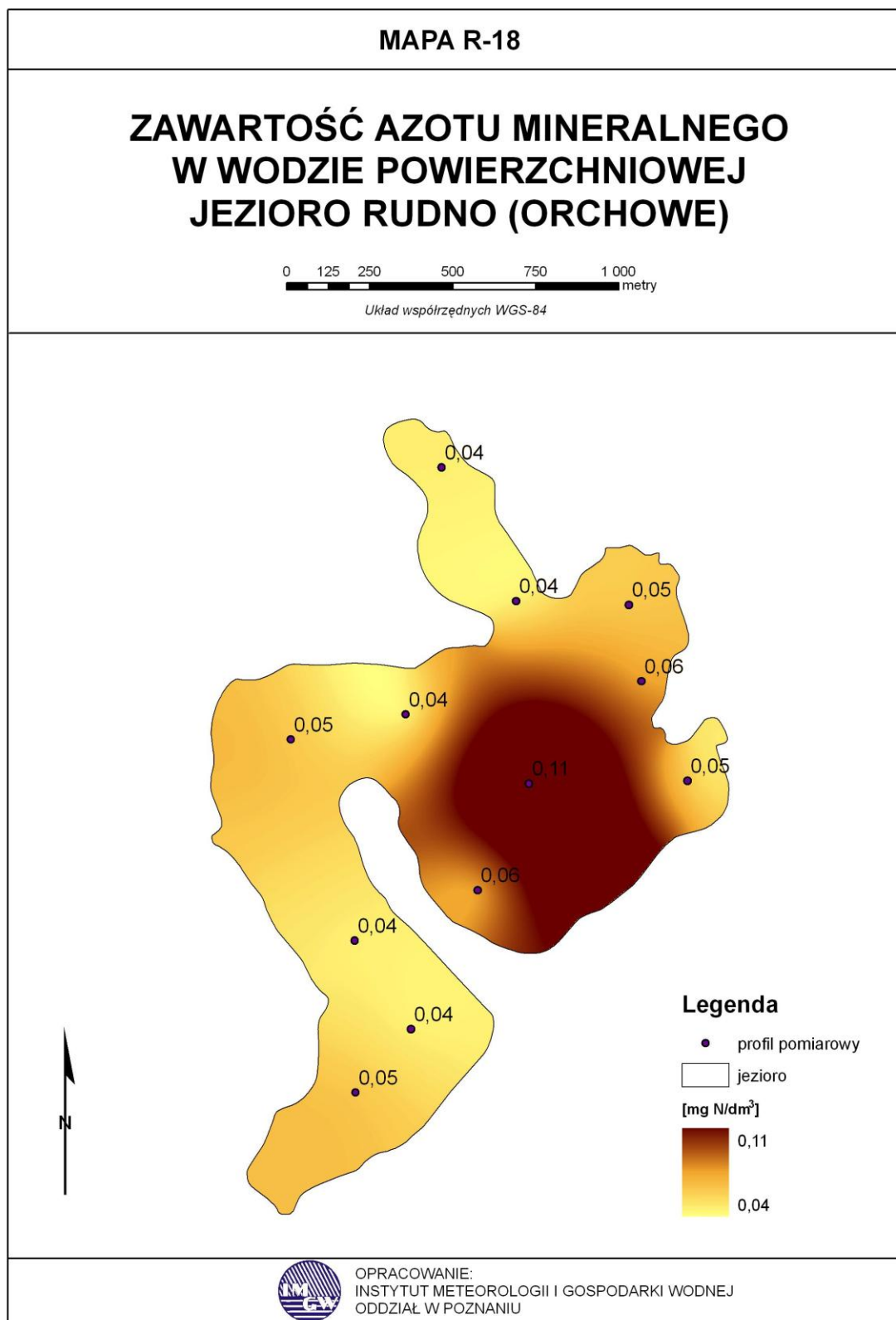
Tab.17 Związki azotu i fosforu w wodach jeziora Rudno

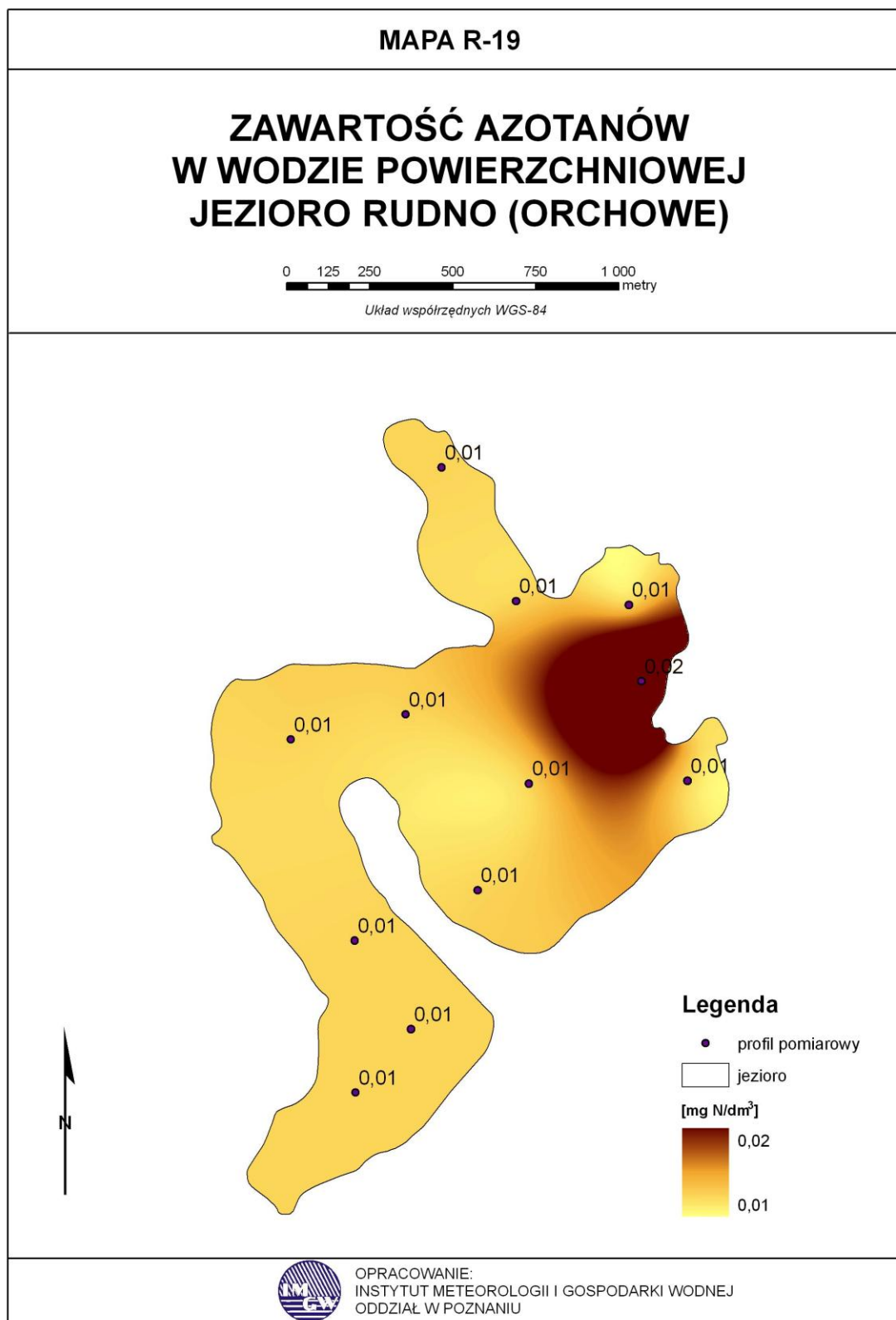
| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | Fosforany | Fosfor całkowity | Azot ogólny | Azot mineralny | Azotany | Azot amonowy |
|-----------------------------|------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------|---------|--------------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | mg P/dm ³ | mg N/dm ³ | | | | |
| POWIERZCHNIOWA WARSTWA WODY | | | | | | | | | |
| 1 | R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 0,30 | 0,35 | 2,01 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 2 | R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 0,25 | 0,29 | 1,91 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 3 | R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 0,32 | 0,42 | 1,91 | 0,05 | 0,01 | 0,04 |
| 4 | R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 0,30 | 0,36 | 2,22 | 0,06 | 0,02 | 0,06 |
| 5 | R-5 | N 52°00'11,1" | E 15°58'59,6" | 0,38 | 0,45 | 2,31 | 0,05 | 0,01 | 0,04 |
| 6 | R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 0,30 | 0,38 | 1,81 | 0,05 | 0,01 | 0,04 |
| 7 | R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 0,26 | 0,31 | 2,21 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 8 | R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 0,30 | 0,35 | 1,81 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 9 | R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 0,25 | 0,30 | 2,01 | 0,05 | 0,01 | 0,04 |
| 10 | R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 0,32 | 0,40 | 1,71 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 11 | R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 0,24 | 0,30 | 2,01 | 0,11 | 0,01 | 0,10 |
| 12 | R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 0,26 | 0,32 | 1,91 | 0,06 | 0,01 | 0,05 |
| NADDENNA WARSTWA WODY | | | | | | | | | |
| 1 | R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 0,32 | 0,40 | 2,41 | 0,06 | 0,01 | 0,05 |
| 2 | R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 0,30 | 0,35 | 2,22 | 0,06 | 0,02 | 0,04 |
| 3 | R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 0,35 | 0,50 | 2,11 | 0,05 | 0,01 | 0,04 |
| 4 | R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 0,31 | 0,40 | 2,84 | 0,23 | 0,04 | 0,19 |
| 5 | R-5 | N 52°00'11,1" | E 15°58'59,6" | 0,38 | 0,48 | 2,61 | 0,07 | 0,01 | 0,06 |
| 6 | R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 0,32 | 0,42 | 2,22 | 0,06 | 0,02 | 0,04 |
| 7 | R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 0,26 | 0,35 | 2,32 | 0,06 | 0,02 | 0,04 |
| 8 | R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 0,30 | 0,36 | 2,21 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 9 | R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 0,31 | 0,38 | 2,51 | 0,07 | 0,01 | 0,06 |
| 10 | R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 0,33 | 0,40 | 2,21 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 11 | R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 0,28 | 0,35 | 2,71 | 0,15 | 0,01 | 0,14 |
| 12 | R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 0,26 | 0,40 | 2,42 | 0,07 | 0,02 | 0,05 |

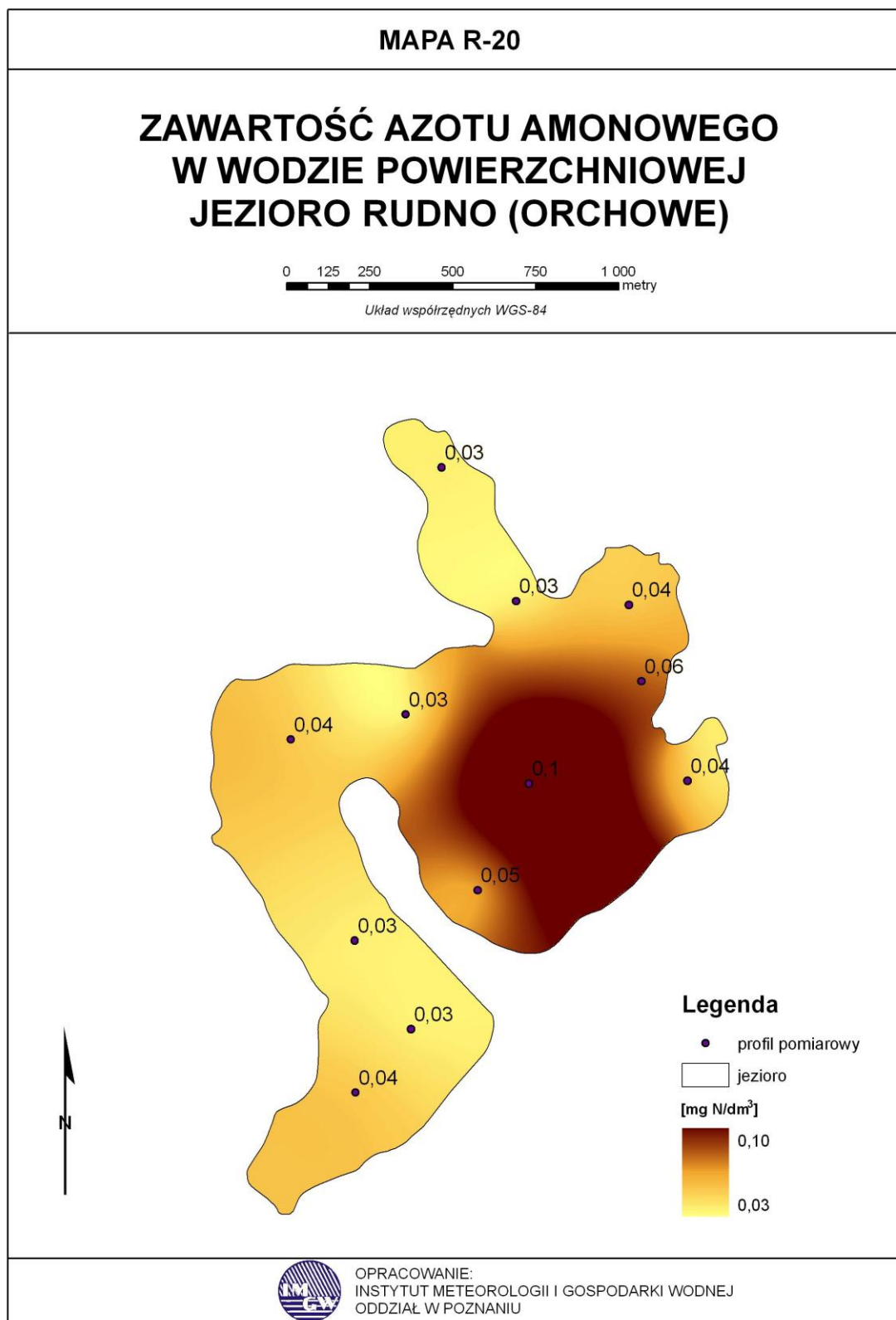


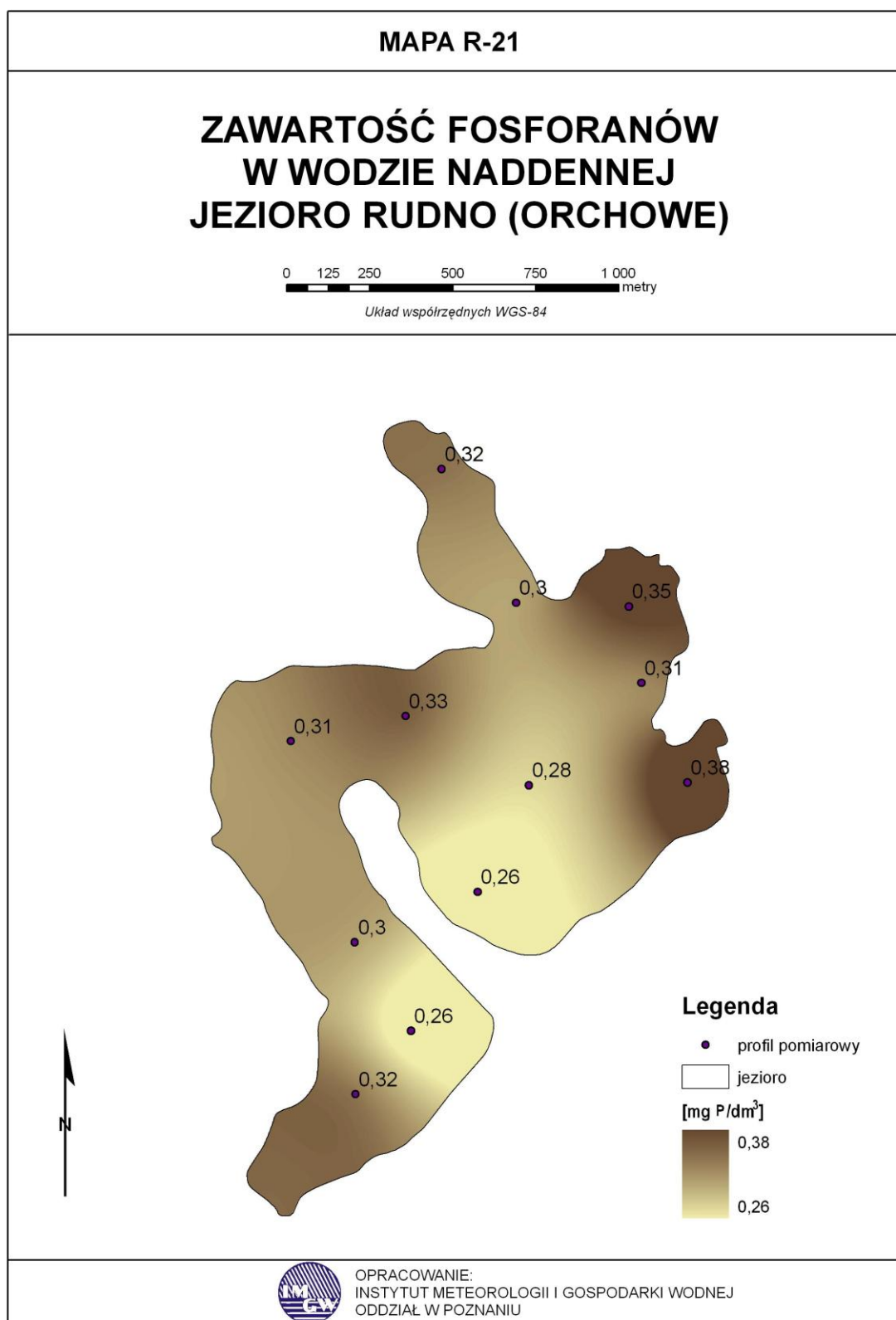










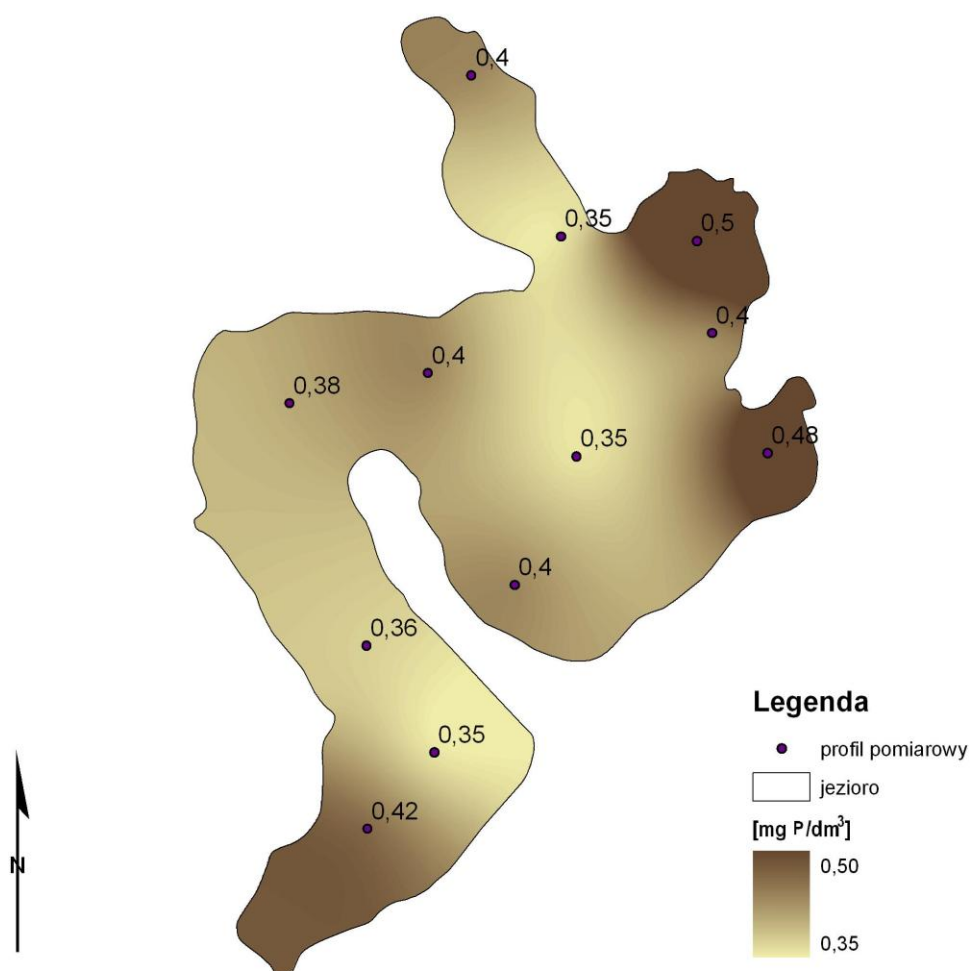


MAPA R-22

ZAWARTOŚĆ FOSFORU CAŁKOWITEGO W WODZIE NADDENNEJ JEZIORO RUDNO (ORCHOWE)

0 125 250 500 750 1 000 metry

Układ współrzędnych WGS-84



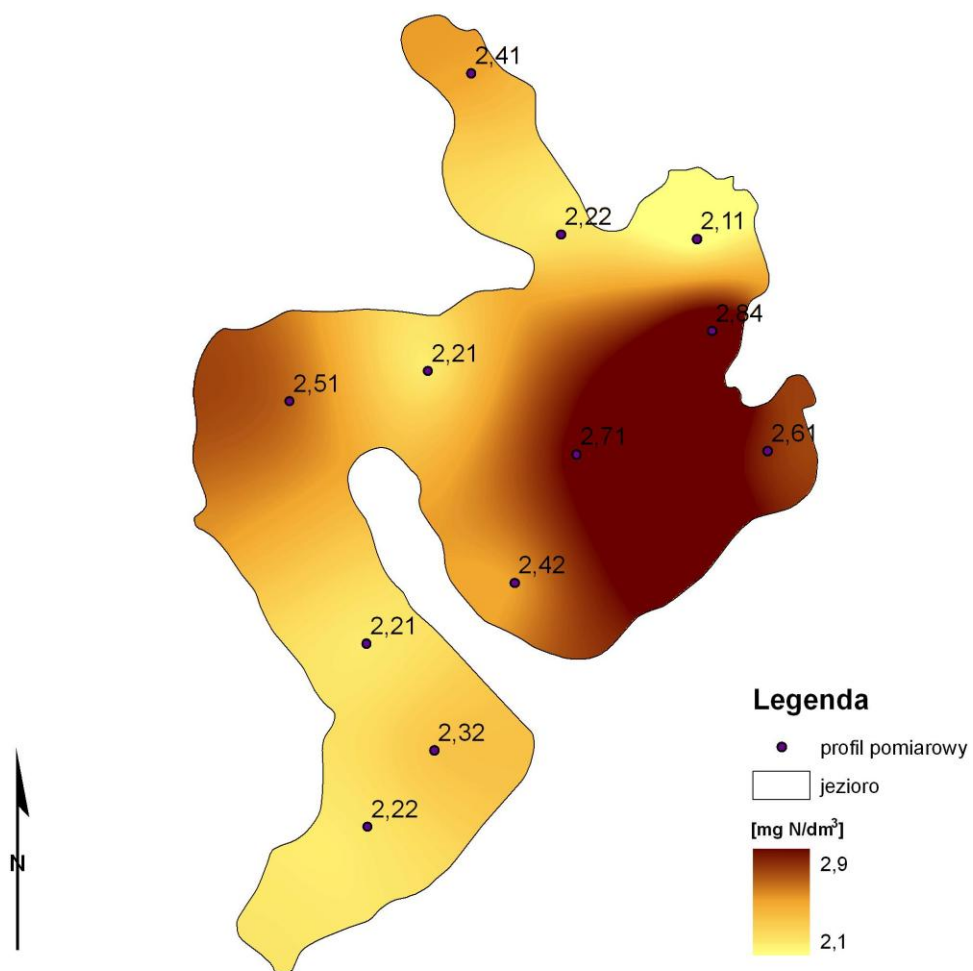
OPRACOWANIE:
INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
ODDZIAŁ W POZNANIU

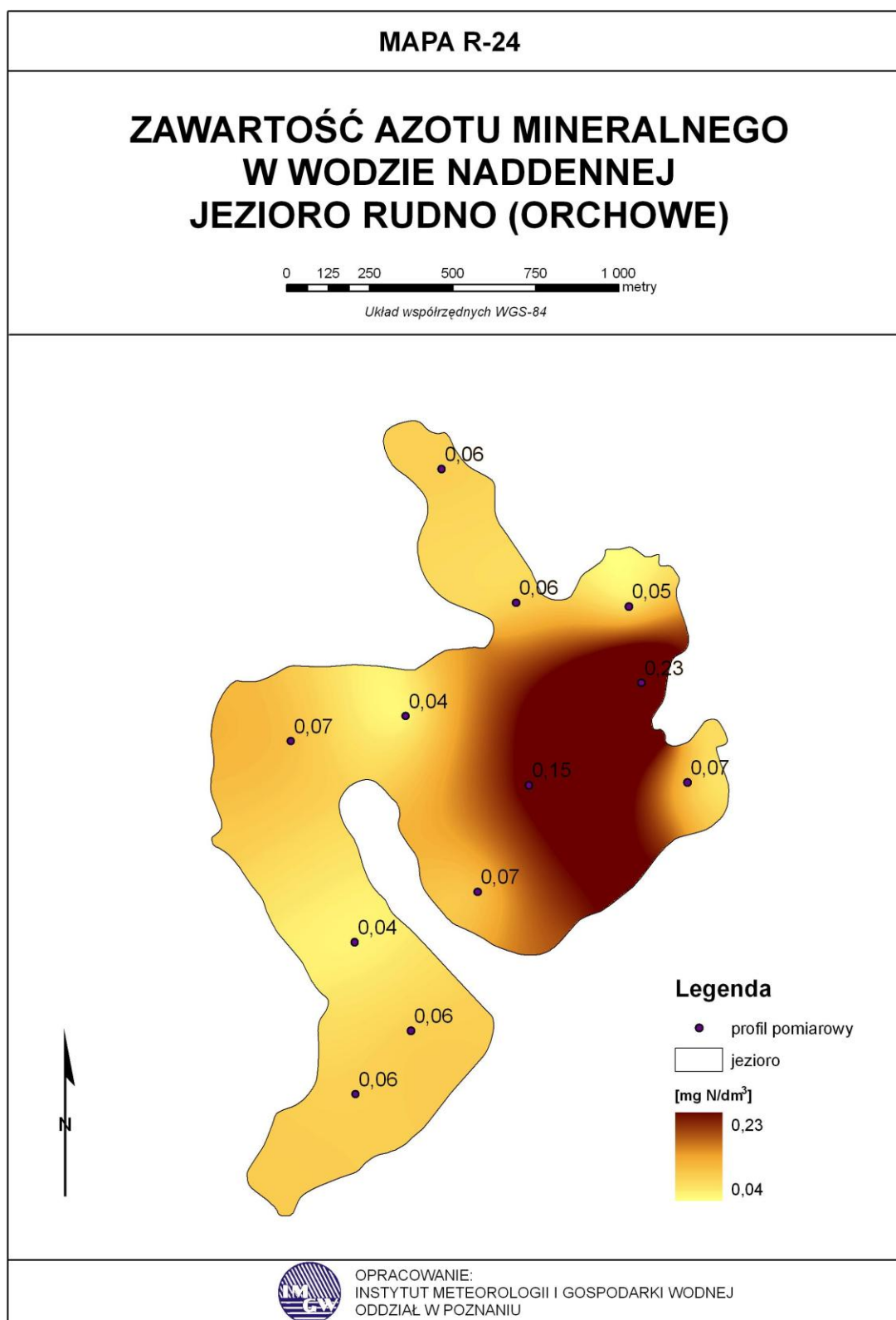
MAPA R-23

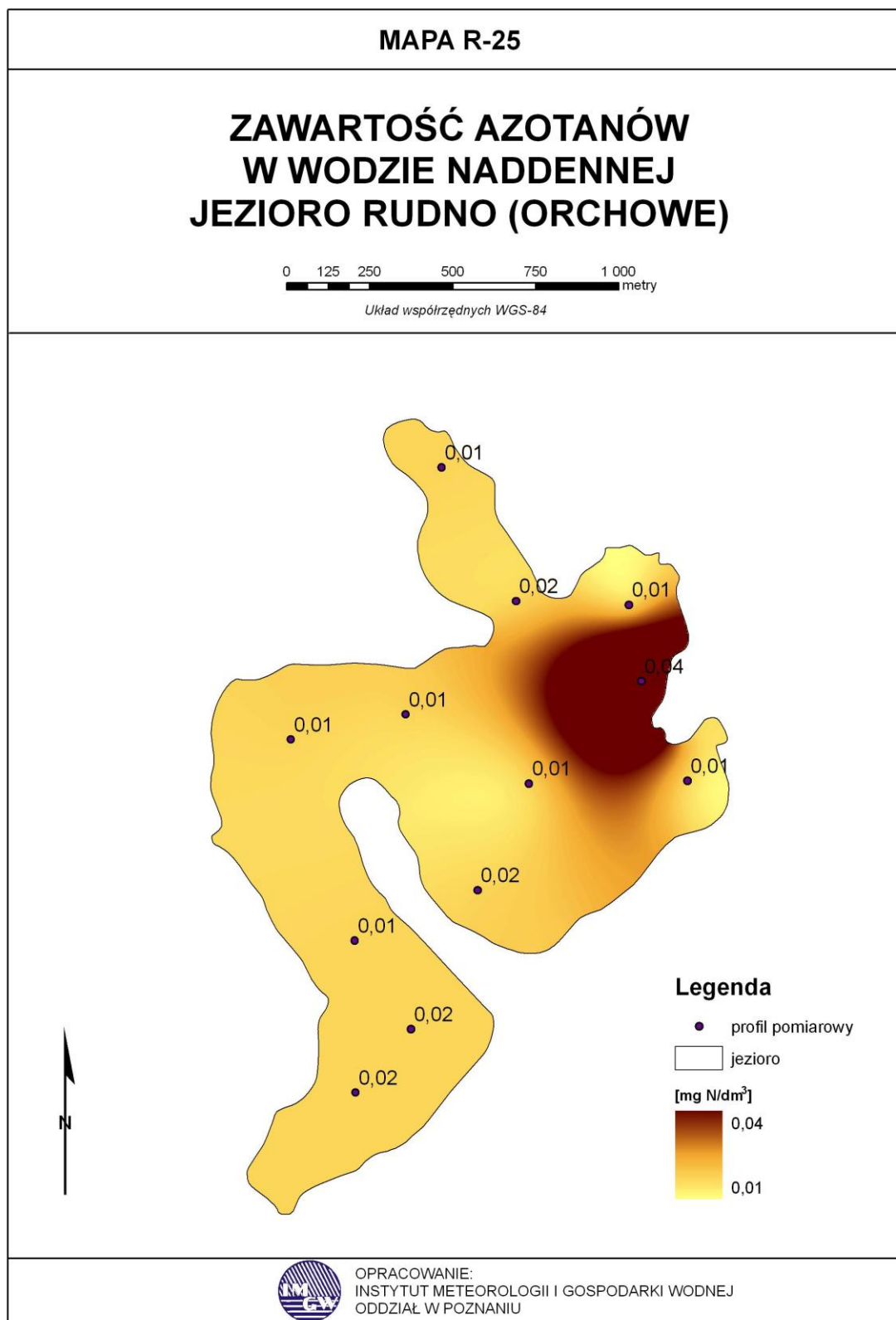
**ZAWARTOŚĆ AZOTU OGÓLNEGO
W WODZIE NADDENNEJ
JEZIORO RUDNO (ORCHOWE)**

0 125 250 500 750 1 000 metry

Układ współrzędnych WGS-84

OPRACOWANIE:
INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
ODDZIAŁ W POZNANIU



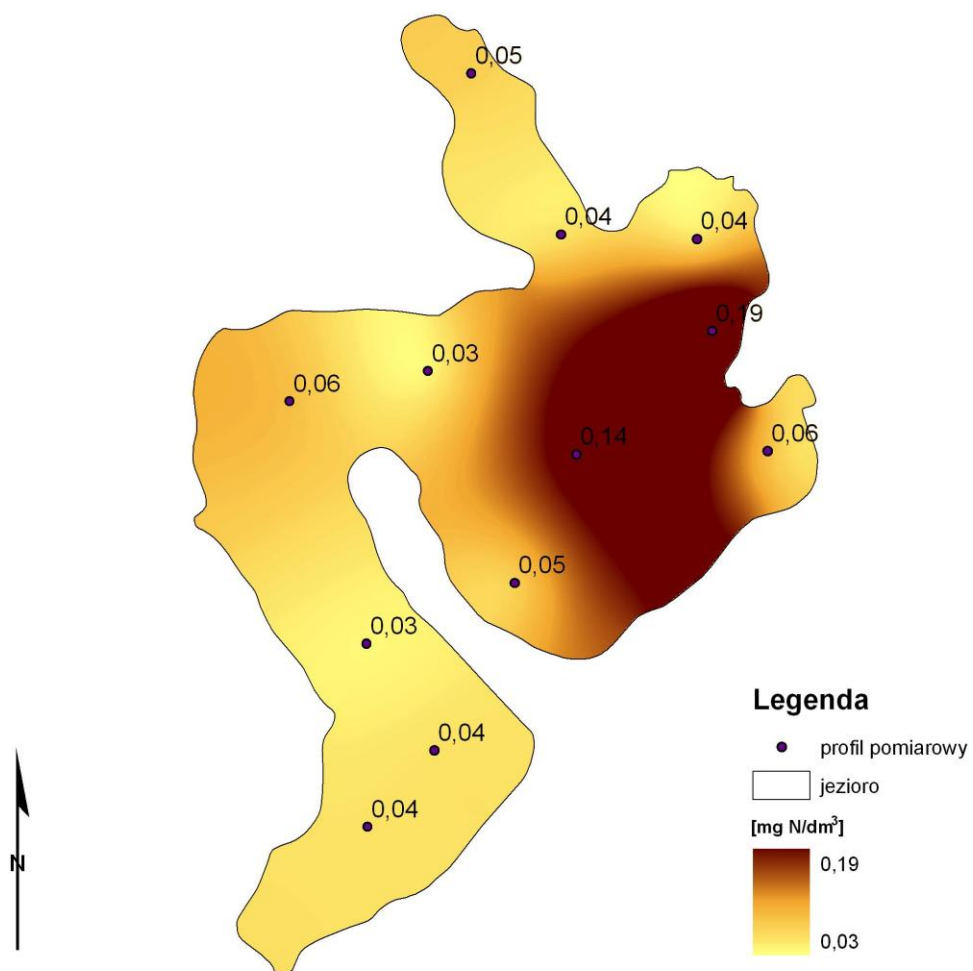


MAPA R-26

ZAWARTOŚĆ AZOTU AMONOWEGO W WODZIE NADDENNEJ JEZIORO RUDNO (ORCHOWE)

0 125 250 500 750 1 000 metry

Układ współrzędnych WGS-84



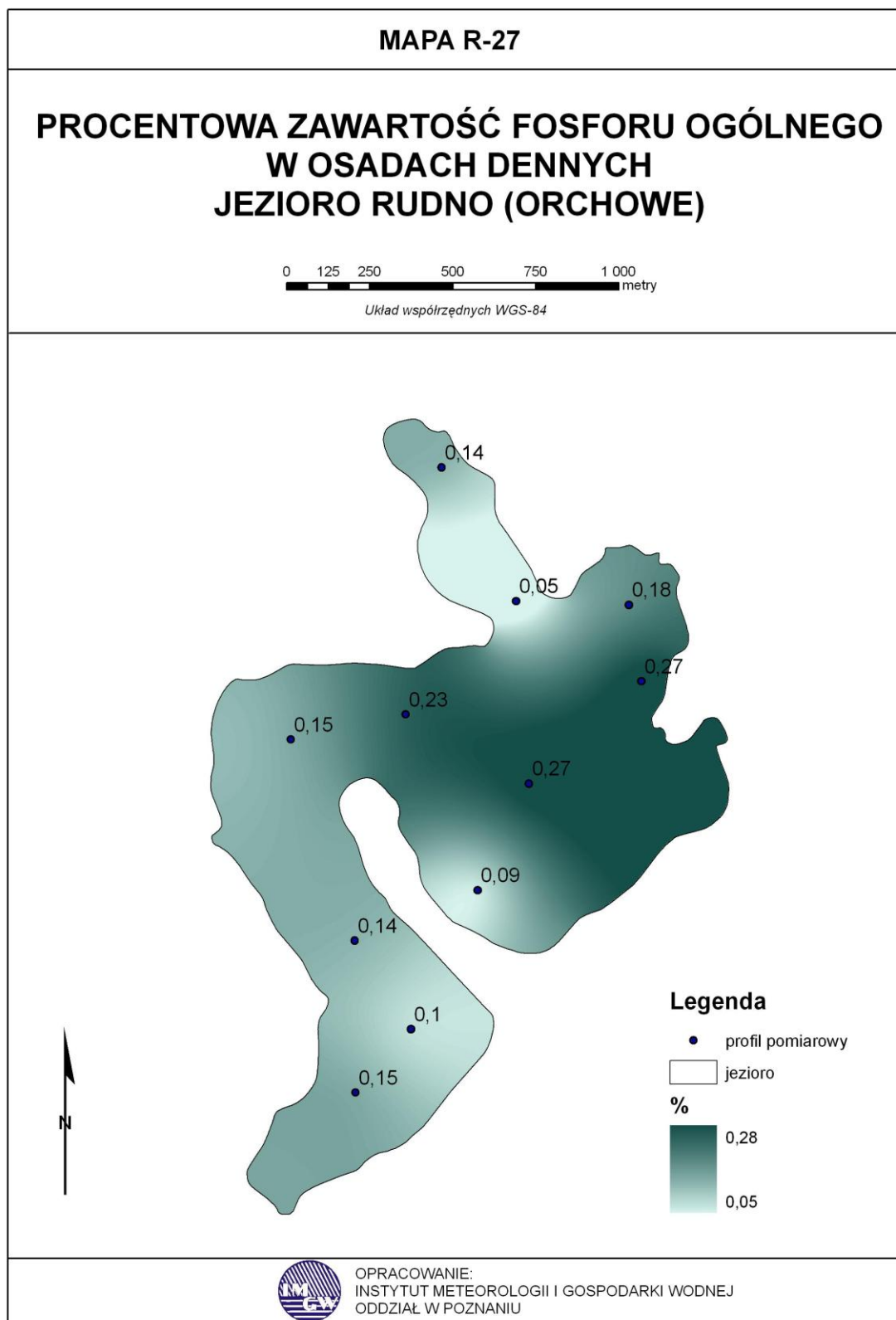
OPRACOWANIE:
INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
ODDZIAŁ W POZNANIU

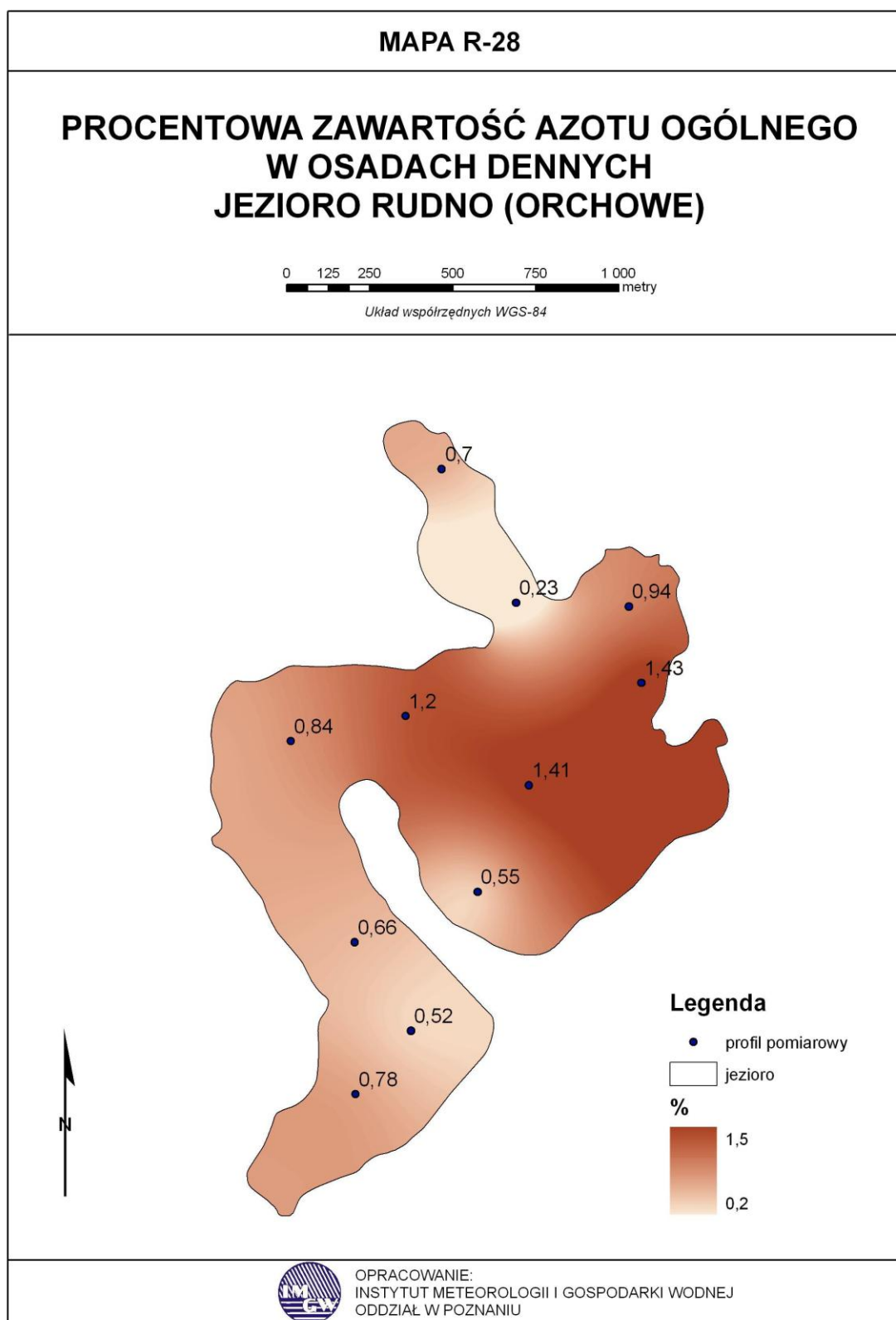
9.1.6.2. Osady dennie

W trakcie badań pobrano 11 prób osadów z j. Rudno oraz 7 prób z jezior Wojnowskich. Z uzyskanych wyników można stwierdzić że procentowy udział fosforu i azotu w osadach jest wyższy w jeziorze Rudno. Poza tym charakteryzowało się ono większym zróżnicowaniem omawianych parametrów (od 0,23 do 1,43 % suchej masy). Najwyższa zawartość biogenów w osadach (odpowiednio azotu 1,43 % i fosforu 0,27 % suchej masy) występuje w obszarze dopływu do jeziora wód Obrzańskiego Kanału Południowego i w centralnej części głównego akwenu. Prawdopodobnie jest to związane z dostawą do zbiornika znacznych ilości zanieczyszczeń z pobliskich ośrodków wypoczynkowych i rekreacyjnych oraz samego Rudna, a także w znacznej mierze Kanałem Południowym. Na tle całego jeziora stwierdzono niższy poziom związków azotu i fosforu w osadach dennych, w przesmyku oddzielającym basen główny od odnogi północnej (azotu – 0,23 % i fosforu – 0,05 %). W pozostałej części jeziora zawartość procentowa biopierwiastków oscylowała wokół wartości 0,52 – 1,20 %, a w przypadku fosforu rozkład przestrzenny wahał się w mniejszych granicach od 0,10 do 0,23 %.

Tab.18 Zawartość azotu i fosforu w osadach dennych – jezioro Rudno

| Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | Azot ogólny | Fosfor ogólny |
|------------|--------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| | szerokość geograficzna | długość geograficzna | % suchej masy | % suchej masy |
| R-1 | N 52°00'40,6" | E 15°58'18,8" | 0,70 | 0,14 |
| R-2 | N 52°00'27,9" | E 15°58'31,4" | 0,23 | 0,05 |
| R-3 | N 52°00'28,0" | E 15°58'49,2" | 0,94 | 0,18 |
| R-4 | N 52°00'20,6" | E 15°58'51,7" | 1,43 | 0,27 |
| R-6 | N 51°59'39,4" | E 15°58'09,3" | 0,78 | 0,15 |
| R-7 | N 51°59'45,8" | E 15°58'17,6" | 0,52 | 0,10 |
| R-8 | N 51°59'54,2" | E 15°58'08,2" | 0,66 | 0,14 |
| R-9 | N 52°00'13,5" | E 15°57'56,8" | 0,84 | 0,15 |
| R-10 | N 52°00'16,4" | E 15°58'14,7" | 1,20 | 0,23 |
| R-11 | N 52°00'10,2" | E 15°58'34,6" | 1,41 | 0,27 |
| R-12 | N 51°59'59,6" | E 15°58'27,2" | 0,55 | 0,09 |





9.2. Jeziora Wojnowskie

9.2.1. Warunki termiczno-tlenowe

Temperatura wody w jeziorach Wojnowskich nie była wyraźnie zróżnicowana i wahała się w granicach 10,1–12,8°C. Podobne wartości uzyskano w odniesieniu do wód przydennych (10,0–12,3°C). Z przestrzennego obrazu termicznego wód powierzchniowych i warstw głębszych wynika, że w miarę przesuwania się w kierunku wschodnim – w stronę Jez. Wojnowskiego Wschodniego temperatura wody spadała. Najcieplejsze wody zalegały w basenie zachodnim, przede wszystkim w północnym i środkowym rejonie, gdzie wystąpiły utrudnione warunki do mieszania wód. Zarejestrowane temperatury w warstwie powierzchniowej osiągnęły tutaj 12,8°C. Nieco niższe wartości stwierdzono na południowym skraju jeziora, gdzie docierają chłodniejsze wody z akwenu wschodniego. Najniższe wskazania termometru (10,1°C) zanotowano w północnej części basenu wschodniego, w rejonie dopływu chłodniejszych wód rz. Gnilej Obry. W Jez. Wojnowskim Wschodnim temperatura wody była bardziej wyrównana w porównaniu ze zbiornikiem zachodnim. Różnica pomiędzy najcieplejszym a najchłodniejszym miejscem nie przekraczała 1°C. Czynnikiem sprzyjającym zmniejszaniu różnic termicznych i obniżeniu temperatury wody jest silnie przepływowy charakter wschodniego akwenu

Zróżnicowanie natlenienia w obrębie jezior Wojnowskich było bardzo duże. Świadczy o tym zakres zmienności tego parametru 0,6–19,2 mg/dm³. Strefą bardzo niskiego natlenienia był obszar zachodniego akwenu. Najniższą zawartość tlenu w wodach powierzchniowych zanotowano w centralnej części Jez. Wojnowskiego Zachodniego (2,7–2,8 mg/dm³). Skrajnie niskie natlenienie wód stwierdzono przy dnie w głębszych partiach zbiornika. Poniżej głębokości 8,5 m wystąpił prawie całkowity brak tlenu (0,6 mg/dm³). Przemierzając się na południowy wschód zaobserwowano wyraźne polepszenie warunków tlenowych. Zauważalny wzrost natlenienia wody miał miejsce w południowej części akwenu zachodniego oraz w strefie kontaktu z wodami wypływającymi ze wschodniego zbiornika, który wyróżniał się bardzo wysoką zawartością rozpuszczonego w wodzie tlenu. Szczególnie jego środkowa część, gdzie natlenienie przyjmowało skrajnie wysokie wartości (18,2–19,2 mg/dm³). Dotyczyło to wód w całym pionie pomiarowym. Ekstremalnie wysoka zawartość badanego gazu w Jez. Wojnowskim Wschodnim mogła być spowodowana intensywnymi procesami fotosyntezy. Szczegółowy rozkład poziomy i pionowy parametrów przedstawiono na mapach i w profilach termiczno-tlenowych.

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(ZACH.)**

Punkt pomiarowy nr W₁

GPS; N 52°07'33,5" E 15°45'48,0"

Głębokość [m] 6,65

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 3,0 | 13,0 |
| 0,5 | 2,8 | 12,7 |
| 1,0 | 2,7 | 12,7 |
| 1,5 | 2,6 | 12,5 |
| 2,0 | 2,6 | 12,5 |
| 2,5 | 2,6 | 12,4 |
| 3,0 | 2,7 | 12,4 |
| 3,5 | 2,7 | 12,4 |
| 4,0 | 2,8 | 12,3 |
| 4,5 | 2,8 | 12,3 |
| 5,0 | 2,8 | 12,3 |
| 5,5 | 2,9 | 12,3 |
| 6,0 | 3,0 | 12,3 |
| 6,5 | 3,0 | 12,3 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(ZACH.)**

Punkt pomiarowy nr W₂

GPS; N 52°06'50,6" E 15°45'58,0"

Głębokość [m] 8,4

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 2,5 | 13,0 |
| 0,5 | 2,7 | 12,8 |
| 1,0 | 2,2 | 12,2 |
| 1,5 | 2,3 | 12,2 |
| 2,0 | 2,2 | 12,2 |
| 2,5 | 1,9 | 12,1 |
| 3,0 | 1,8 | 12,0 |
| 3,5 | 1,8 | 12,0 |
| 4,0 | 1,8 | 12,0 |
| 4,5 | 1,9 | 12,0 |
| 5,0 | 1,9 | 12,0 |
| 5,5 | 2,0 | 12,0 |
| 6,0 | 2,0 | 12,0 |
| 6,5 | 2,1 | 12,0 |
| 7,0 | 2,1 | 12,0 |
| 7,5 | 2,1 | 12,0 |
| 8,0 | 1,9 | 12,0 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(ZACH.)**

Punkt pomiarowy nr W₃

GPS; N 52°06'22,9" E 15°46'38,6"

Głębokość [m] 3,5

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 5,9 | 12,1 |
| 0,5 | 6,1 | 12,0 |
| 1,0 | 6,7 | 12,0 |
| 1,5 | 6,2 | 11,8 |
| 2,0 | 8,0 | 11,5 |
| 2,5 | 9,8 | 11,4 |
| 3,0 | 10,9 | 10,8 |
| 3,5 | 10,9 | 10,5 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(ZACH.)**

Punkt pomiarowy nr W₄

GPS; N 52°05'55,5" E 15°46'52,0"

Głębokość [m] 2,3

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 11,1 | 11,6 |
| 0,5 | 11,6 | 11,5 |
| 1,0 | 11,7 | 11,3 |
| 1,5 | 11,0 | 11,2 |
| 2,0 | 10,7 | 11,0 |

Tab. 19-22. Profil termiczno-tlenowy W-1 do W-4

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(ZACH.)**

Punkt pomiarowy nr W_{5Z}

GPS; N 52°07'22,2" E 15°45'52,0"

Głębokość [m] 1,3

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 13,1 | 11,0 |
| 0,5 | 13,4 | 10,9 |
| 1,0 | 13,2 | 10,8 |
| 1,3 | 13,2 | 10,8 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(WSCH.)**

Punkt pomiarowy nr W_{5W}

GPS; N 52°06'29,5" E 15°47'11,1"

Głębokość [m] 1,4

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 16,4 | 11,1 |
| 0,5 | 16,6 | 10,9 |
| 1,0 | 16,1 | 10,8 |
| 1,4 | 15,8 | 10,8 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(WSCH.)**

Punkt pomiarowy nr W_6

GPS; N 52°06'31,3" E 15°47'35,8"

Głębokość [m] 1,8

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 18,2 | 11,1 |
| 0,5 | 19,2 | 10,7 |
| 1,0 | 19,8 | 10,6 |
| 1,5 | 18,2 | 10,5 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(WSCH.)**

Punkt pomiarowy nr W_7

GPS; N 52°06'54,0" E 15°48'02,6"

Głębokość [m] 2,4

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 17,6 | 11,0 |
| 0,5 | 18,3 | 10,5 |
| 1,0 | 18,8 | 10,5 |
| 1,5 | 19,2 | 10,4 |
| 2,0 | 18,4 | 10,2 |

Tab. 23-26. Profil termiczno-tlenowy WZ-5 do W-7

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(WSCH.)**

Punkt pomiarowy nr W₈

GPS; N 52°07'21,4" E 15°48'35,3"

Głębokość [m] 1,1

15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 13,8 | 10,5 |
| 0,5 | 14,8 | 10,1 |
| 1,0 | 10,2 | 10,0 |

**JEZIORA WOJNOWSKIE
(ZACH.)**

Punkt pomiarowy nr W₉

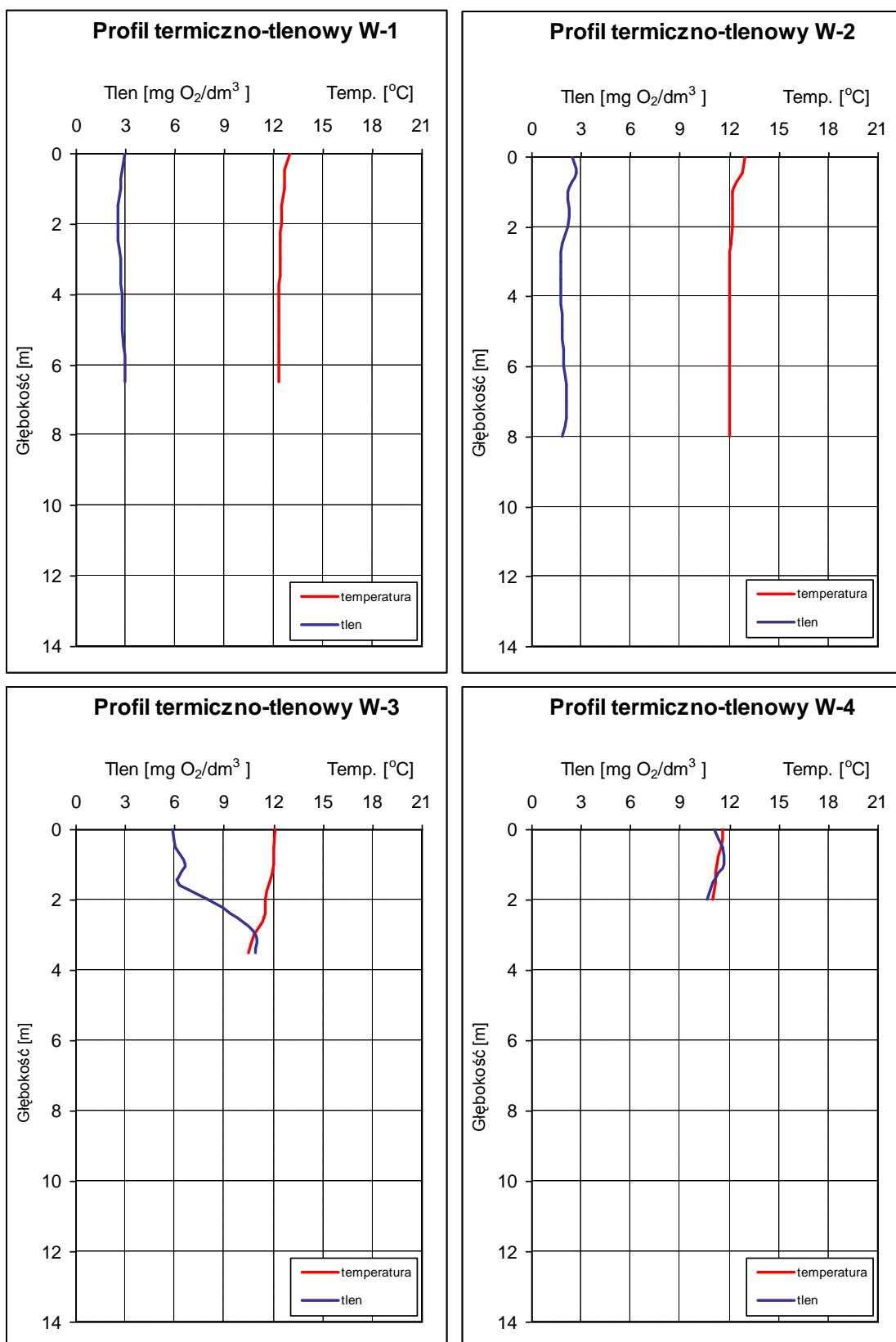
GPS; N 52°07'22,2" E 15°45'52,0"

Głębokość [m] 8,7

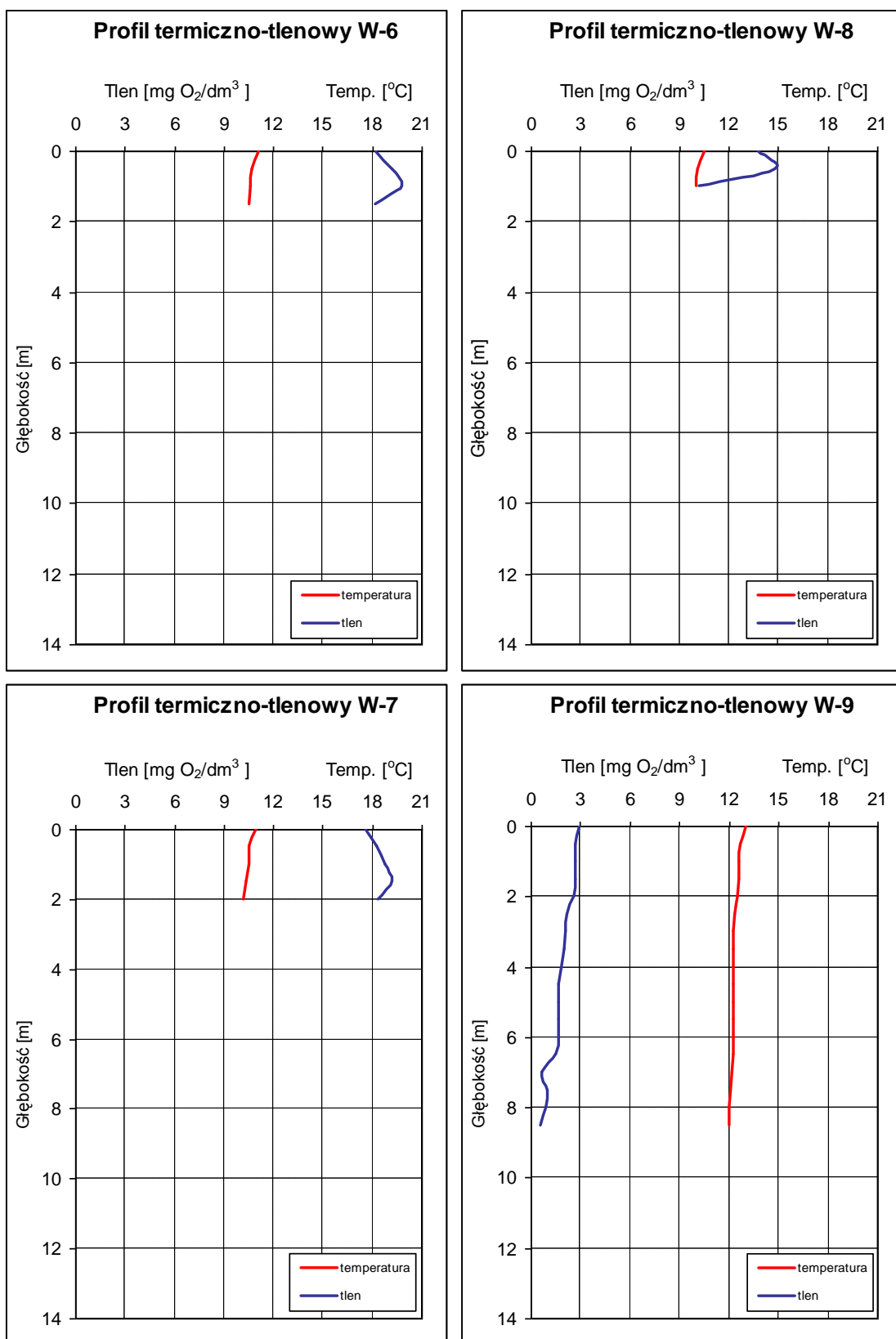
15 października 2007 r.

| Głębokość [m] | Tlen [mgO ₂ /dm ³] | Temperatura [°C] |
|---------------|---|------------------|
| 0,0 | 3,0 | 13,0 |
| 0,5 | 2,7 | 12,7 |
| 1,0 | 2,7 | 12,6 |
| 1,5 | 2,7 | 12,6 |
| 2,0 | 2,6 | 12,5 |
| 2,5 | 2,2 | 12,4 |
| 3,0 | 2,1 | 12,3 |
| 3,5 | 2,0 | 12,3 |
| 4,0 | 1,9 | 12,3 |
| 4,5 | 1,7 | 12,3 |
| 5,0 | 1,7 | 12,3 |
| 5,5 | 1,7 | 12,3 |
| 6,0 | 1,7 | 12,3 |
| 6,5 | 1,5 | 12,3 |
| 7,0 | 0,7 | 12,2 |
| 7,5 | 1,0 | 12,1 |
| 8,0 | 0,9 | 12,0 |
| 8,5 | 0,6 | 12,0 |

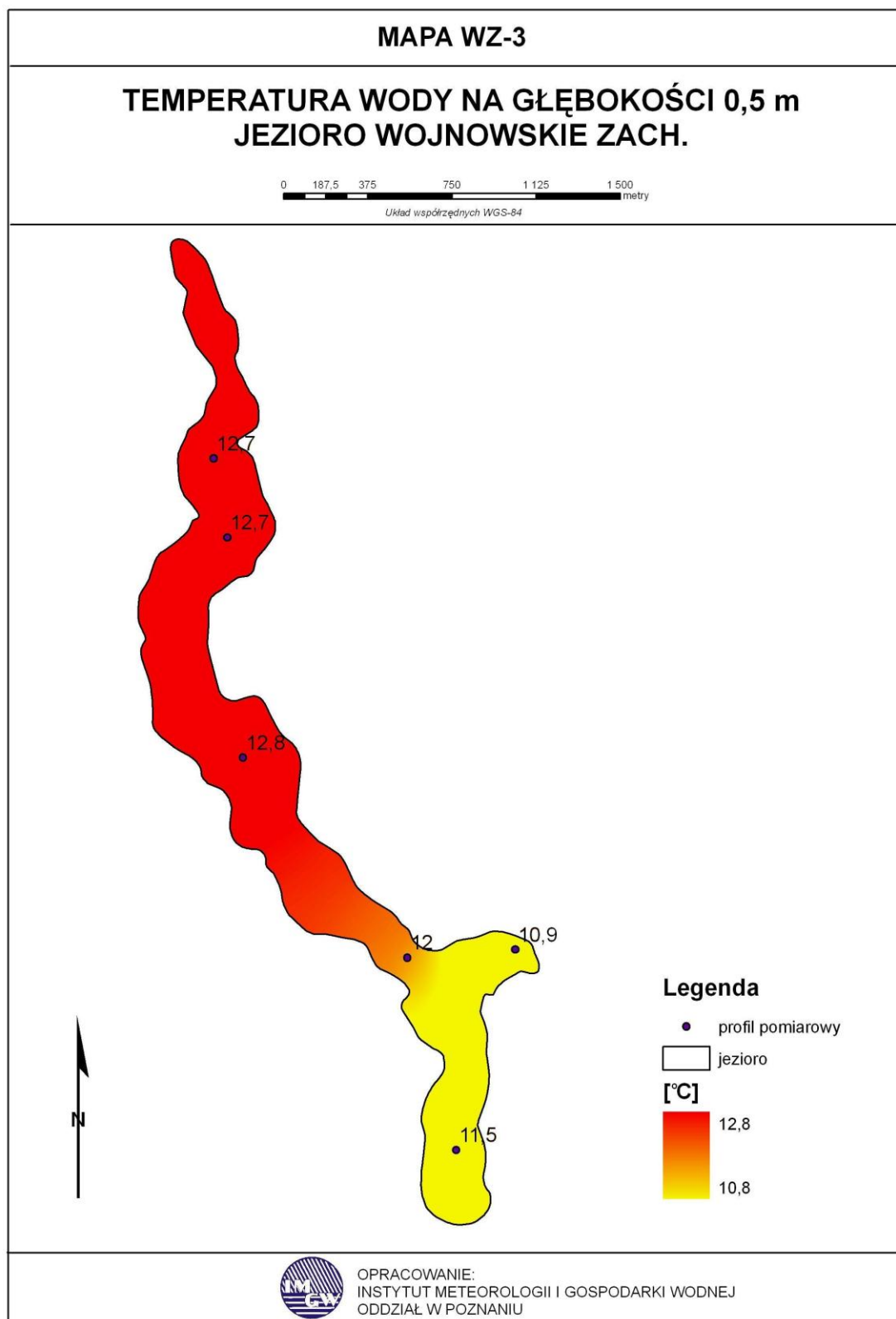
Tab. 27-28. Profil termiczno-tlenowy W-8 do W-9

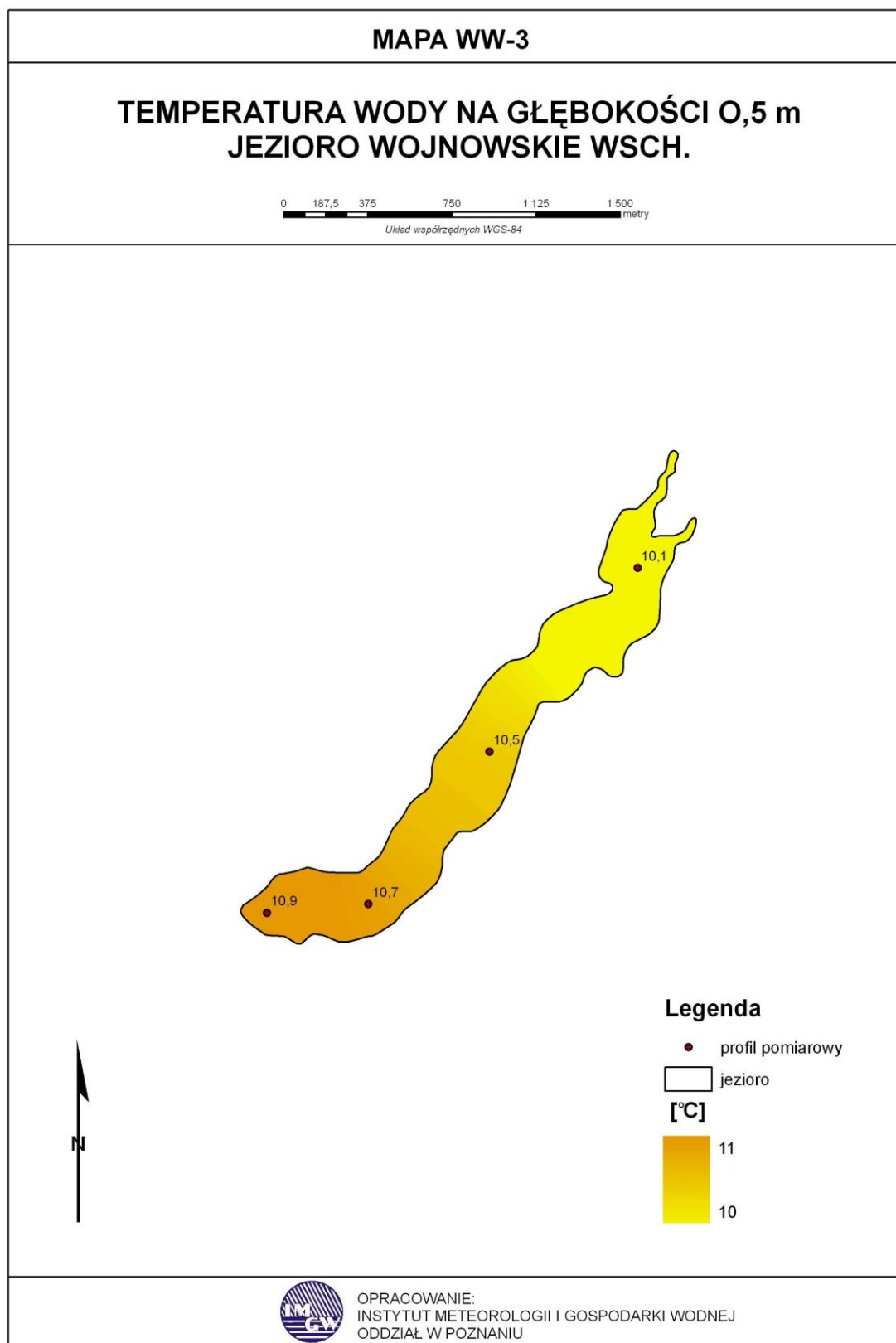


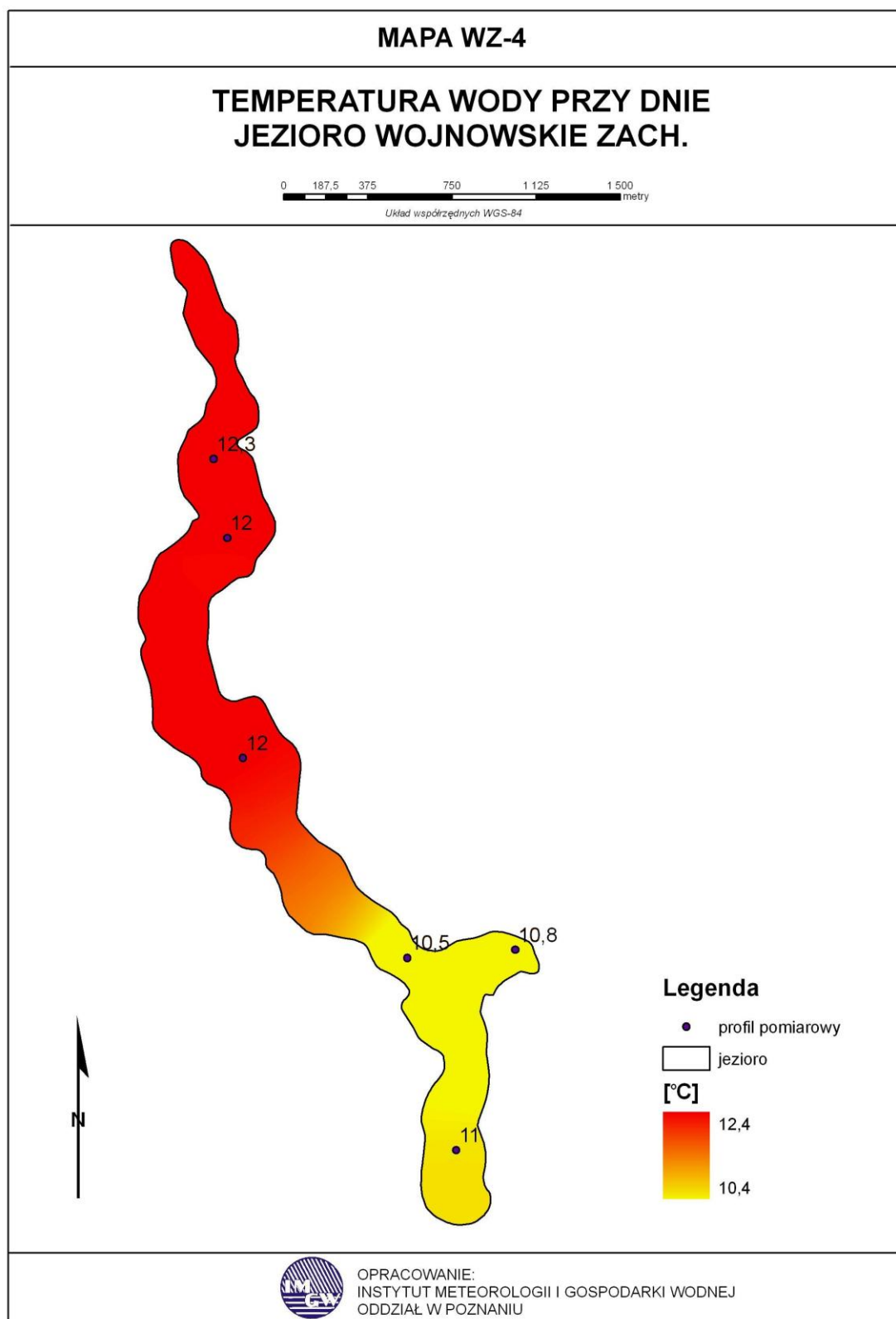
Ryc. 20-23. Profile termiczno-tlenowe W-1 do W-4

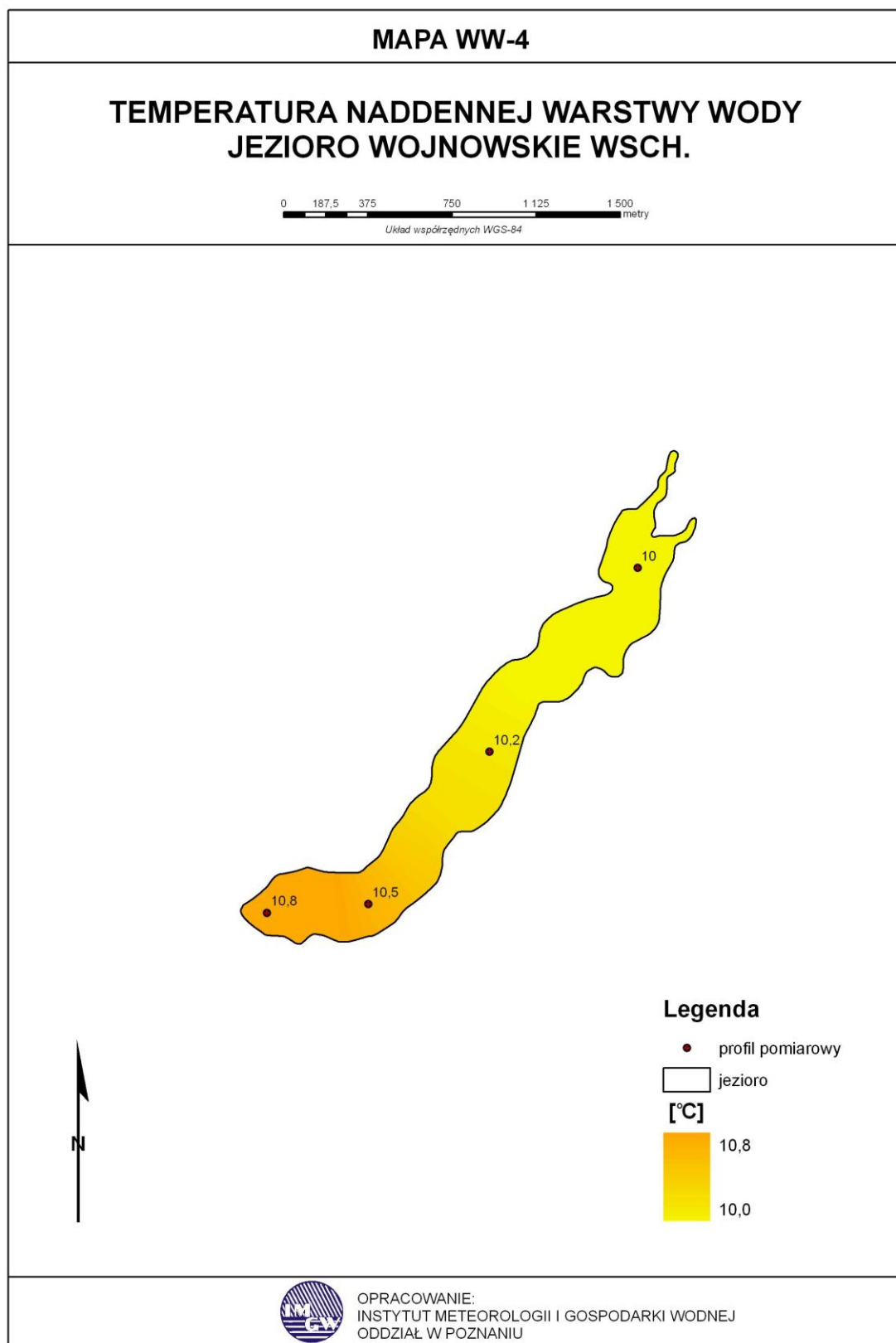


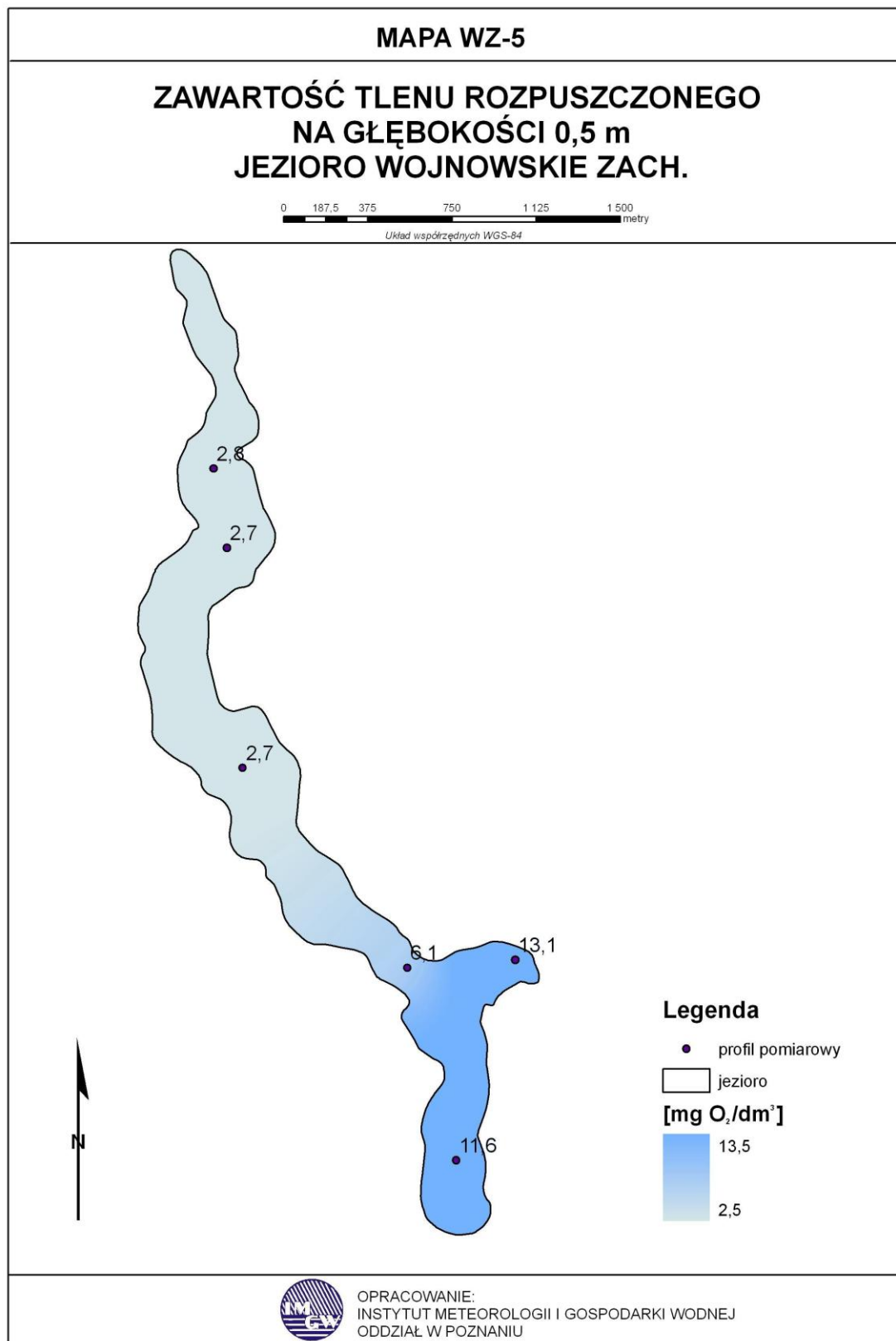
Ryc. 24- 27 Profile termiczno-tlenowe W-6 do W-9

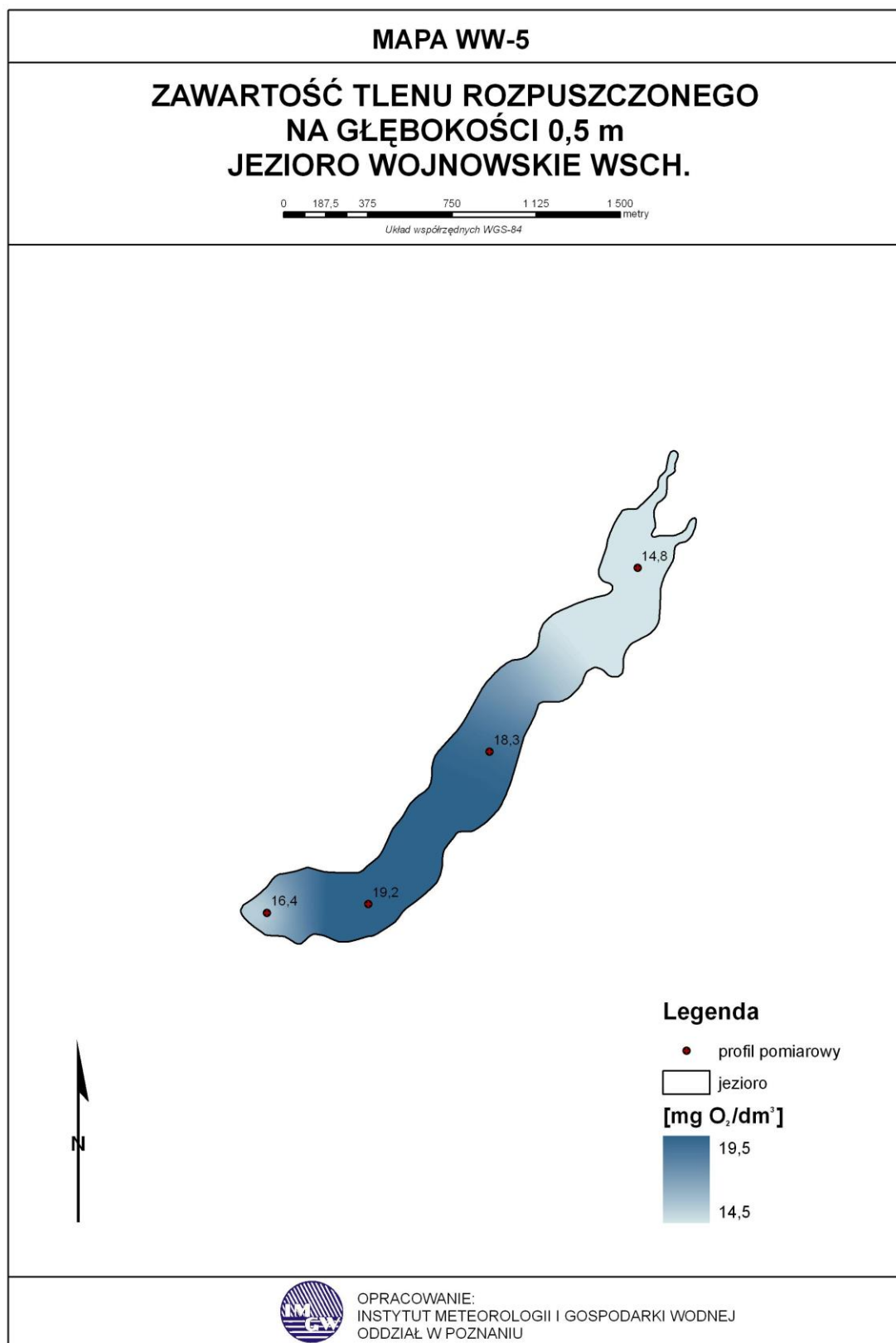


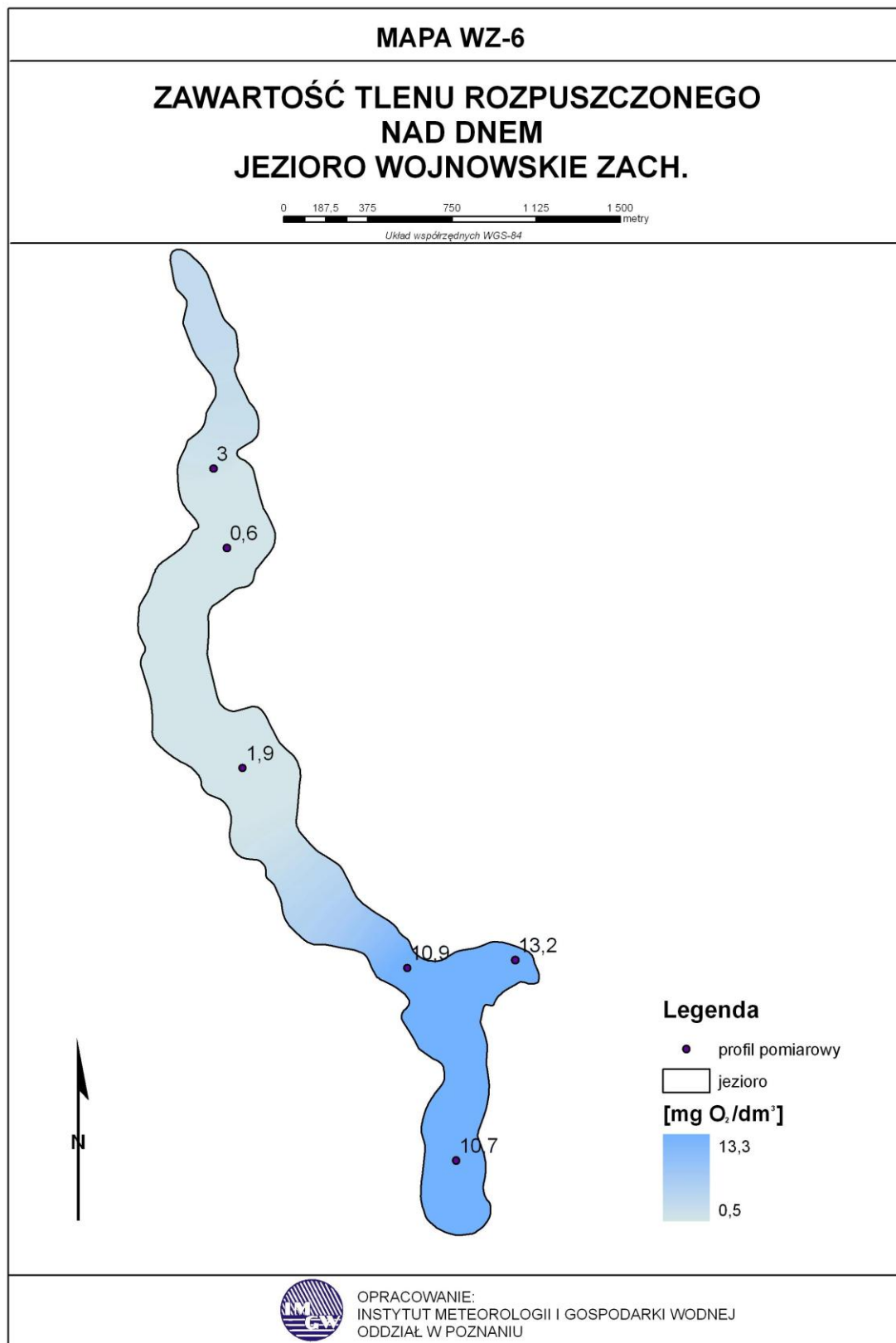


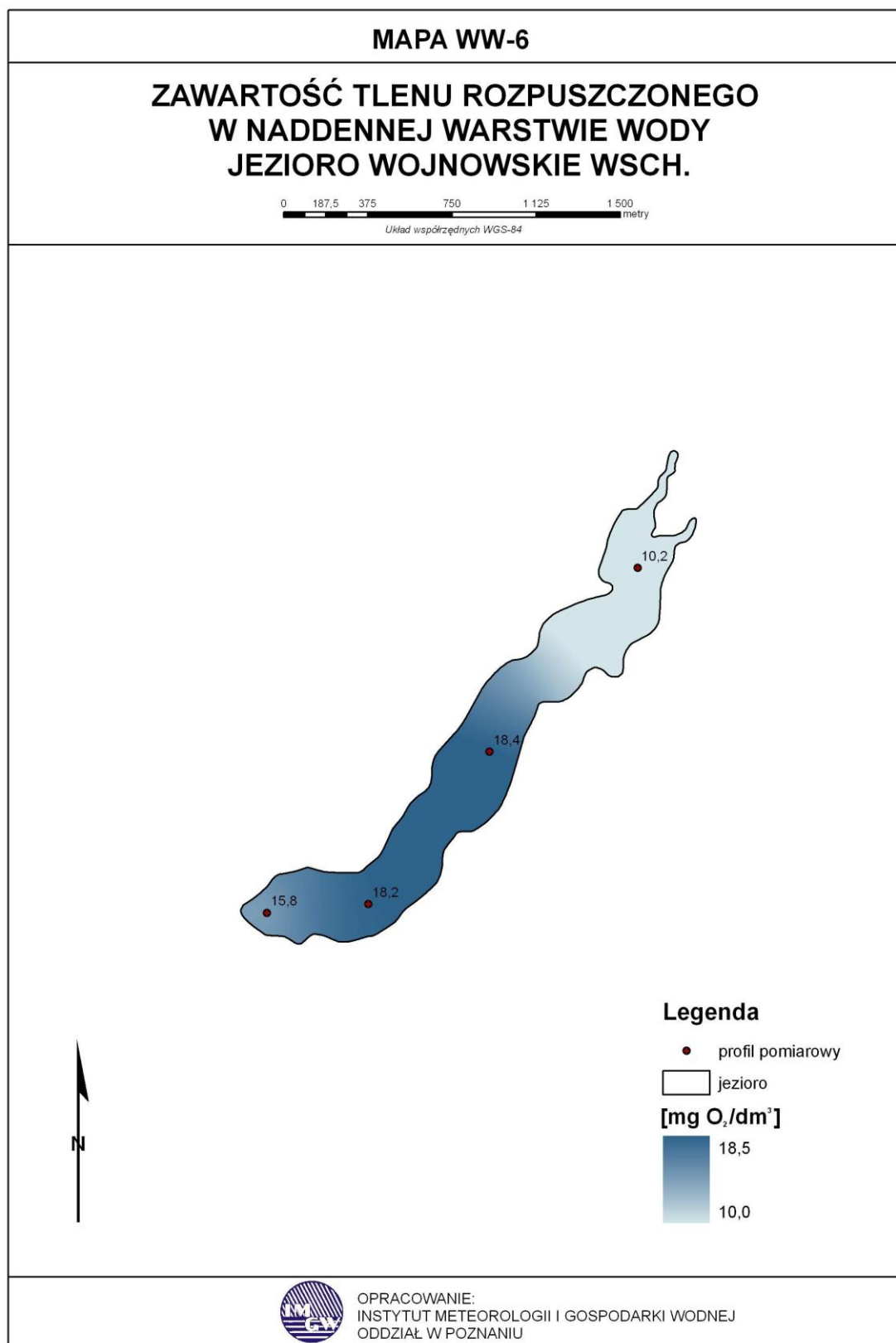










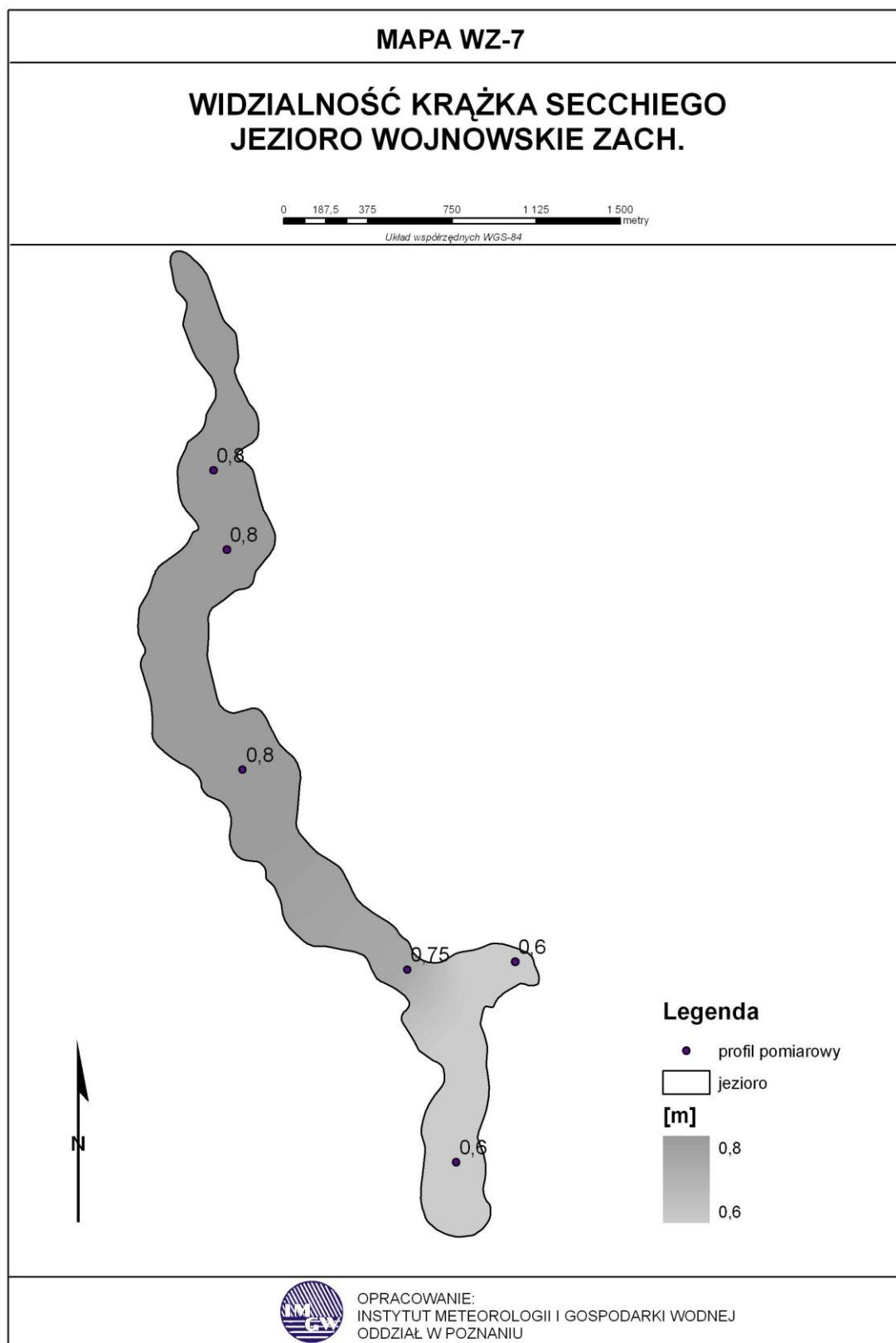


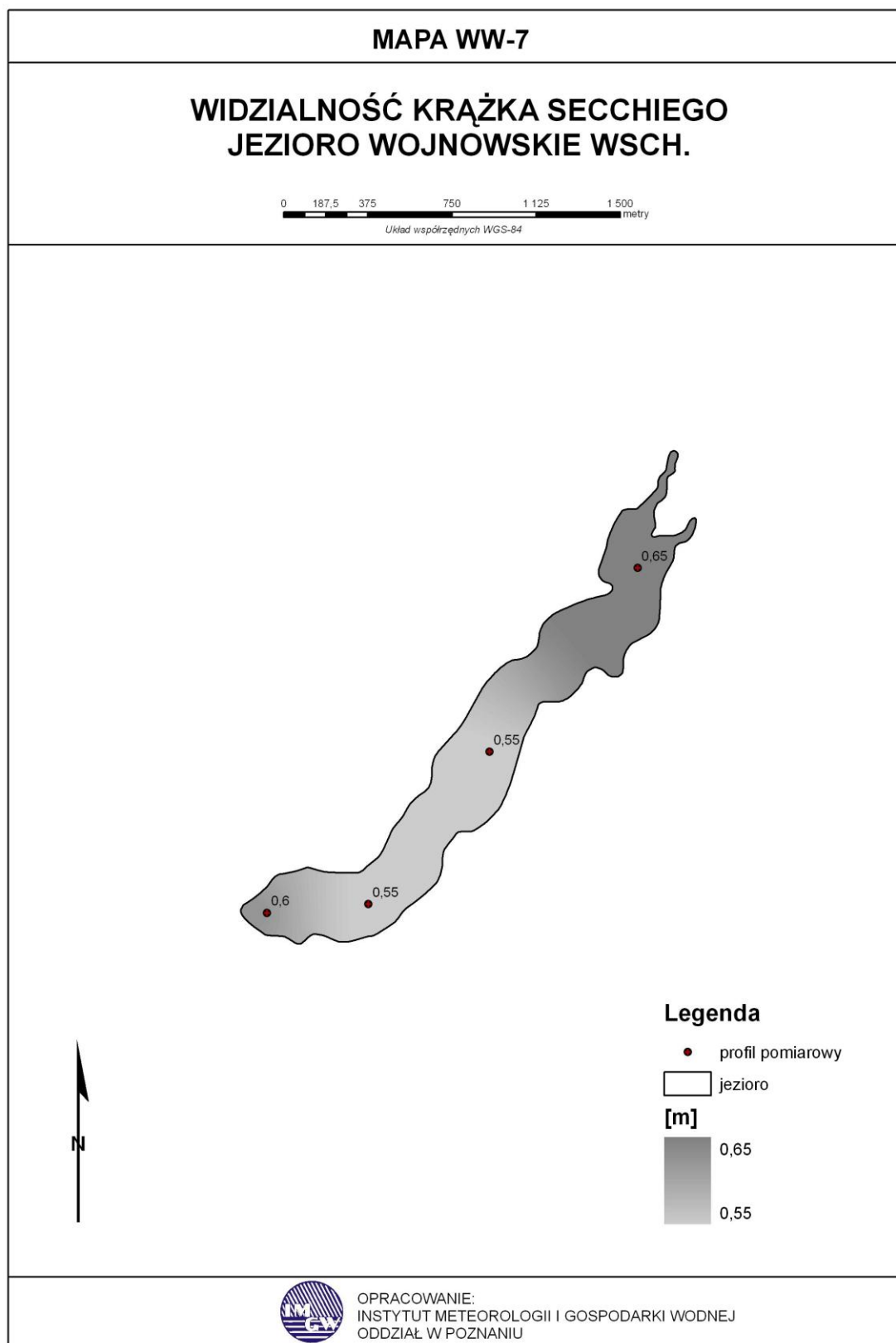
9.2.2. Przezroczystość wody

Zróznicowanie przezroczystości wody, określonej krążkiem Secchi'ego było niewielkie i mieściło się w wąskim przedziale od 0,55–0,80 m. Większą widzialnością charakteryzowało się Jez. Wojnowskie Zachodnie. Na znacznym obszarze jego wód krążek Secchi'ego widoczny był do głębokości 0,80 m. Tylko na południowym krańcu, przez który przepływają wody, pochodzące z Jeziora Wojnowskiego Wschodniego, przezroczystość spadła do 0,60 m. Jezioro Wojnowskie Wschodnie charakteryzowało się widzialnością rzędu 0,55–0,65 m, osiągając wartości najniższe w części centralnej. Za obniżoną przezroczystość, wód Jeziora Wojnowskiego Wschodniego odpowiedzialne są przede wszystkim: substancje zanieczyszczające dostarczane Gniłą Obrą. Są to liczne związki dostarczane do zbiornika z wodami ze spływu powierzchniowego oraz procesy eutroficzne, zachodzące w samej misie jeziornej.

Tab.29. Przezroczystość wody mierzona krążkiem Secchi'ego – Jeziora Wojnowskie

| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | przezroczystość (m) |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | |
| 1 | W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 0,80 |
| 2 | W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 0,80 |
| 3 | W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 0,75 |
| 4 | W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 0,60 |
| 5 | W-5Z | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 0,60 |
| 6 | W-5W | N 52°06'29,5" | E 15°47'11,1" | 0,60 |
| 7 | W-6 | N 52°06'31,3" | E 15°47'35,8" | 0,55 |
| 8 | W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 0,55 |
| 9 | W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 0,65 |
| 10 | W-9 | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 0,80 |
| 11 | W-10 | N 52°08'01,8" | E 15°45'40,0" | 0,75 |





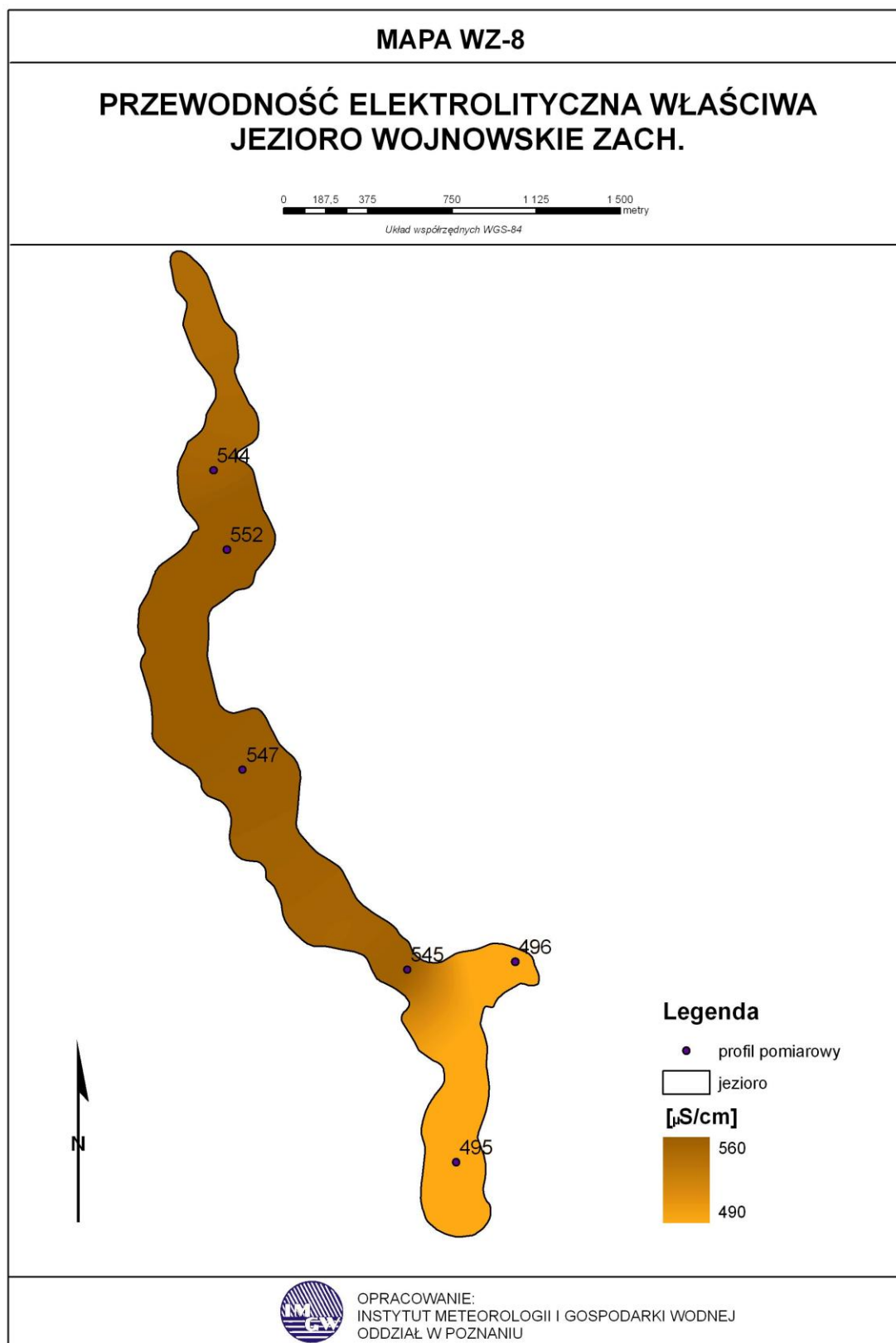
9.2.3. Przewodność

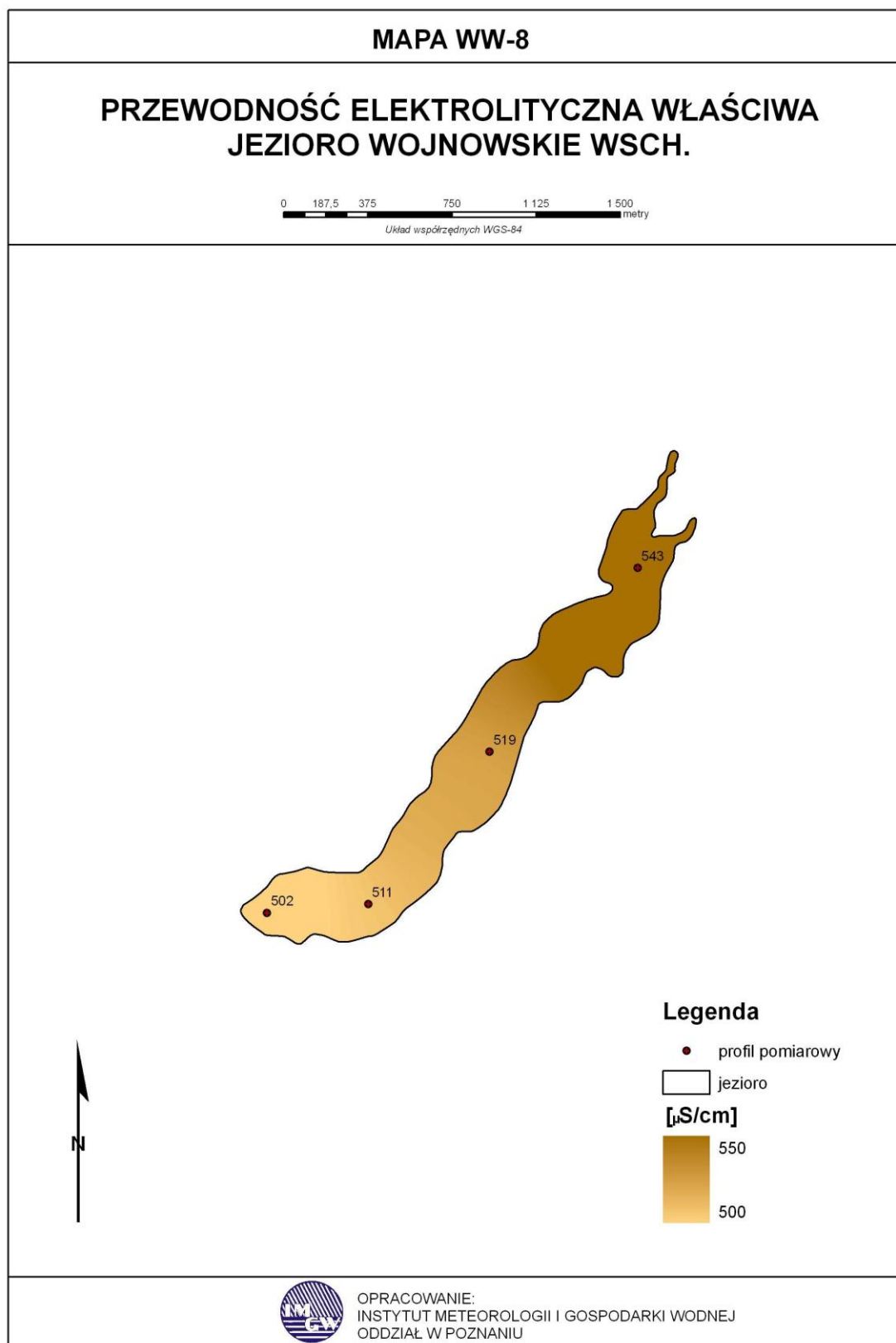
Najwyższą przewodność – 552 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – zanotowano w profilu pomiarowym W-9, zlokalizowanym się w okolicach najgłębszego miejsca na Jez. Wojnowskim Zachodnim (mapa WZ-8). Równie wysokie (>540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) wartości omawianego parametru stwierdzono w pozostałych częściach akwenu zachodniego. Czynnikiem sprzyjającym podwyższonej przewodności jest tu spływ powierzchniowy wód z terenów zabudowanych wsi Stare Kramsko i przyległych terenów rolniczych. Istotnym dostawcą związków, podwyższających konduktywność w tej części jeziora jest ruch samochodowy, odbywający się na drodze zlokalizowany równolegle, i w niewielkiej odległości od brzegu, jeziora. Na tle całego zbiornika zachodniego wyróżnia się kraniec północny i południowy, gdzie wartości nie przekraczały 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

W akwenu wschodnim maksymalna przewodność zmierzona została w pobliżu dopływu Gnilej Obry. Przyczyną nieco większej konduktywności w tym miejscu są zanieczyszczone wody tej rzeki, niosące duże ilości substancji humusowych i mineralnych. Na pozostałym obszarze jeziora konduktywność jest zdecydowanie niższa, przy czym kierując się na południe przyjmuje ona coraz niższe wartości, osiągając najniższą – 496 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – w przesmyku, łączącym oba jeziora Wojnowskie.

Tab.30. Przewodność elektrolityczna właściwa wody – jeziora Wojnowskie

| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | przewodność ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|---|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | |
| 1 | W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 544 |
| 2 | W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 547 |
| 3 | W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 545 |
| 4 | W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 495 |
| 5 | W-5Z | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 496 |
| 6 | W-5W | N 52°06'29,5" | E 15°47'11,1" | 502 |
| 7 | W-6 | N 52°06'31,3" | E 15°47'35,8" | 511 |
| 8 | W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 519 |
| 9 | W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 543 |
| 10 | W-9 | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 552 |
| 11 | W-10 | N 52°08'01,8" | E 15°45'40,0" | 485 |





9.2.4. Odczyn wody

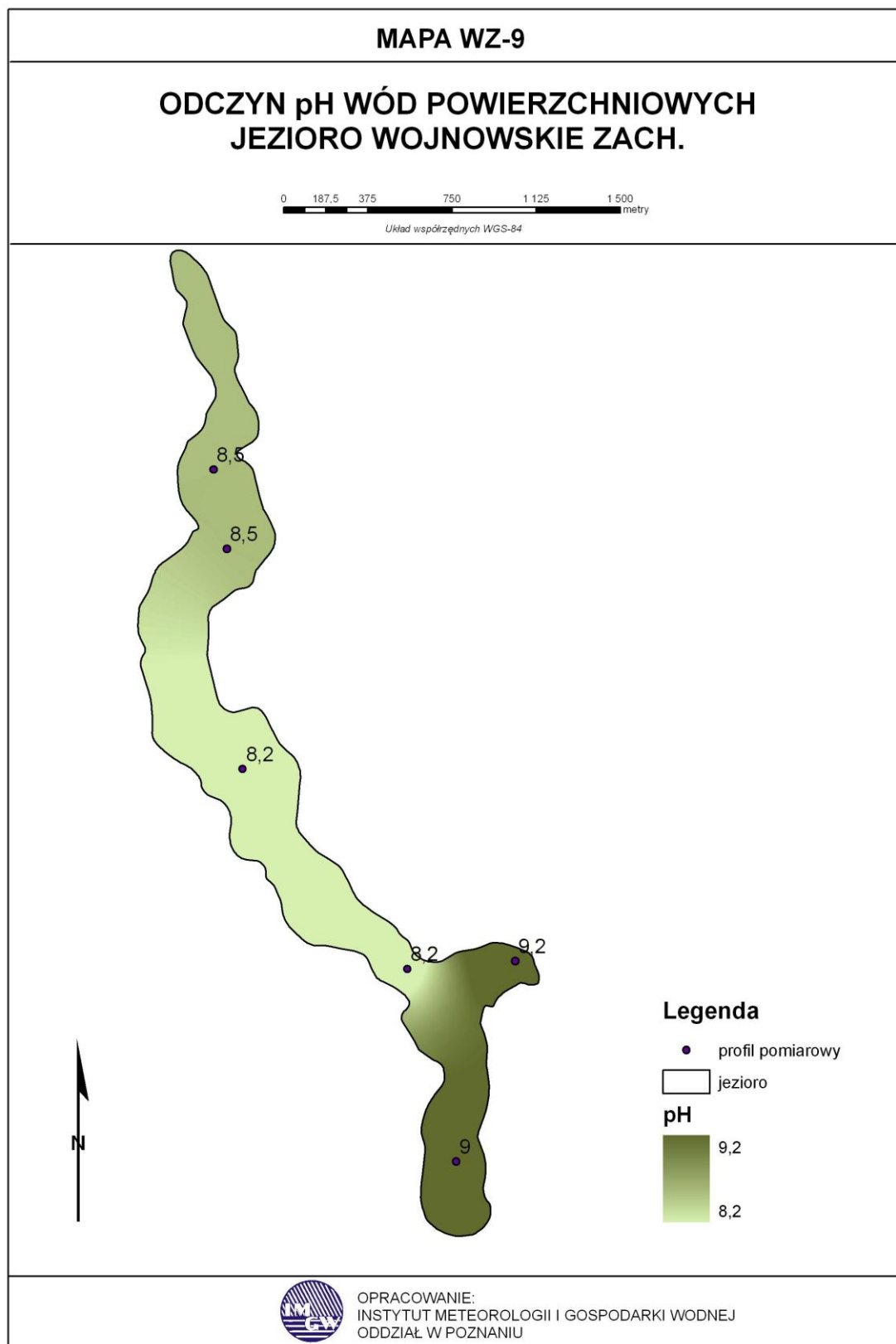
W jeziorach Wojnowskich powierzchniowe zróżnicowanie odczynu wody jest bardzo małe, choć obydwie zbiorniki posiadają nieco odmienną koncentrację jonów wodorowych. W Jez. Wojnowskim Zachodnim pH przyjmuje wartości 8,2–9,0, a w Jez. Wojnowskim Wschodnim 9,1–9,4. Analiza opisywanego parametru ukazuje jego największe wahania w akwenu zachodnim, przy czym najniższe pH występuje w części centralnej zbiornika, a najwyższe w południowej, do której wpływają, posiadające wyższe pH, wody z Jeziora Wojnowskiego Wschodniego.

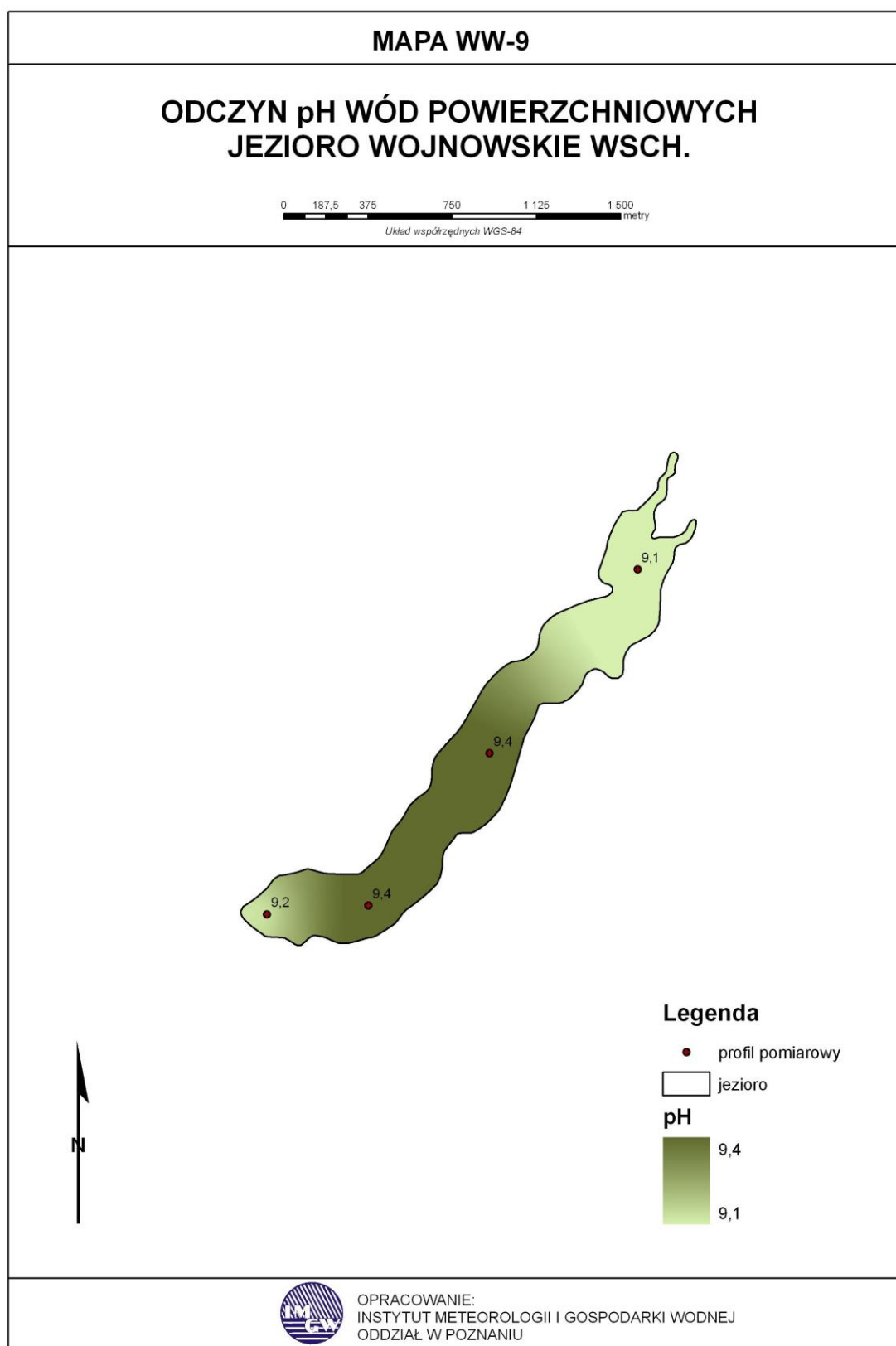
Na taki rozkład przestrzenny pH wpływ mają niewątpliwie wody dopływów, w szczególności Gnilej Obry, wprowadzającej do akwenu wschodniego duże ilości substancji organicznych i mineralnych.

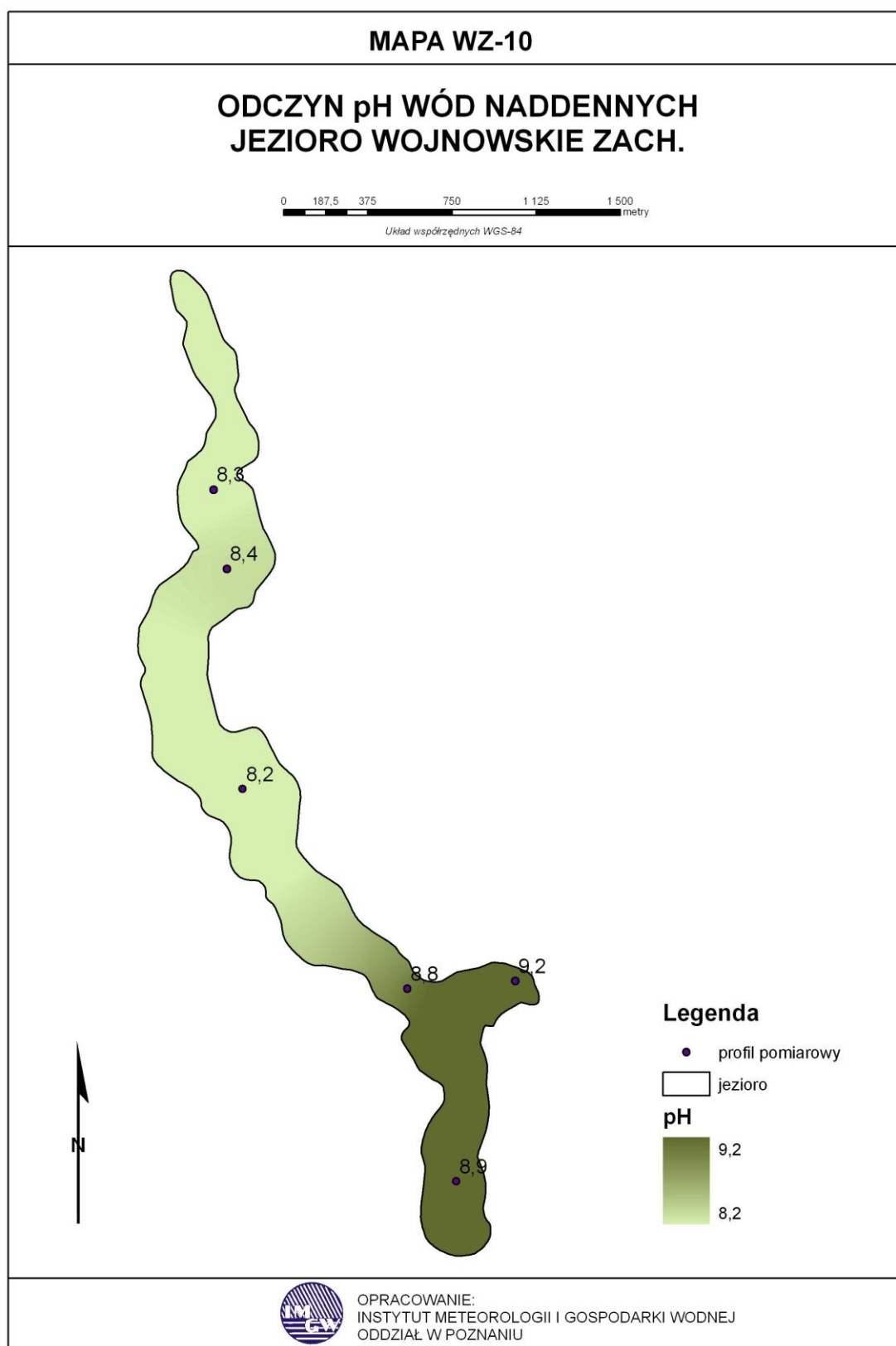
Ze względu na niewielką głębokość jezior, charakteryzują się one dużą możliwością mieszania wód. W związku z tym zarówno warstwy powierzchniowe, jak i te z głębszych partii mają podobny odczyn pH.

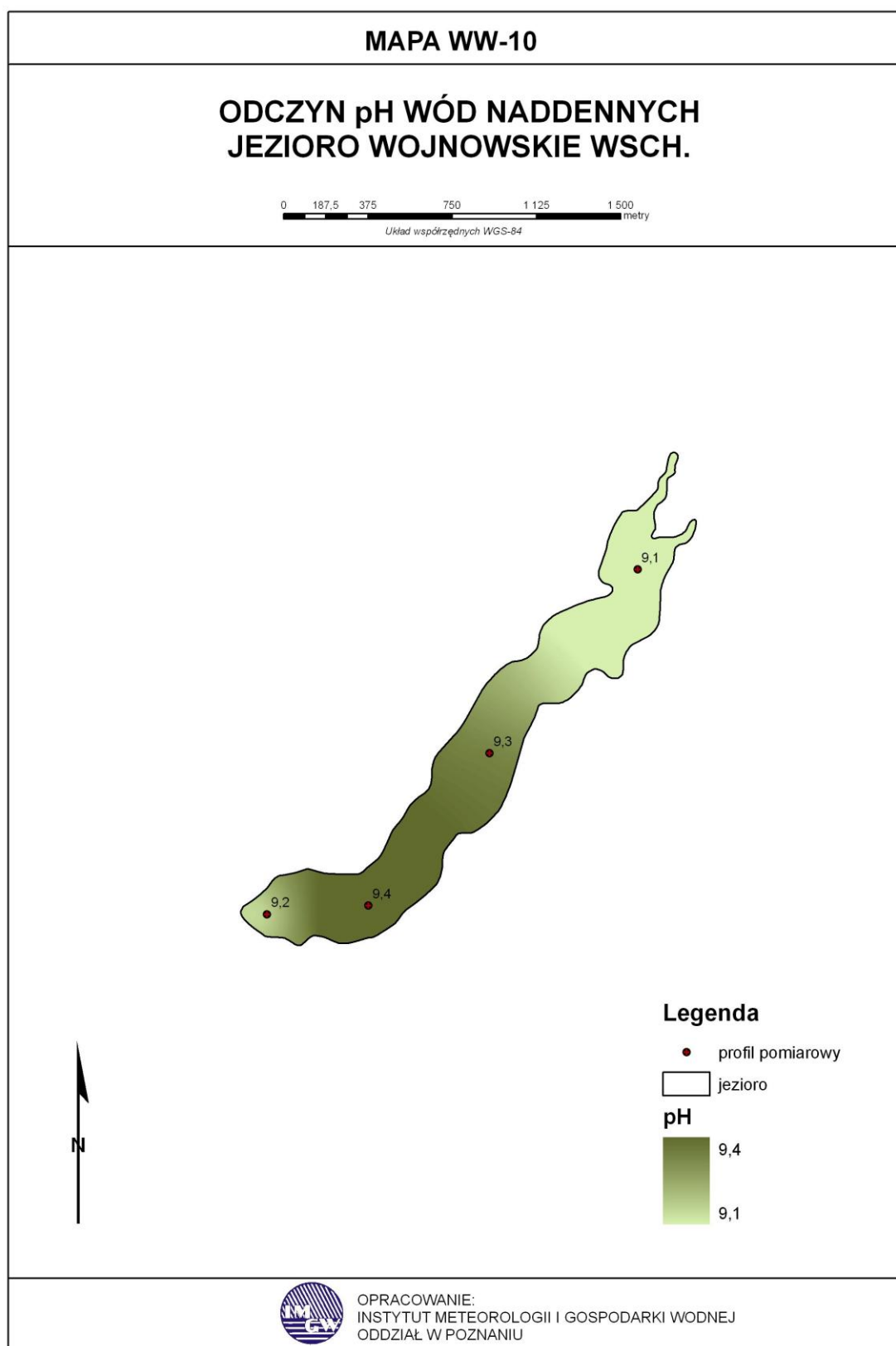
Tab.31. Odczyn pH wody – Jeziora Wojnowskie

| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | głębokość (m) | ph | |
|------|------------|--------------------------------|----------------------|---------------|------------------|-----------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | | przy powierzchni | przy dnie |
| 1 | W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 6,65 | 8,5 | 8,3 |
| 2 | W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 8,40 | 8,2 | 8,2 |
| 3 | W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 3,50 | 8,2 | 8,8 |
| 4 | W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 2,30 | 9,0 | 8,9 |
| 5 | W-5Z | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 1,30 | 9,2 | 9,2 |
| 6 | W-5W | N 52°06'29,5" | E 15°47'11,1" | 1,40 | 9,2 | 9,2 |
| 7 | W-6 | N 52°06'31,3" | E 15°47'35,8" | 1,80 | 9,4 | 9,4 |
| 8 | W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 2,40 | 9,4 | 9,3 |
| 9 | W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 1,10 | 9,1 | 9,1 |
| 10 | W-9 | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 8,70 | 8,5 | 8,4 |









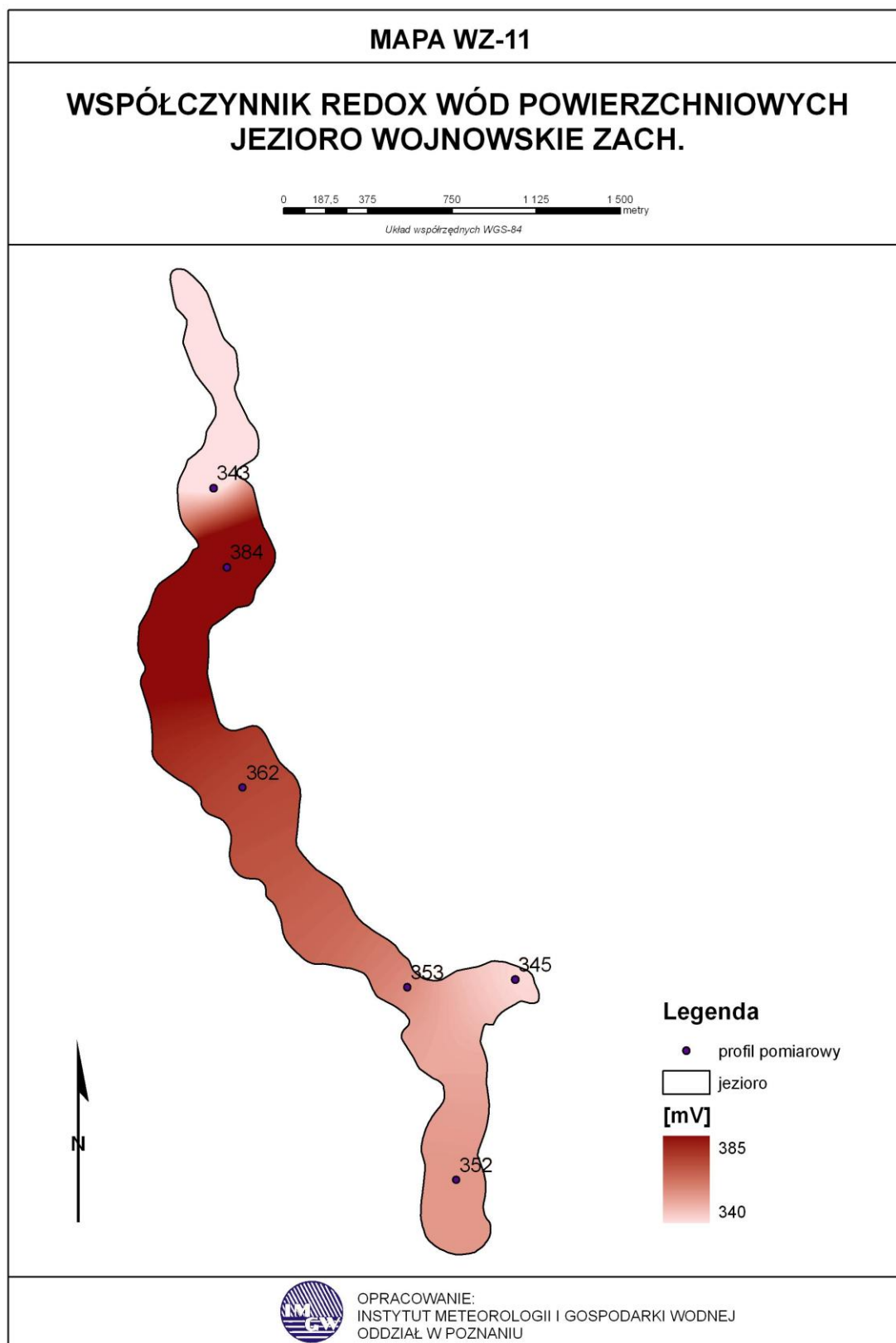
9.2.5. Redoks

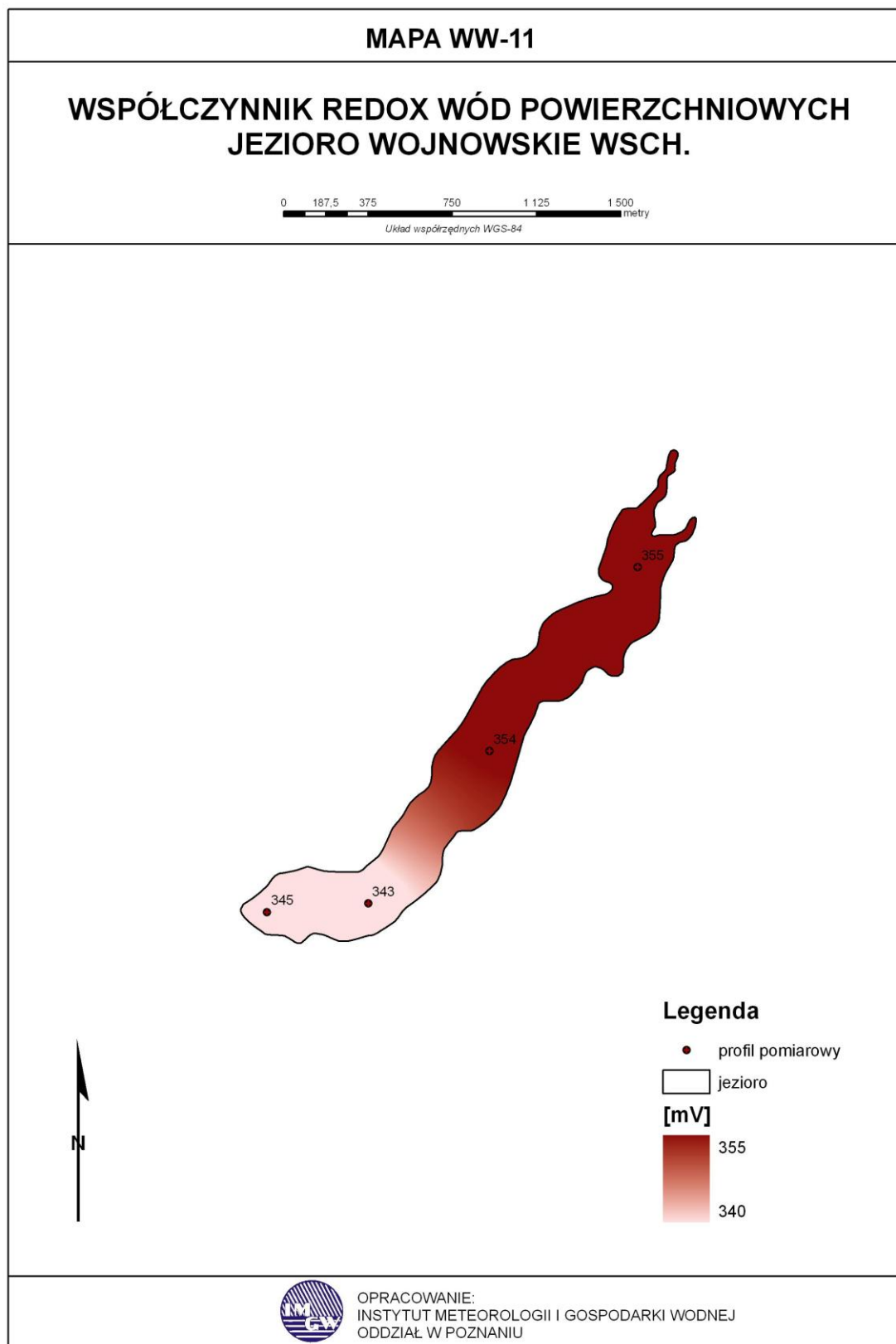
Wartość potencjału redox przeliczonego wg skali Clarka wskazuje na utleniający charakter środowiska jezior Wojnowskich.

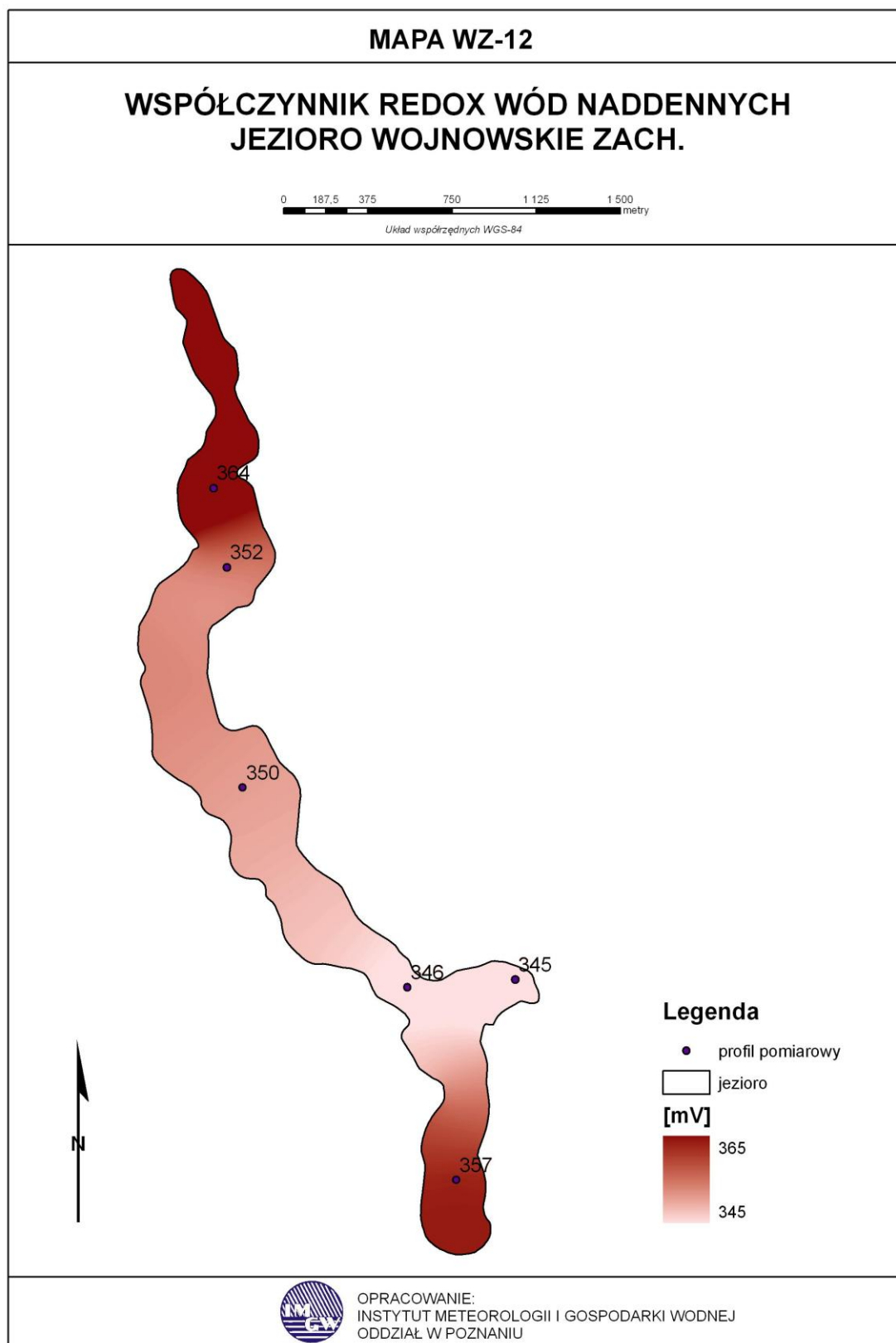
Wartość współczynnika zarówno powierzchniowej jak i naddennej warstwy wody akwenu zachodniego mieściła się w granicach od 28 do 30. Jezioro Wojnowskie Wschodnie charakteryzowała nieznacznie wyższa wartość współczynnika (30-31), co związane jest ze zwiększonym dopływem substancji biogennej Gniłą Obra oraz wyższymi wartościami pH wód tego akwenu.

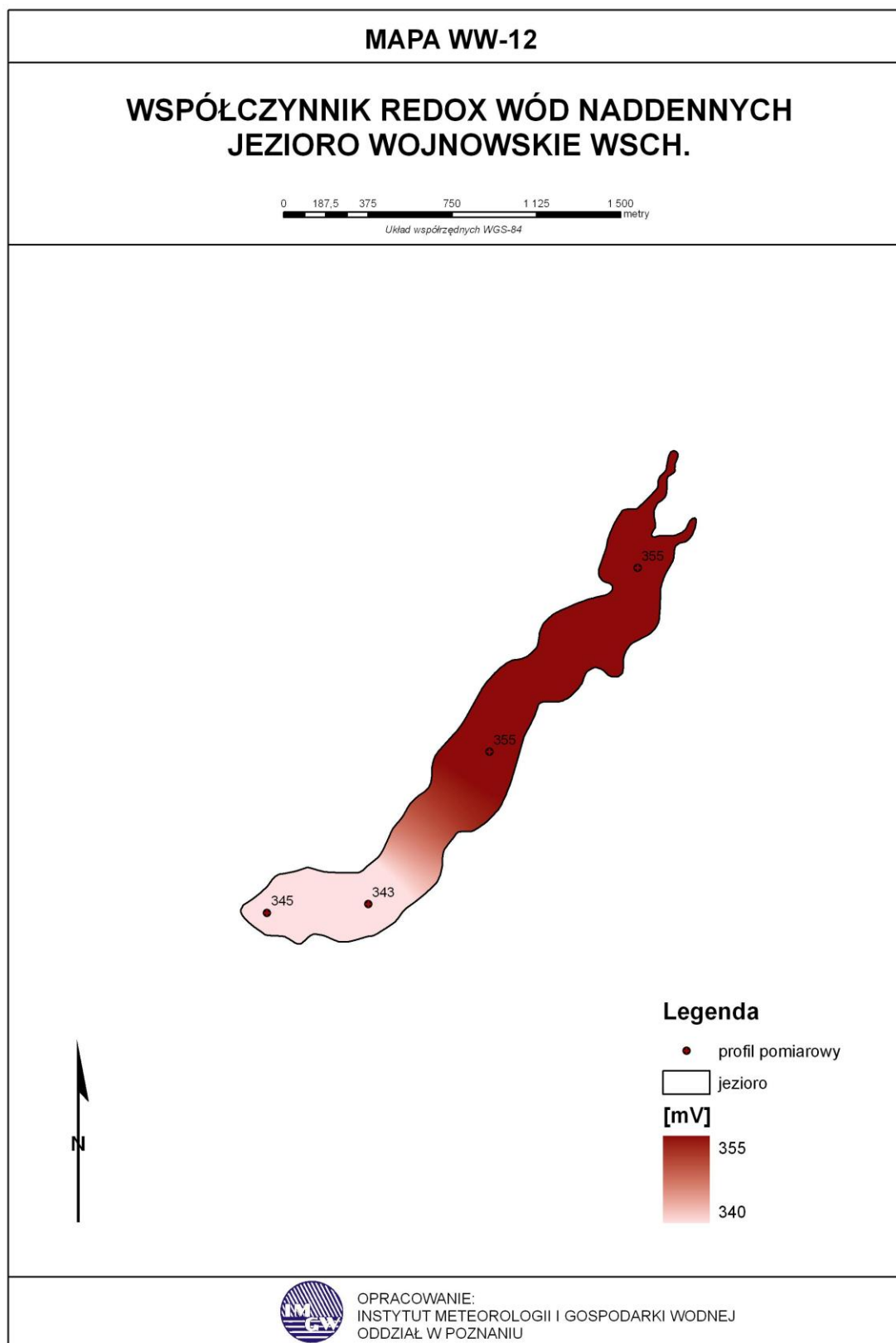
Tab.32. Potencjał REDOX – jeziora Wojnowskie

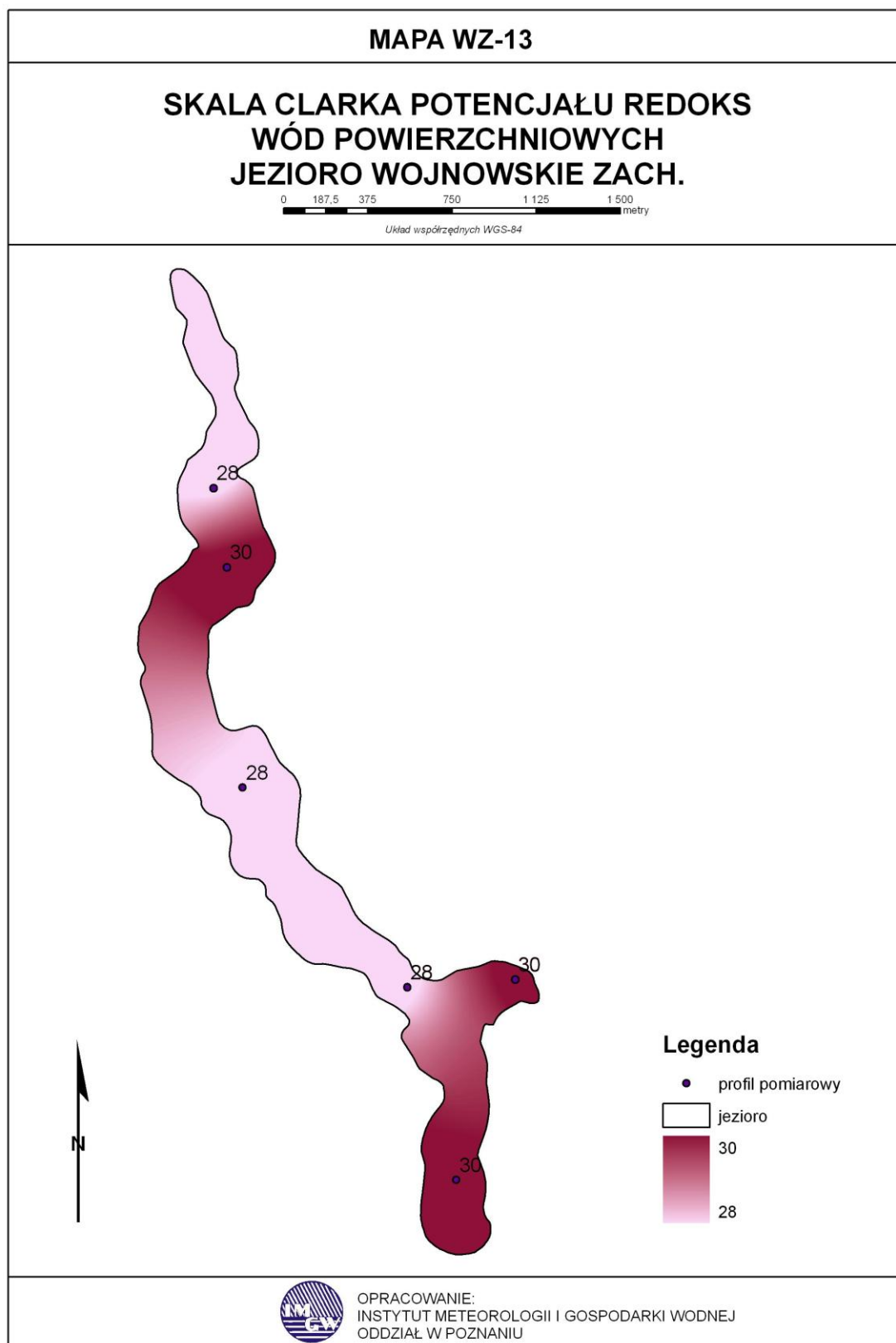
| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | REDOX zmierzony (mV) | | REDOX (wzgl. stand. elektrody) | | Skala CLARKA potencjału REDOX | |
|------|------------|--------------------------------|---------------|----------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | | | | przy powierzchni | przy dnie | przy powierzchni | przy dnie | przy powierzchni | przy dnie |
| 1 | W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 127 | 148 | 343 | 364 | 28 | 29 |
| 2 | W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 146 | 134 | 362 | 350 | 28 | 28 |
| 3 | W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 137 | 129 | 353 | 346 | 28 | 29 |
| 4 | W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 136 | 140 | 352 | 357 | 30 | 30 |
| 5 | W-5Z | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 128 | 128 | 345 | 345 | 30 | 30 |
| 6 | W-5W | N 52°06'29,5" | E 15°47'11,1" | 128 | 128 | 345 | 345 | 30 | 30 |
| 7 | W-6 | N 52°06'31,3" | E 15°47'35,8" | 126 | 126 | 343 | 343 | 30 | 30 |
| 8 | W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 137 | 138 | 354 | 355 | 31 | 30 |
| 9 | W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 138 | 138 | 355 | 355 | 30 | 30 |
| 10 | W-9 | N 52°07'22,2" | E 15°45'52,0" | 168 | 136 | 384 | 352 | 30 | 29 |

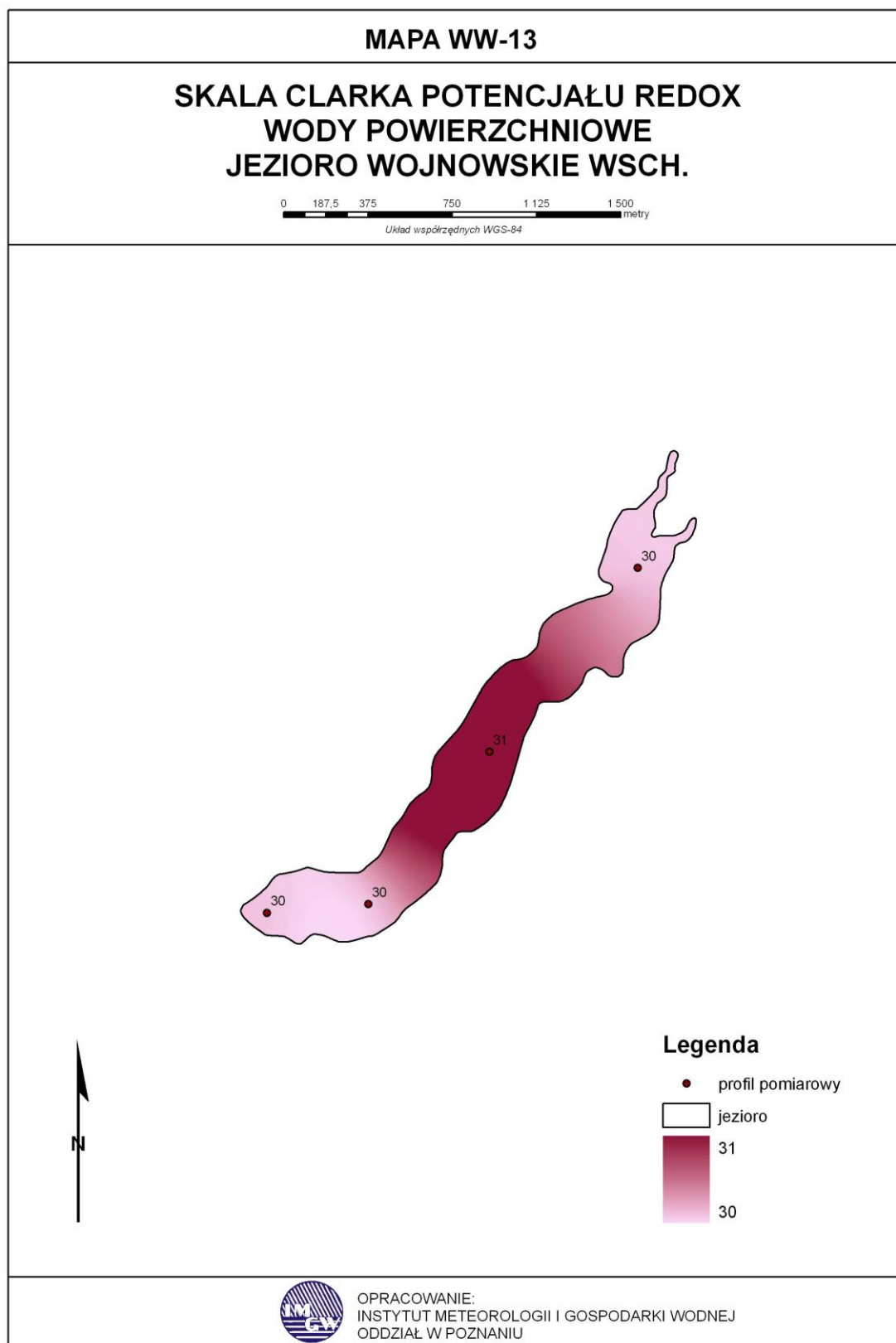


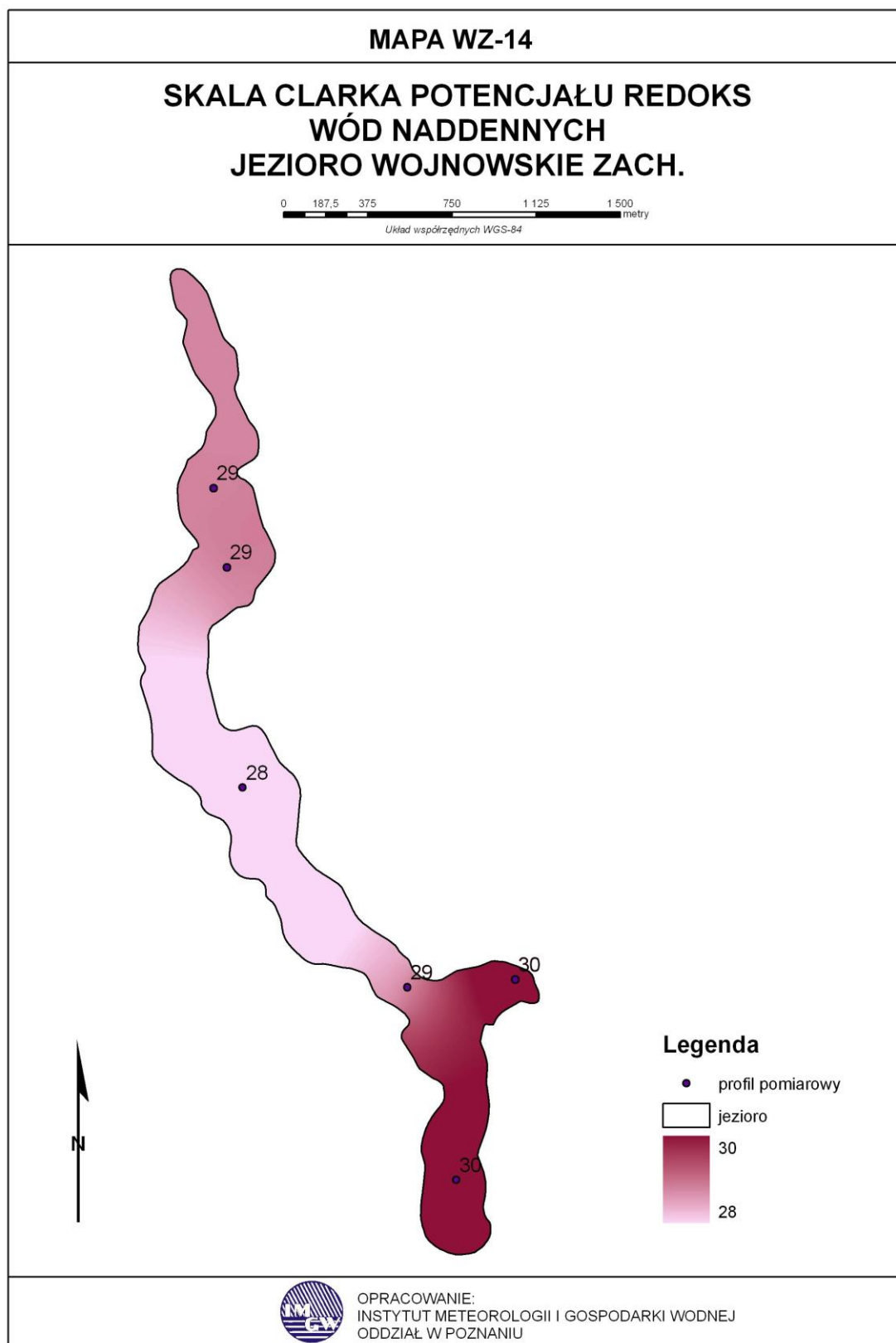


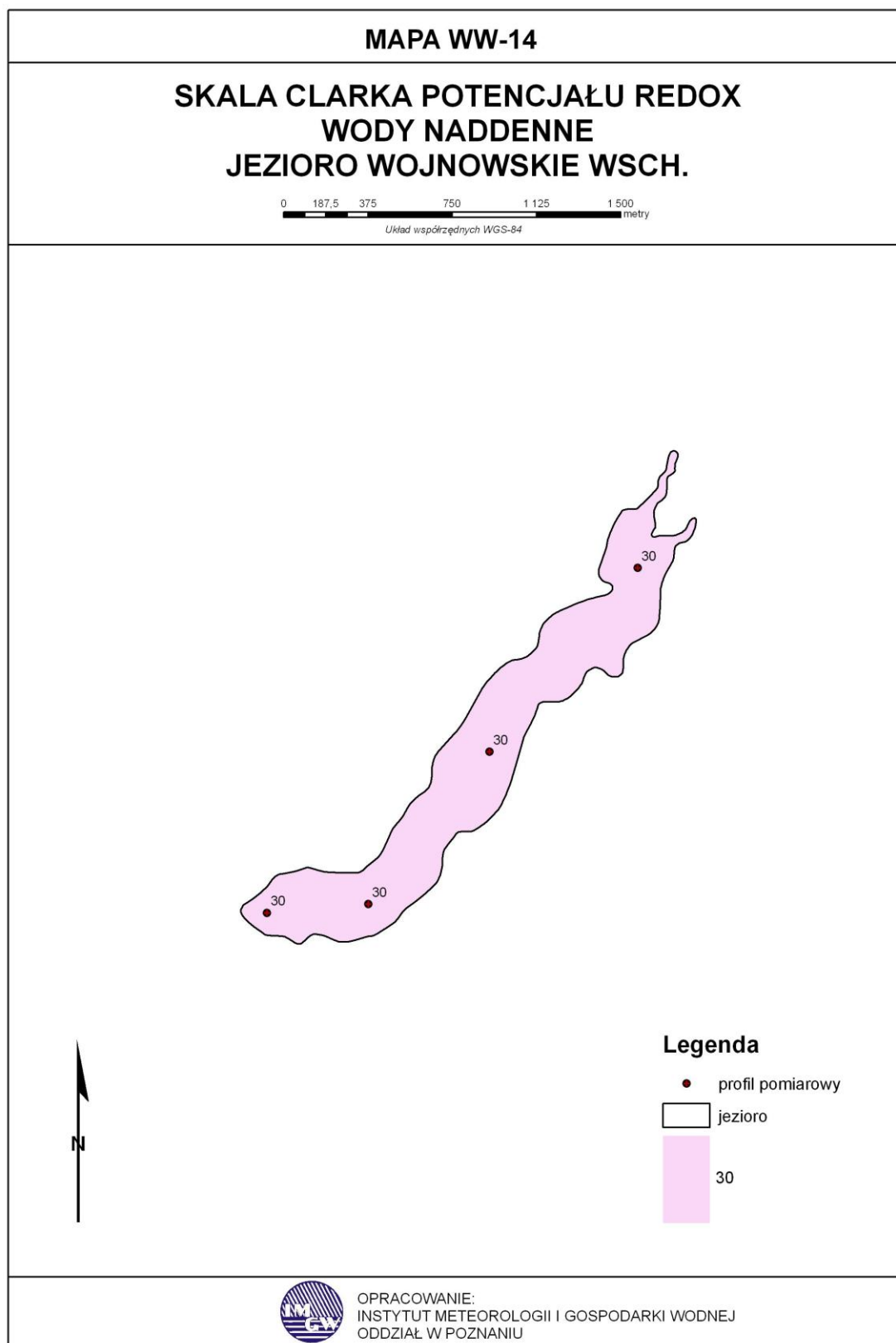












9.2.6. Zawartość azotu i fosforu

9.2.6.1. Wody jeziora

W rozkładzie przestrzennym zawartości fosforanów w wodach powierzchniowych Jez. Wojnowskiego Zachodniego, kierując się od S do N, zauważyć można wyraźną tendencję wzrostową. Najwyższe stężenia badanego parametru odnotowano w części środkowej i północnej (odpowiednio 0,20 i 0,18 mg/dm³). Przemieszczając się kierunku południowym jeziora zauważalne było systematyczne zmniejszanie się ilości anionów fosforanowych, rozpuszczonych w wodzie, aż do wartości oscylujących w pobliżu 0,15 mg/dm³. Najniższe wartości fosforanów (0,04 mg/dm³) stwierdzono jednak w pobliżu przesmyku, łączącego jeziora Wojnowskie. Bardzo podobny rozkład przestrzenny w obrębie zbiornika odnotowano w stosunku do zawartości fosforu całkowitego, w wodzie. Maksymalnie osiągał on wartość 0,30 mg/dm³. W przypadku wód naddennych zarówno fosfor jak i fosforany miały identyczny rozkład, z tym, że ich stężenia były o kilkadziesiąt mikrogramów wyższe do ich zawartości w wodach powierzchniowych.

Obserwacja rozkładu przestrzennego azotu całkowitego w wodach powierzchniowych Jez. Wojnowskiego Zachodniego wykazała, że koncentracja tego pierwiastka jest największa w północnej i środkowej części zbiornika, i oscyluje tam w granicach 3 mg/dm³. Spada natomiast ku południowi, gdzie osiąga wartości nieco przekraczające 2,3 mg/dm³. Najniższe wartości azotu (2,01 mg/dm³) stwierdzono w zatoce, która ma kontakt z Jez. Wojnowskim Wschodnim. Identycznie wygląda konfiguracja stężeń azotu mineralnego i amonowego, przy czym stężenie azotu mineralnego wahało się w granicach 0,06-0,13 mg/dm³, a azotu amonowego 0,05-0,12 mg/dm³. W przypadku wód przydennych stężenia badanych związków azotowych charakteryzowały się identycznym rozkładem przestrzennym jak przy powierzchni oraz zwiększonymi, przeciętnie o kilkadziesiąt µg/dm³, wartościami.

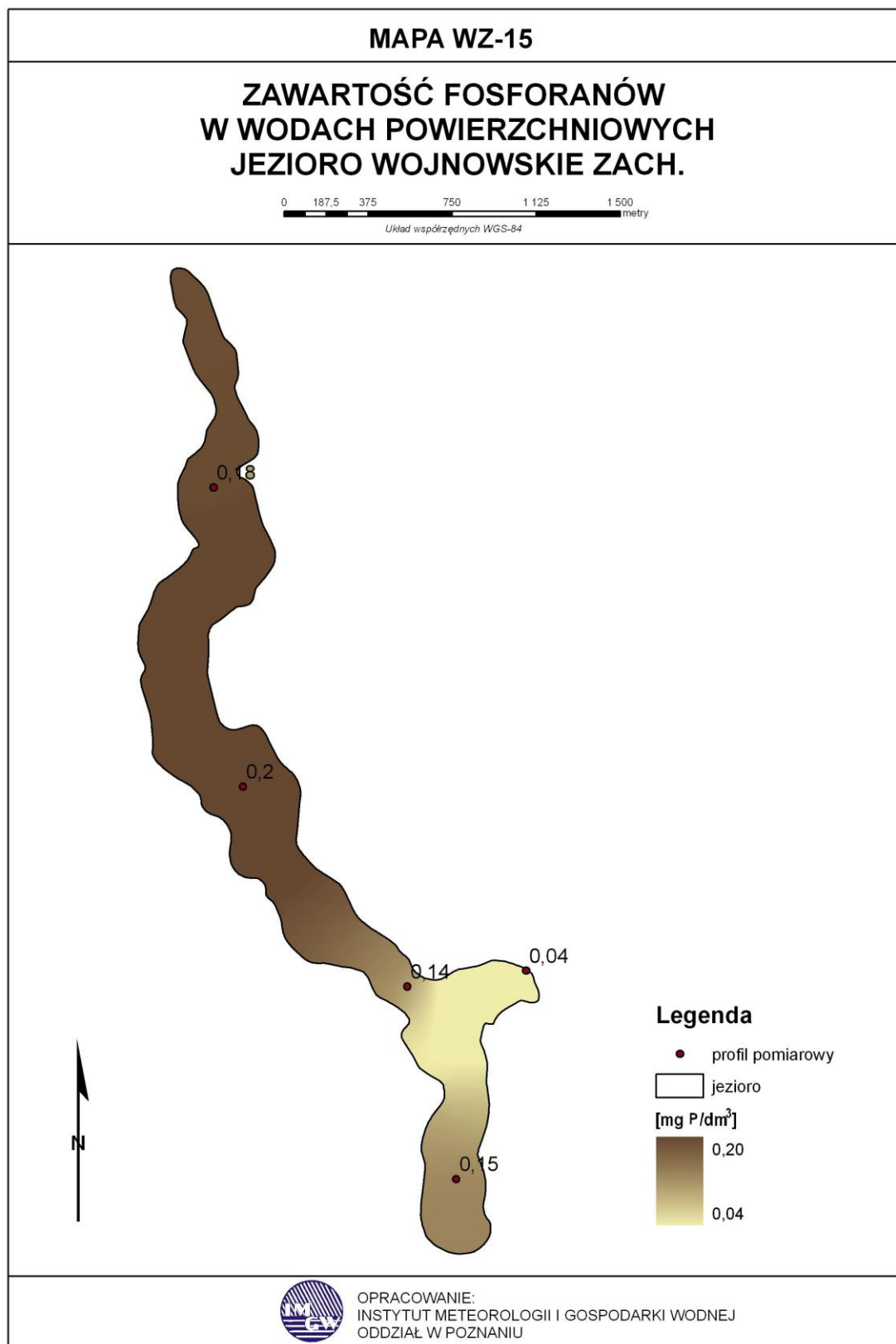
Na zmienność w układzie przestrzennym obserwowanych parametrów w Jez. Wojnowskim Zachodnim znaczący wpływ mają wody dopływów, spływy powierzchniowe z terenów zabudowanych i pól oraz nielegalne zrzuty ścieków. Zarówno w przypadku analizy zawartości związków fosforu jak i azotu widać, że najwyższe ich stężenia występują w pobliżu zabudowań i terenów użytkowanych rolniczo.

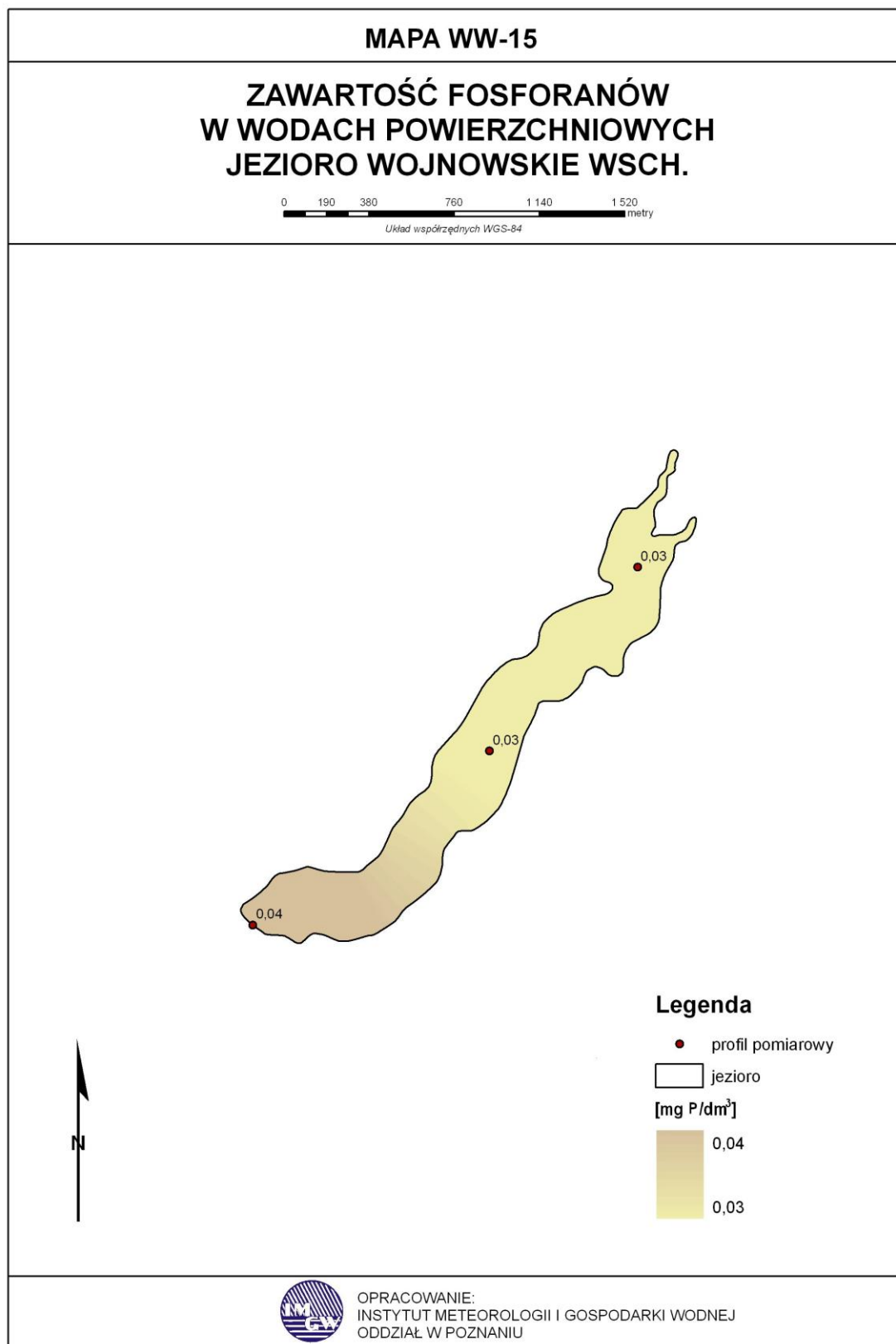
Tab.33. Związki azotu i fosforu w wodach powierzchniowych – Jeziora Wojnowskie

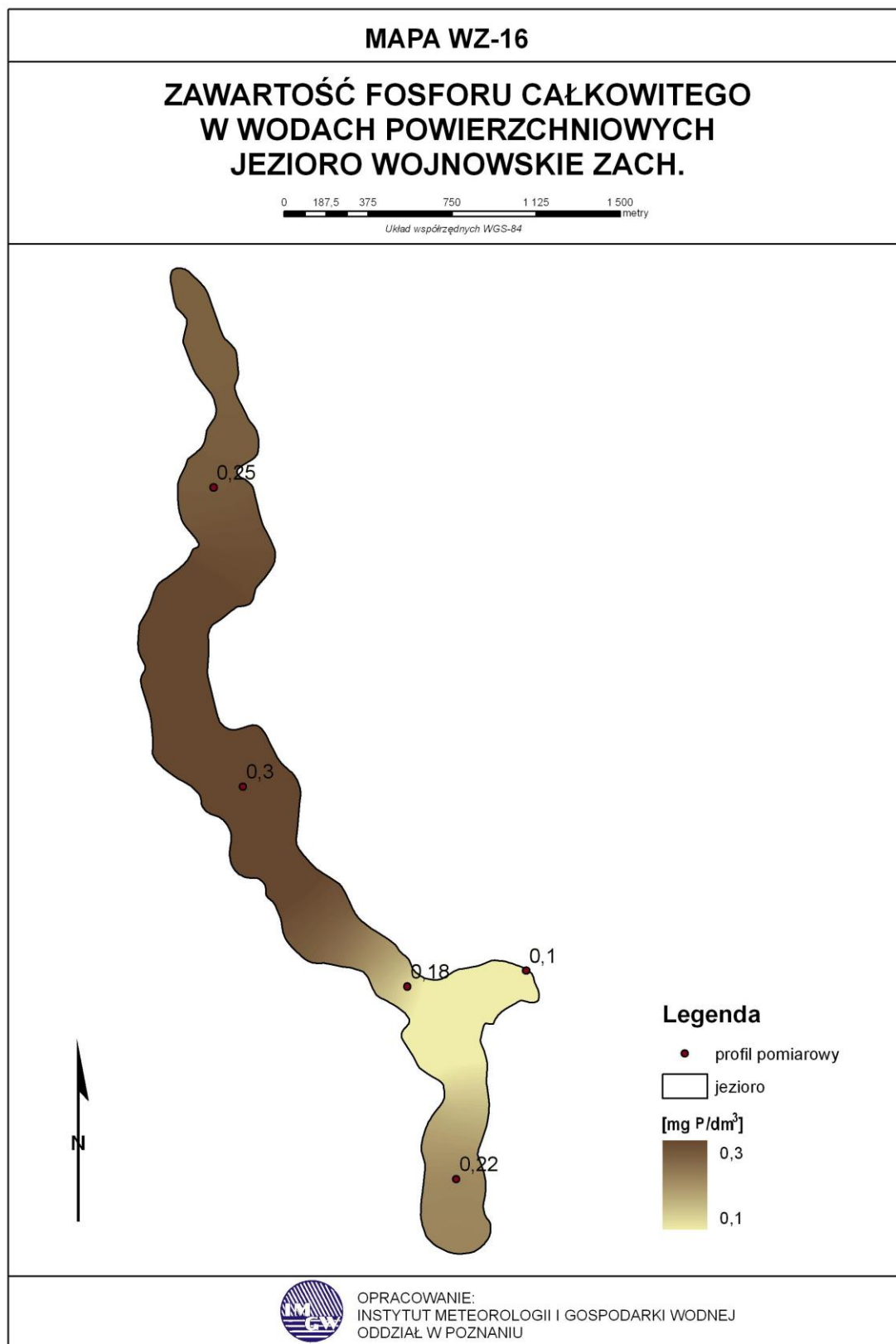
| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | Fosforany | Fosfor całkowity | Azot ogólny | Azot mineralny | Azotany | Azot amonowy |
|------------------------------|------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------|---------|--------------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | mg P/dm ³ | | mg N/dm ³ | | | |
| JEZIORO WOJNOWSKIE ZACHODNIE | | | | | | | | | |
| 1 | W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 0,18 | 0,25 | 3,11 | 0,13 | 0,01 | 0,12 |
| 2 | W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 0,20 | 0,30 | 2,92 | 0,12 | 0,02 | 0,10 |
| 3 | W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 0,14 | 0,18 | 2,32 | 0,08 | 0,02 | 0,06 |
| 4 | W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 0,15 | 0,22 | 2,31 | 0,07 | 0,01 | 0,06 |
| 5 | W-5Z | N 52°06'25,9" | E 15°47'06,2" | 0,04 | 0,10 | 2,01 | 0,06 | 0,01 | 0,05 |
| JEZIORO WOJNOWSKIE WSCHODNIE | | | | | | | | | |
| 1 | W-5W | N 52°06'27,6" | E 15°47'09,0" | 0,04 | 0,10 | 2,01 | 0,06 | 0,01 | 0,05 |
| 2 | W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 0,03 | 0,05 | 2,01 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 3 | W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 0,03 | 0,10 | 1,81 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |

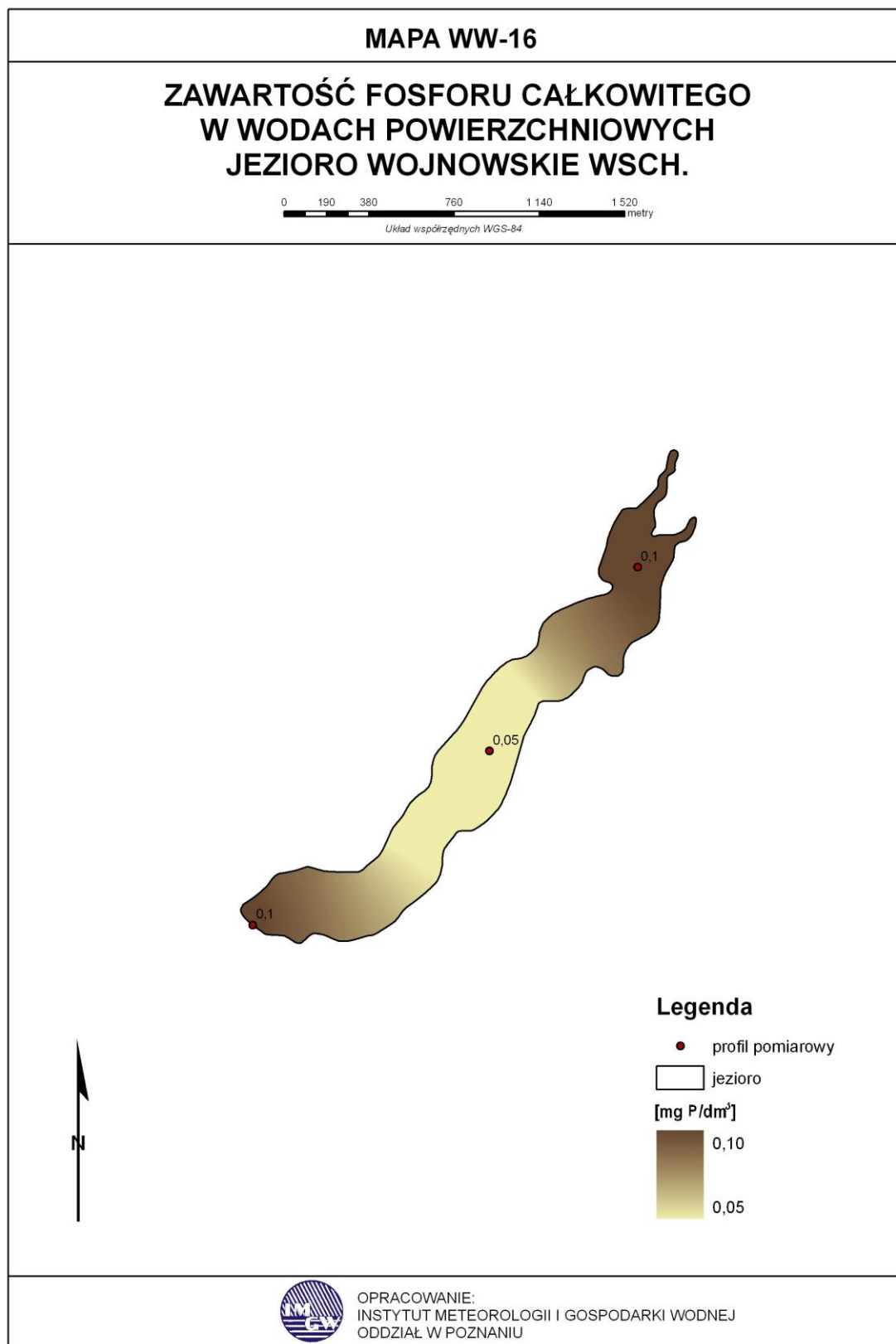
Tab.34. Związki azotu i fosforu w wodach naddennych – Jeziora Wojnowskie

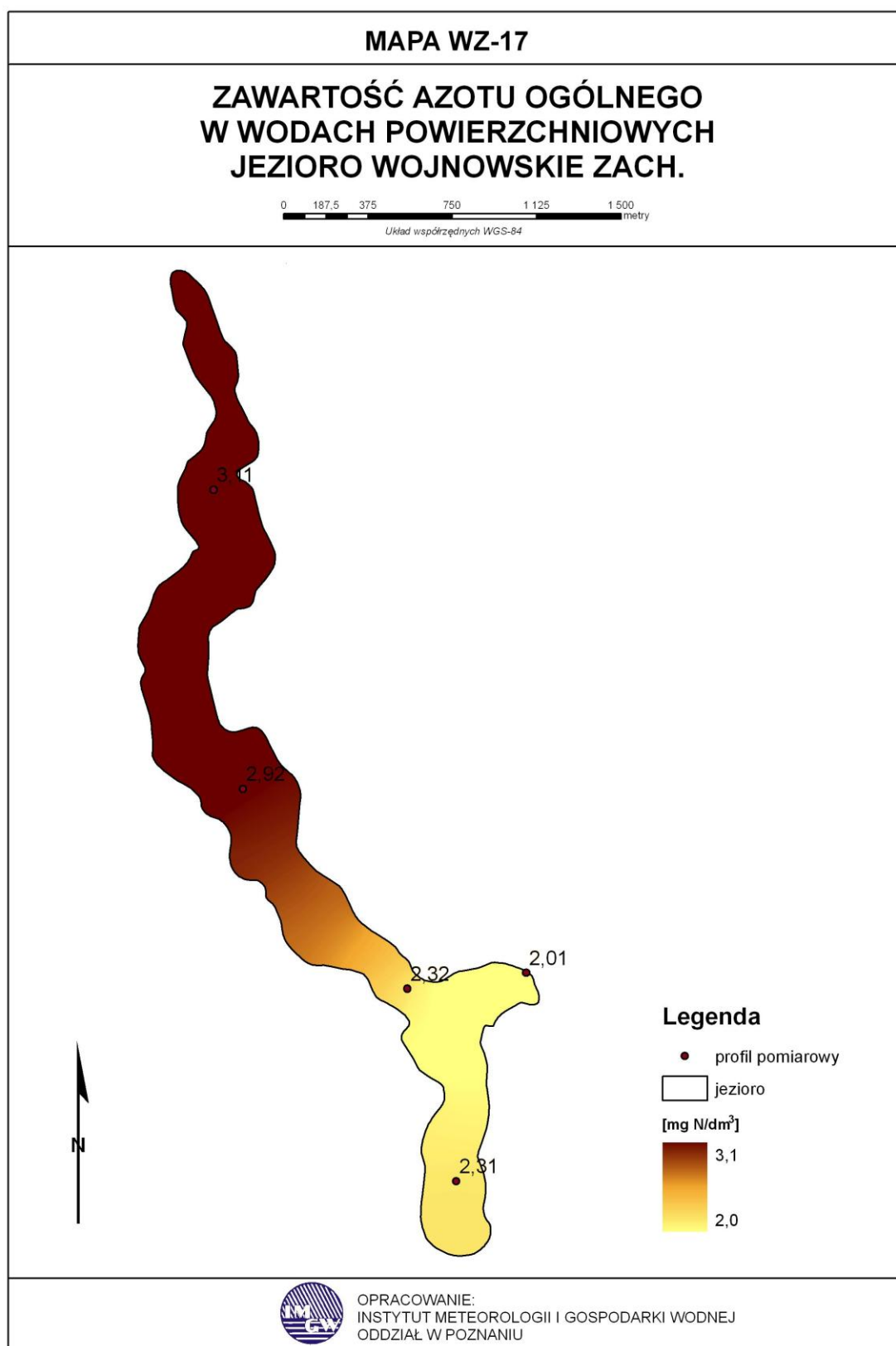
| L.p. | Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | Fosforany | Fosfor całkowity | Azot ogólny | Azot mineralny | Azotany | Azot amonowy |
|------------------------------|------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------|---------|--------------|
| | | szerokość geograficzna | długość geograficzna | mg P/dm ³ | mg N/dm ³ | | | | |
| JEZIORO WOJNOWSKIE ZACHODNIE | | | | | | | | | |
| 1 | W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 0,20 | 0,28 | 3,83 | 1,63 | 0,03 | 1,60 |
| 2 | W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 0,22 | 0,35 | 3,65 | 1,55 | 0,05 | 1,50 |
| 3 | W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 0,14 | 0,20 | 3,06 | 0,54 | 0,06 | 0,48 |
| 4 | W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 0,18 | 0,30 | 2,92 | 0,74 | 0,02 | 0,45 |
| 5 | W-5Z | N 52°06'25,9" | E 15°47'06,2" | 0,04 | 0,10 | 2,01 | 0,06 | 0,01 | 0,05 |
| JEZIORO WOJNOWSKIE WSCHODNIE | | | | | | | | | |
| 1 | W-5W | N 52°06'27,6" | E 15°47'09,0" | 0,04 | 0,10 | 2,01 | 0,06 | 0,01 | 0,05 |
| 2 | W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 0,05 | 0,10 | 2,12 | 0,06 | 0,02 | 0,04 |
| 3 | W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 0,03 | 0,10 | 1,81 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |

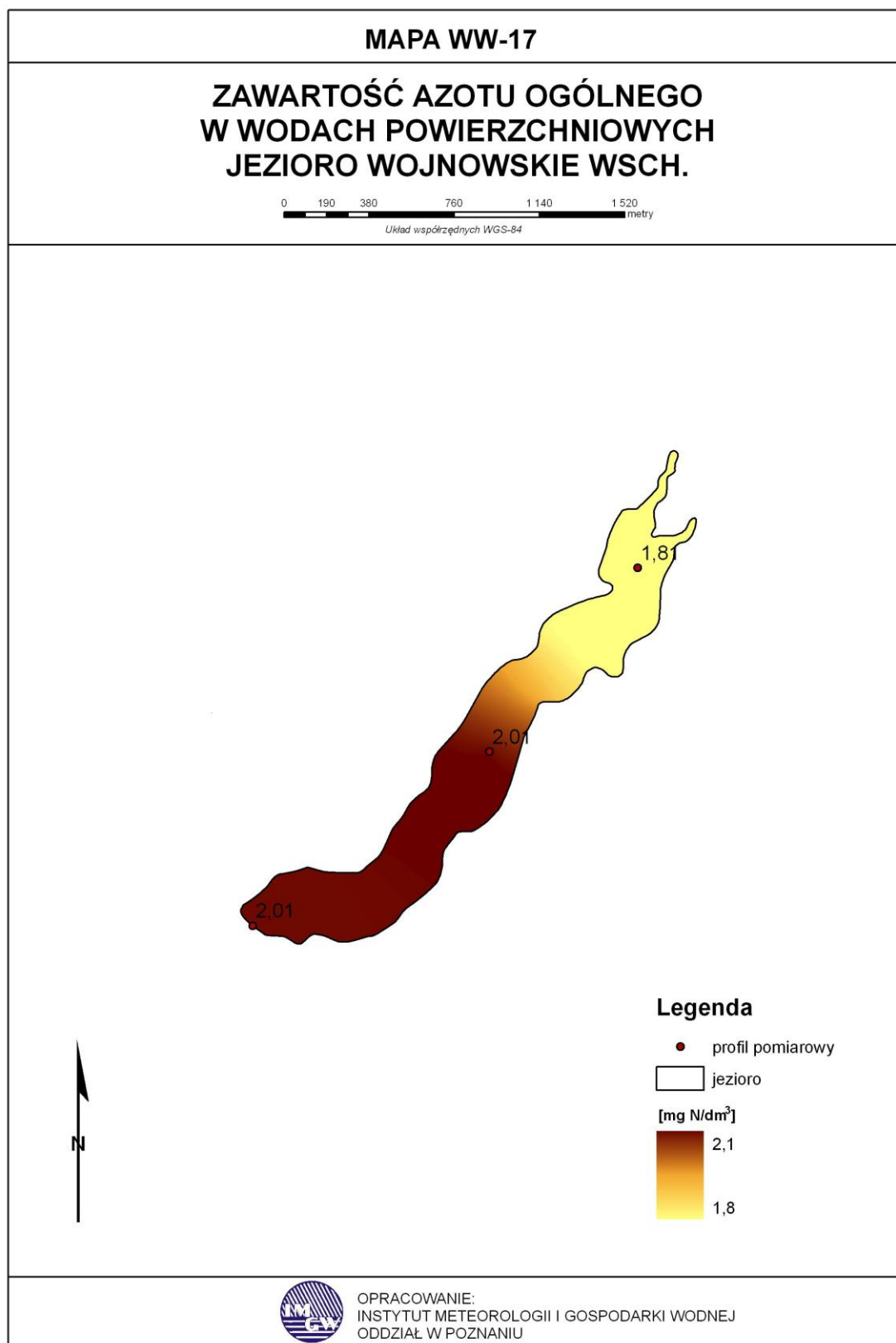


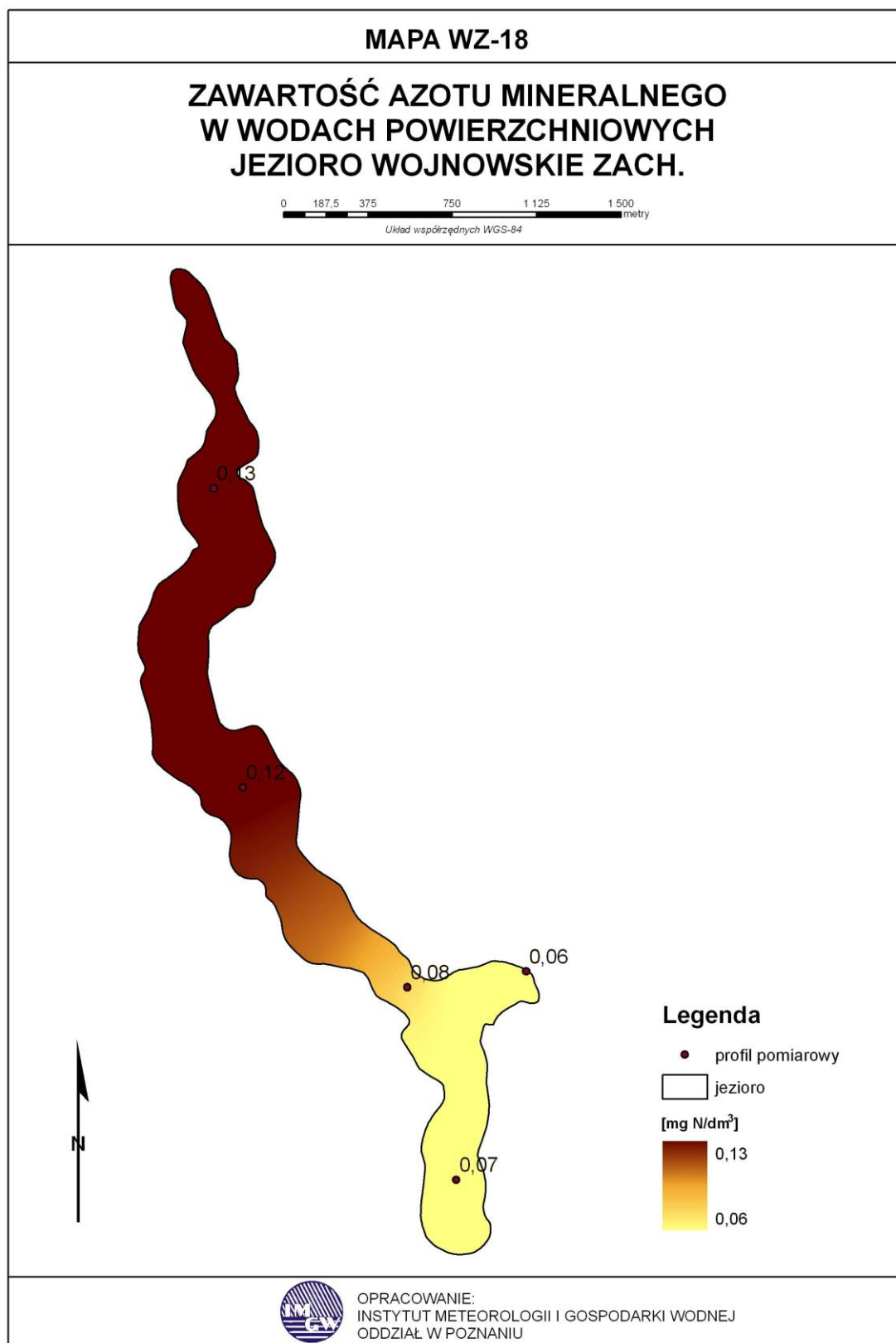


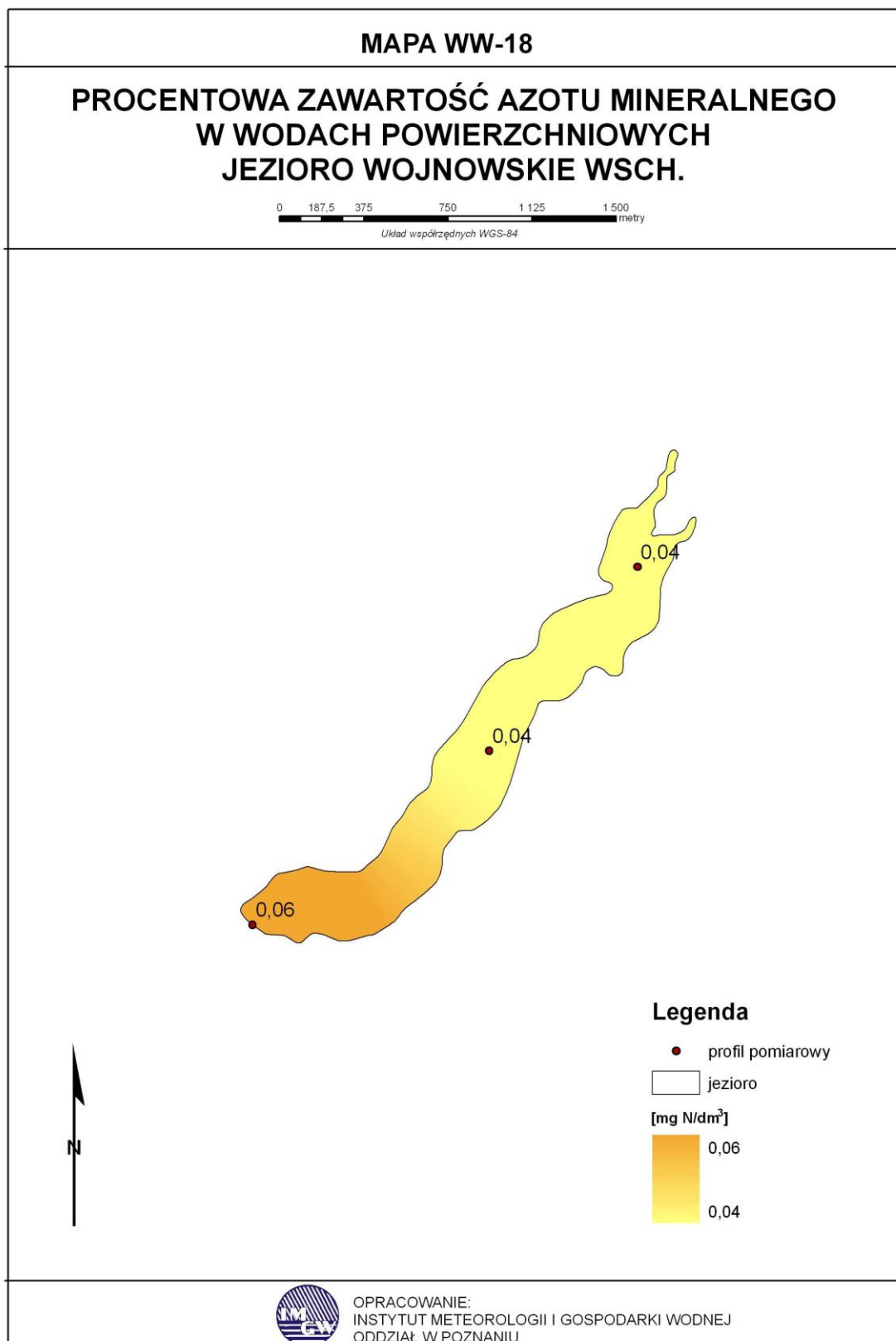


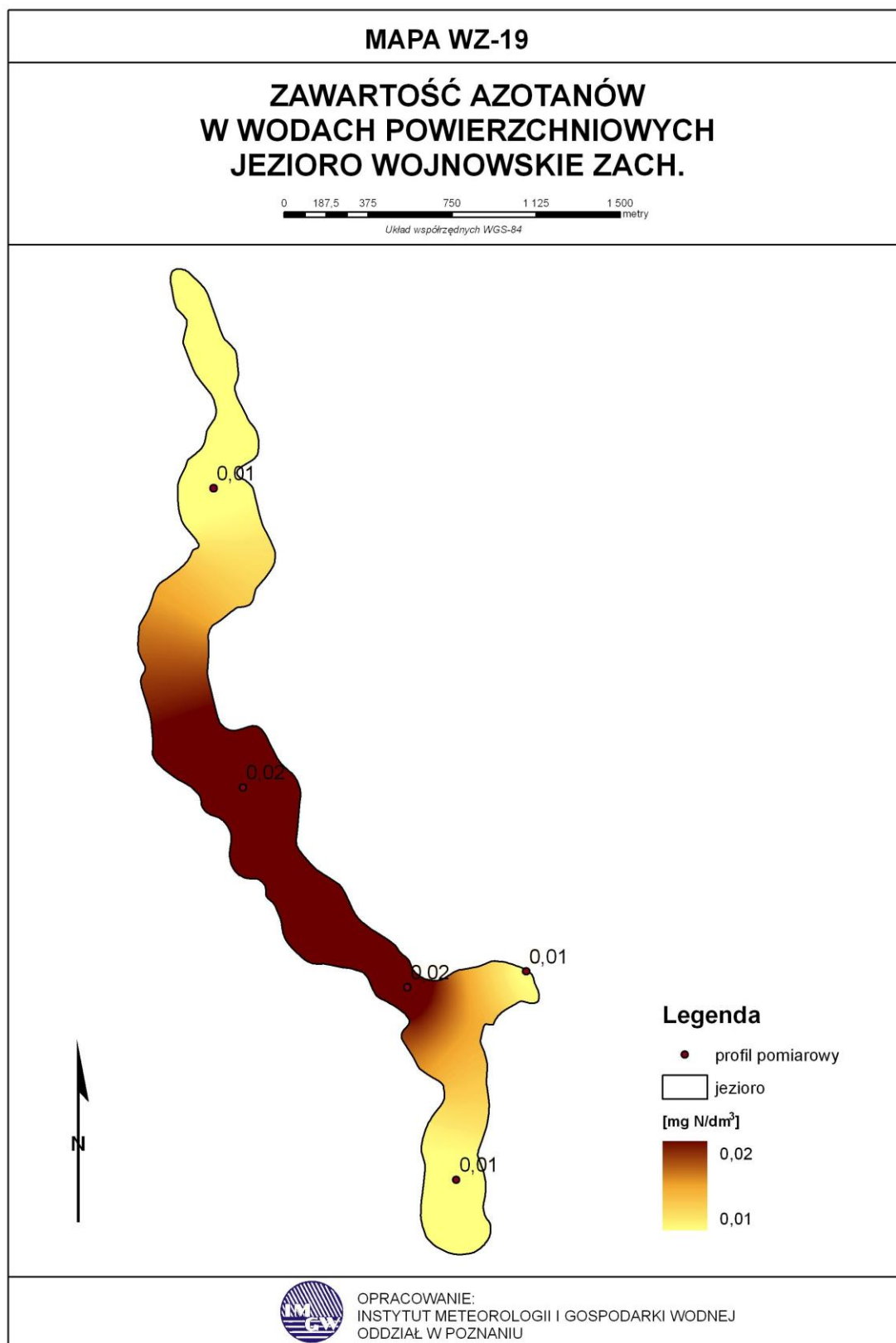


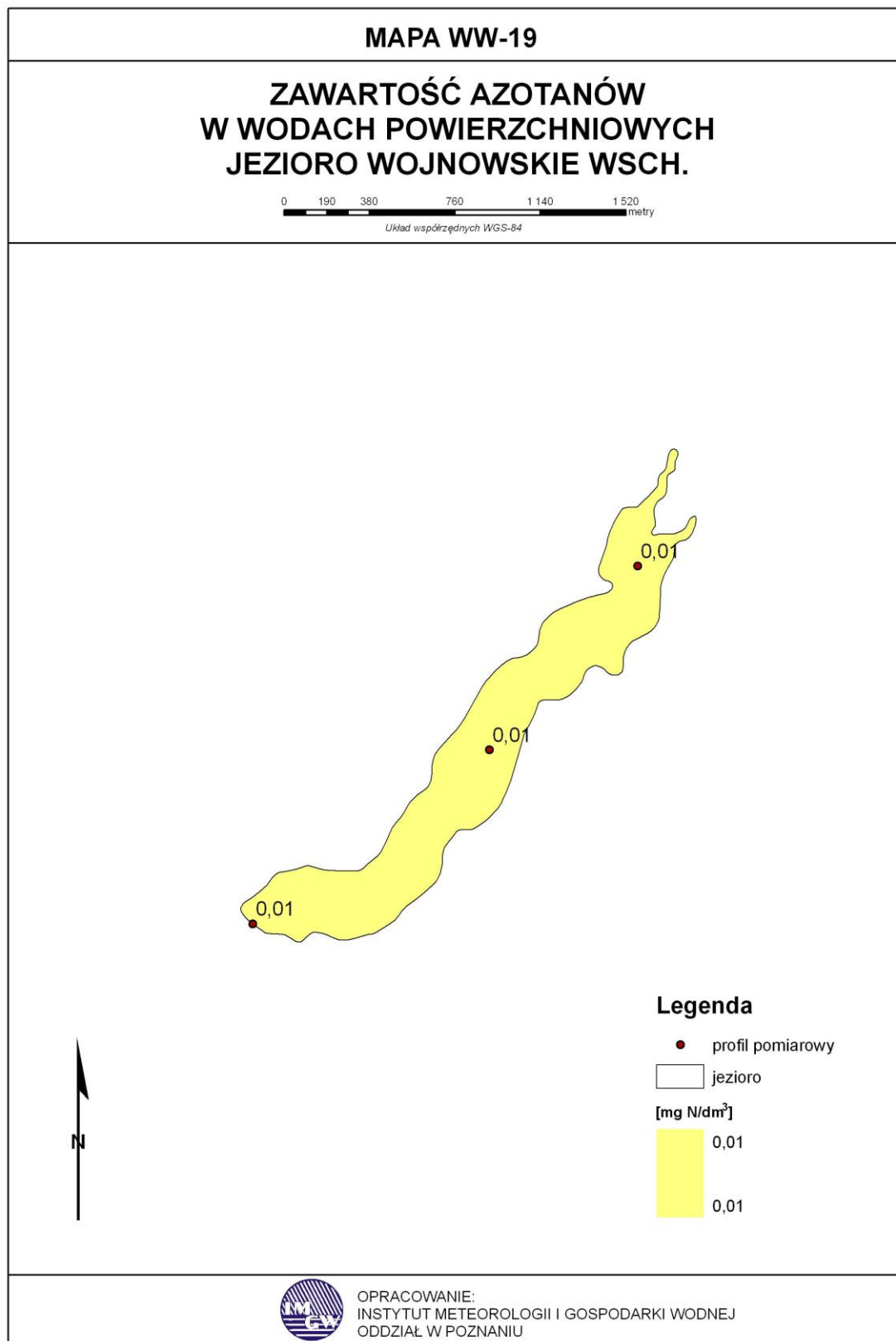


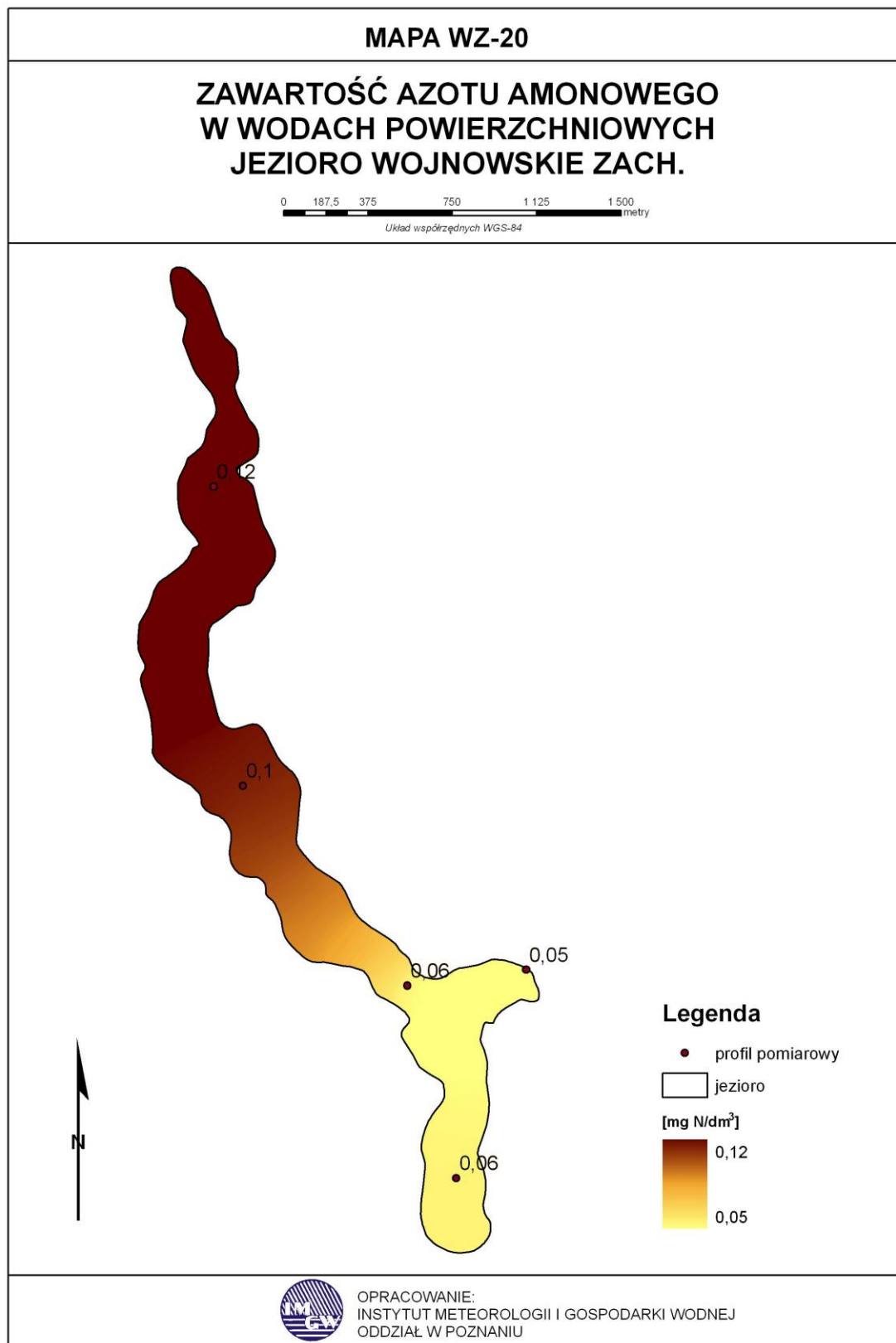


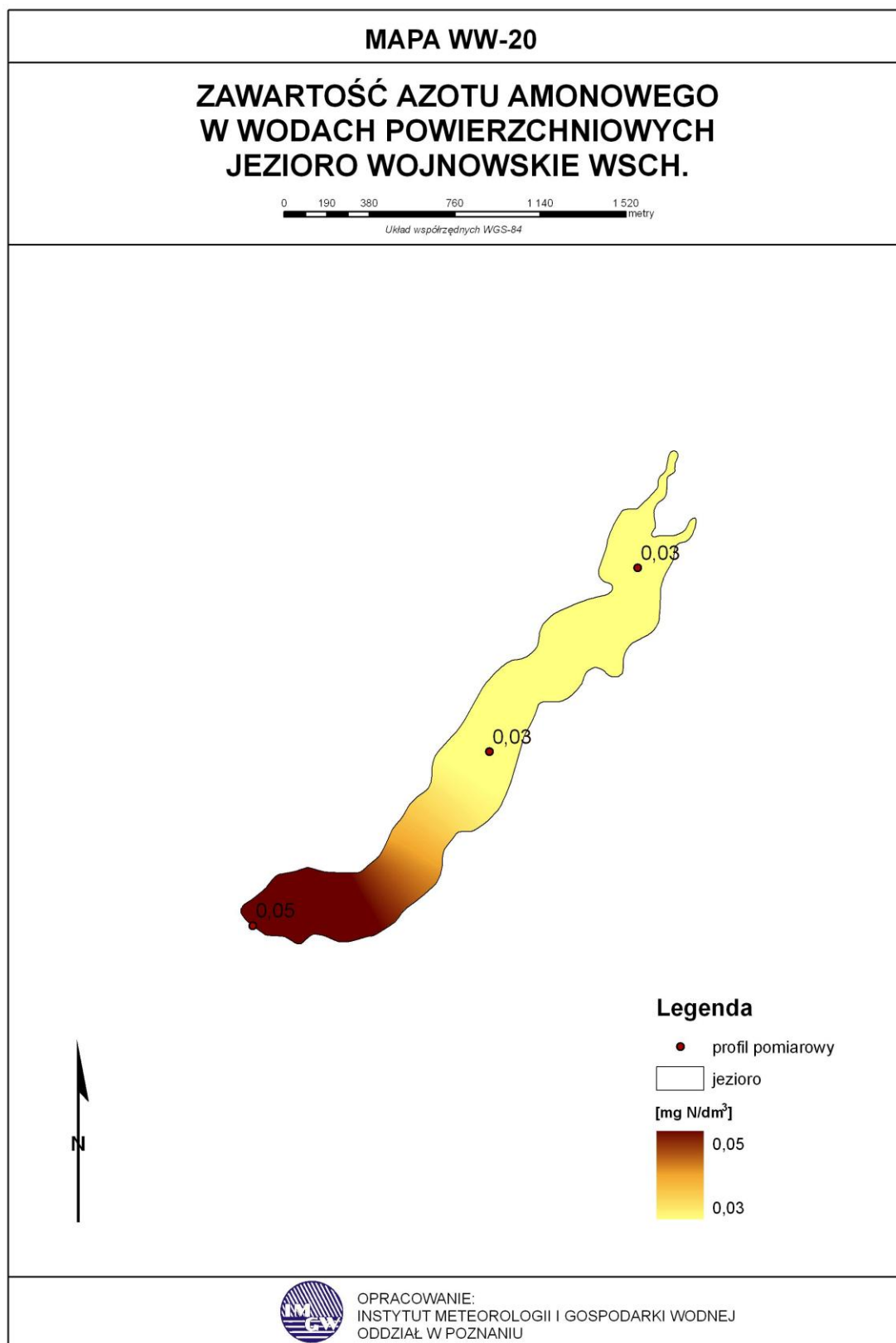


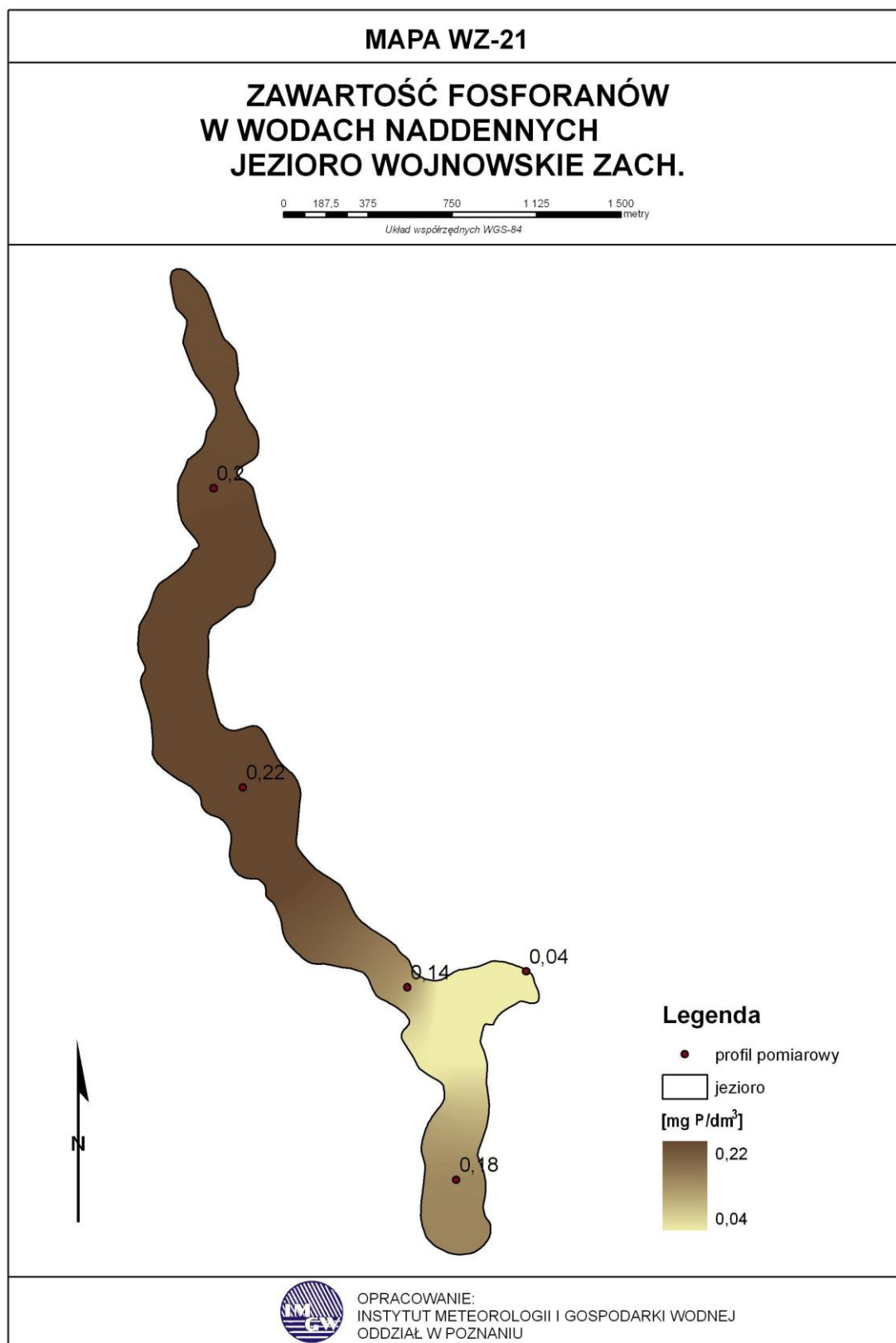


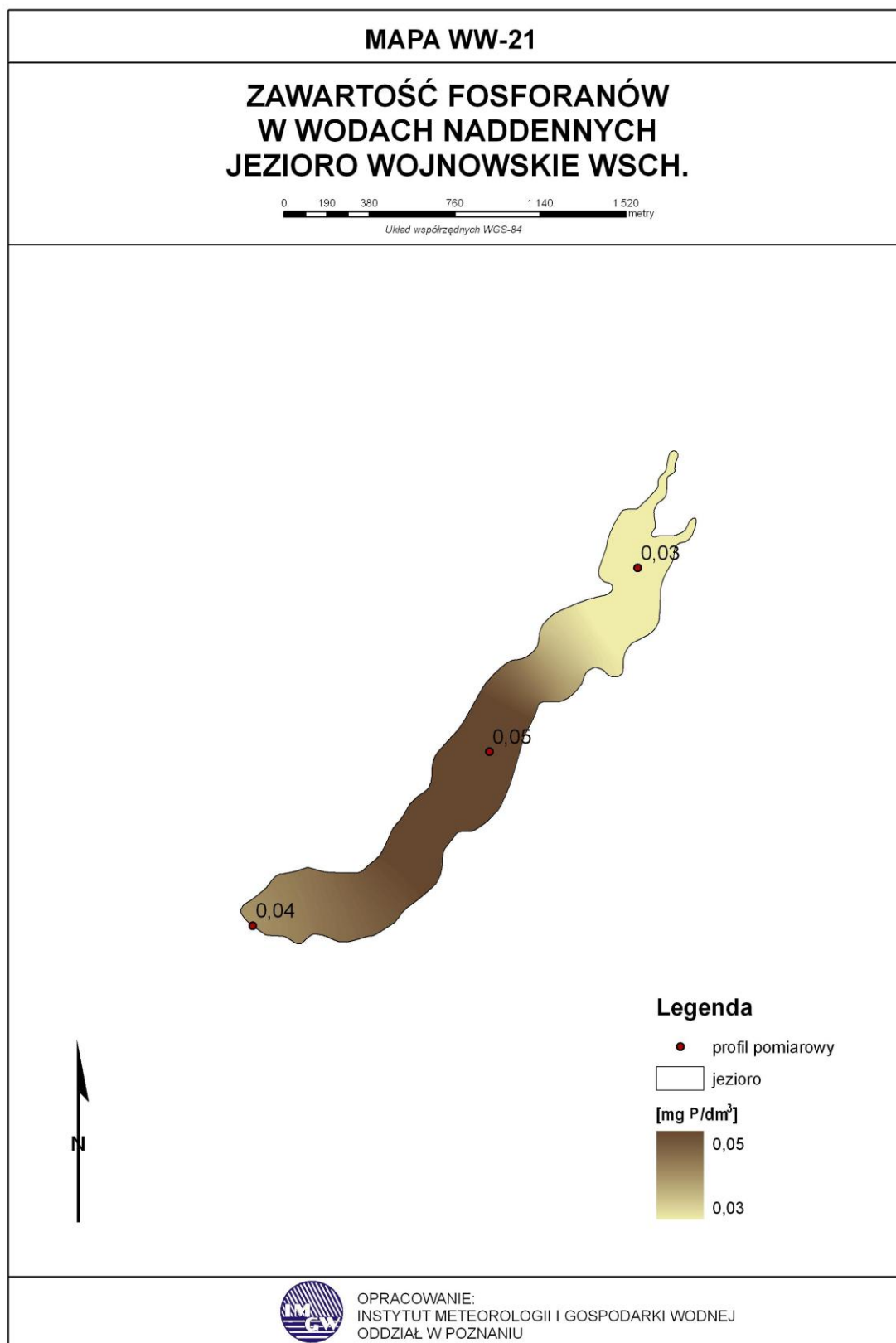


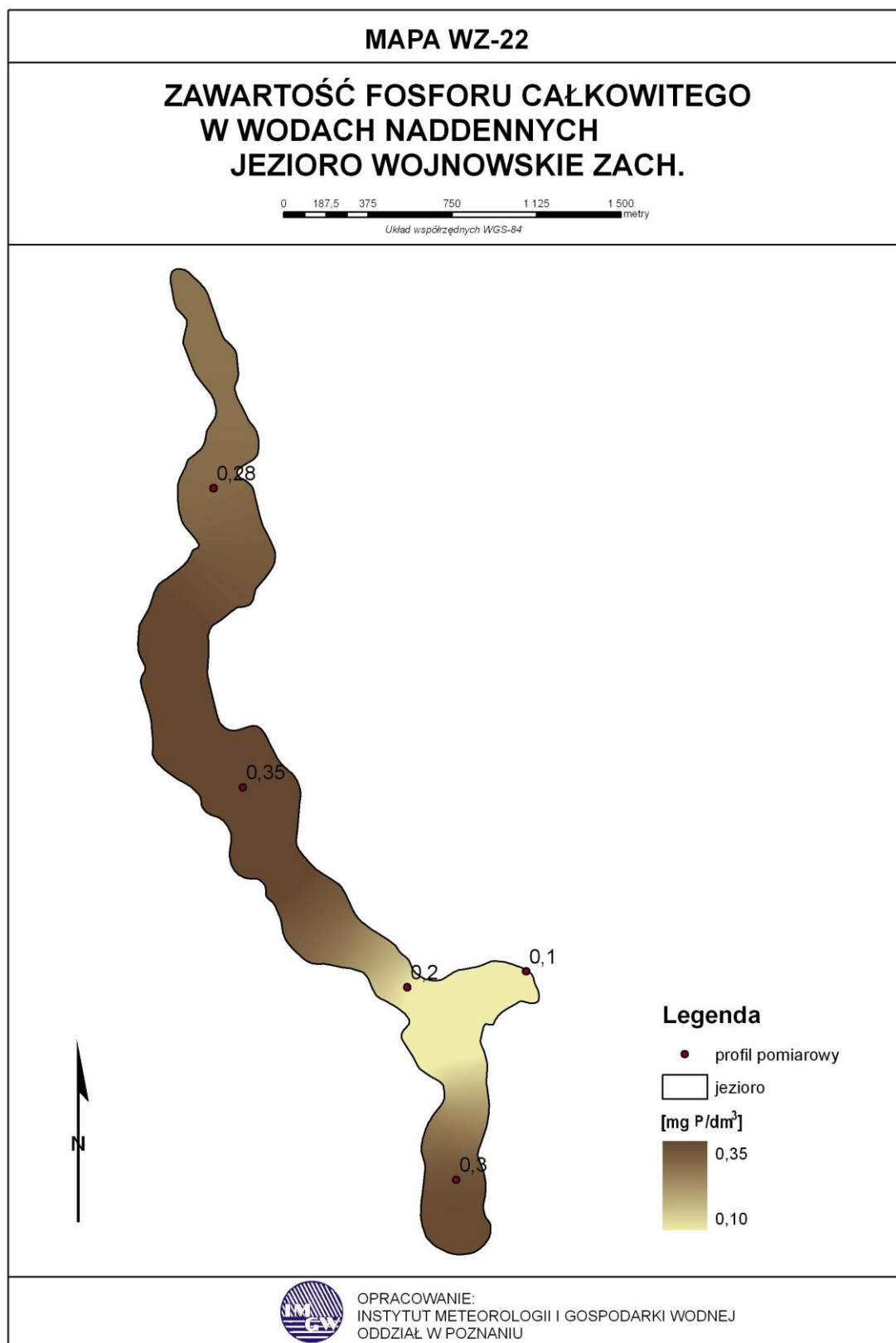


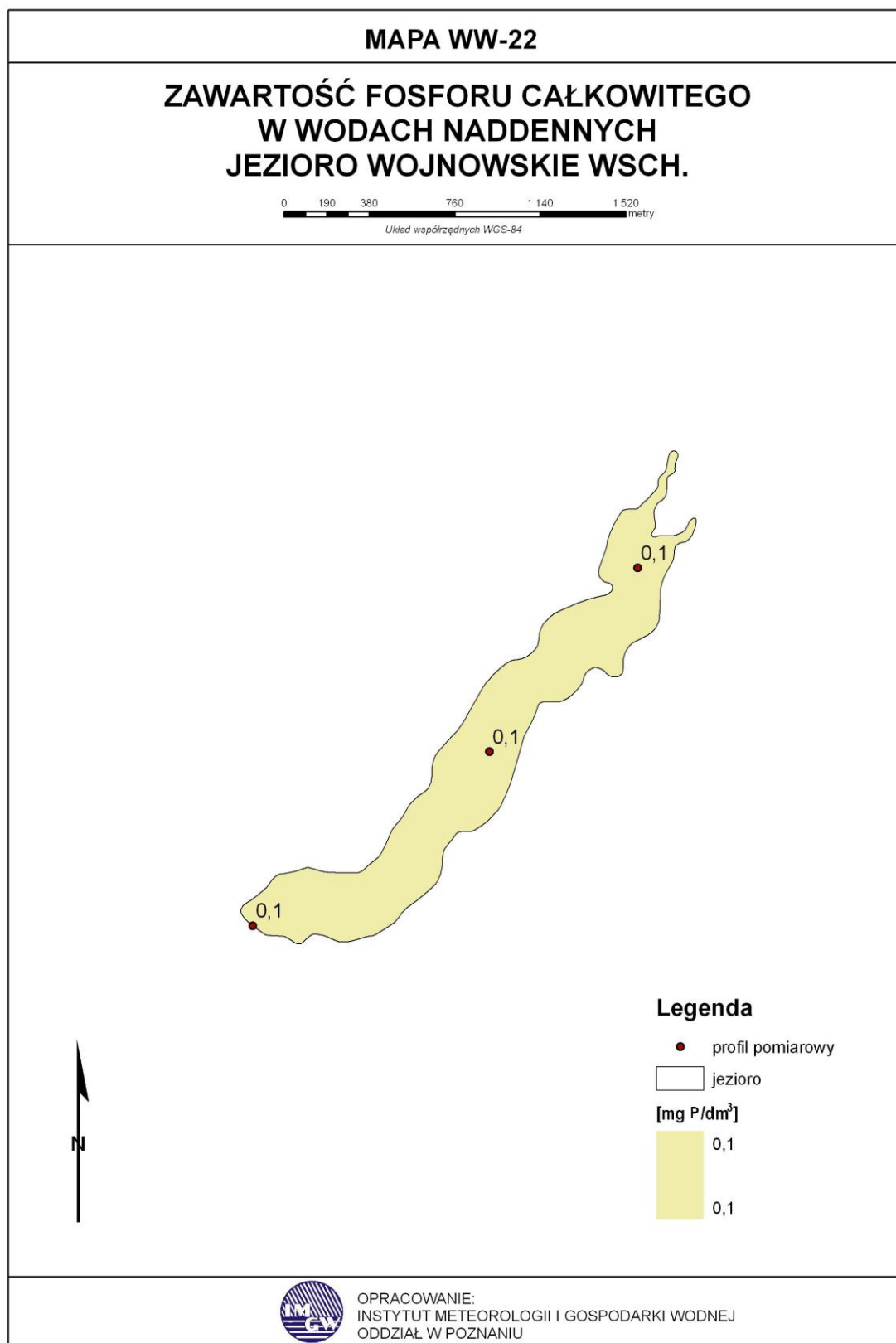


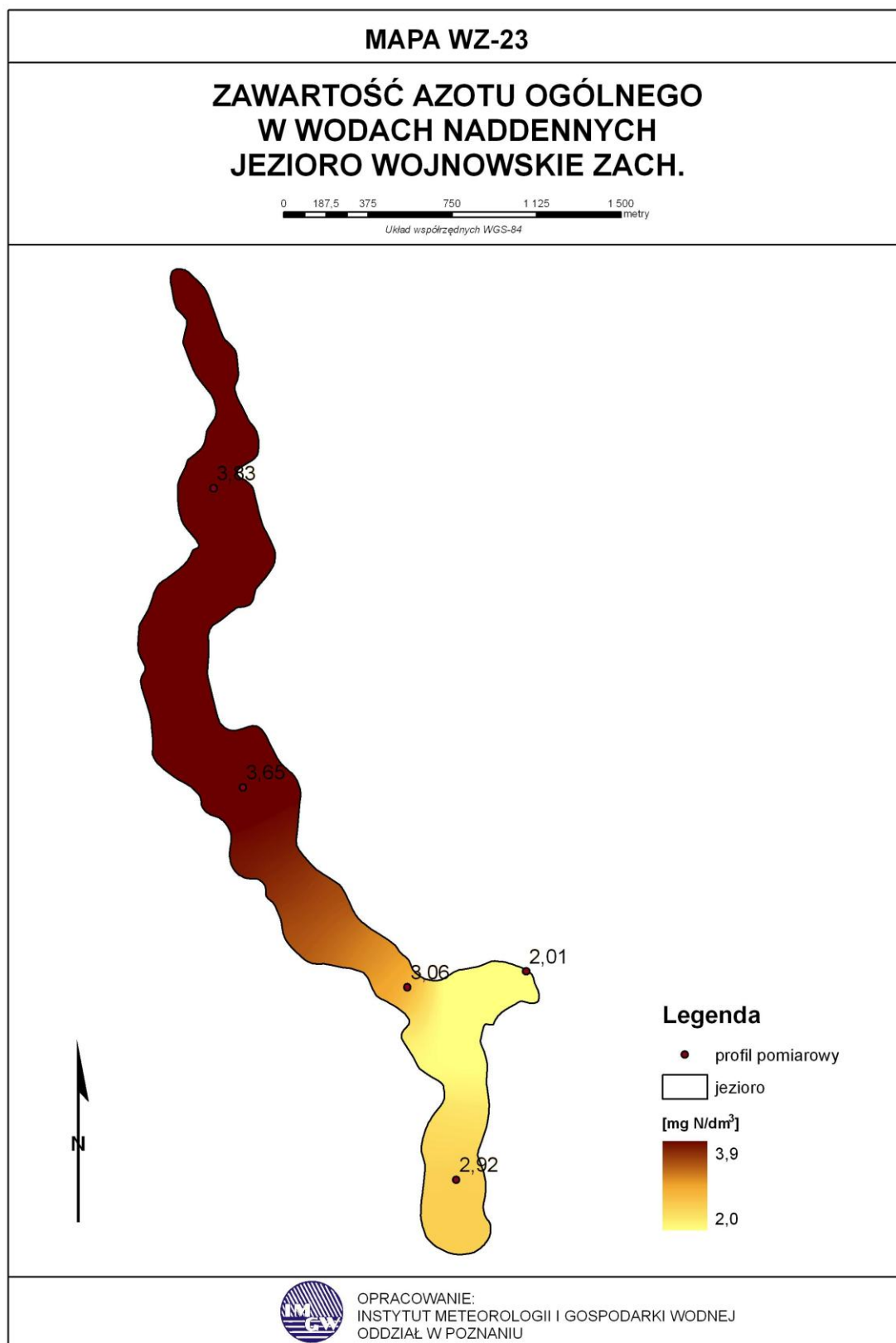


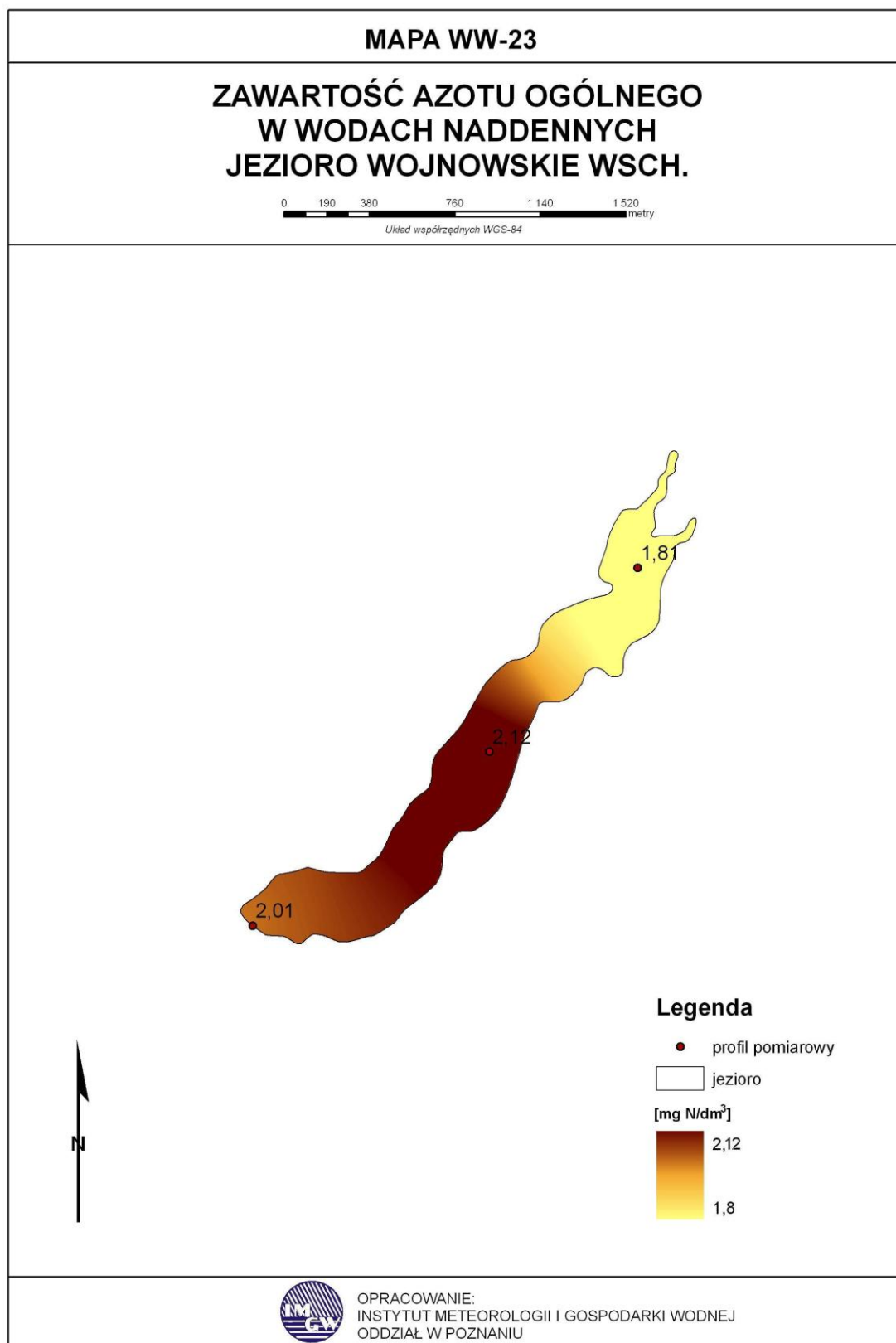


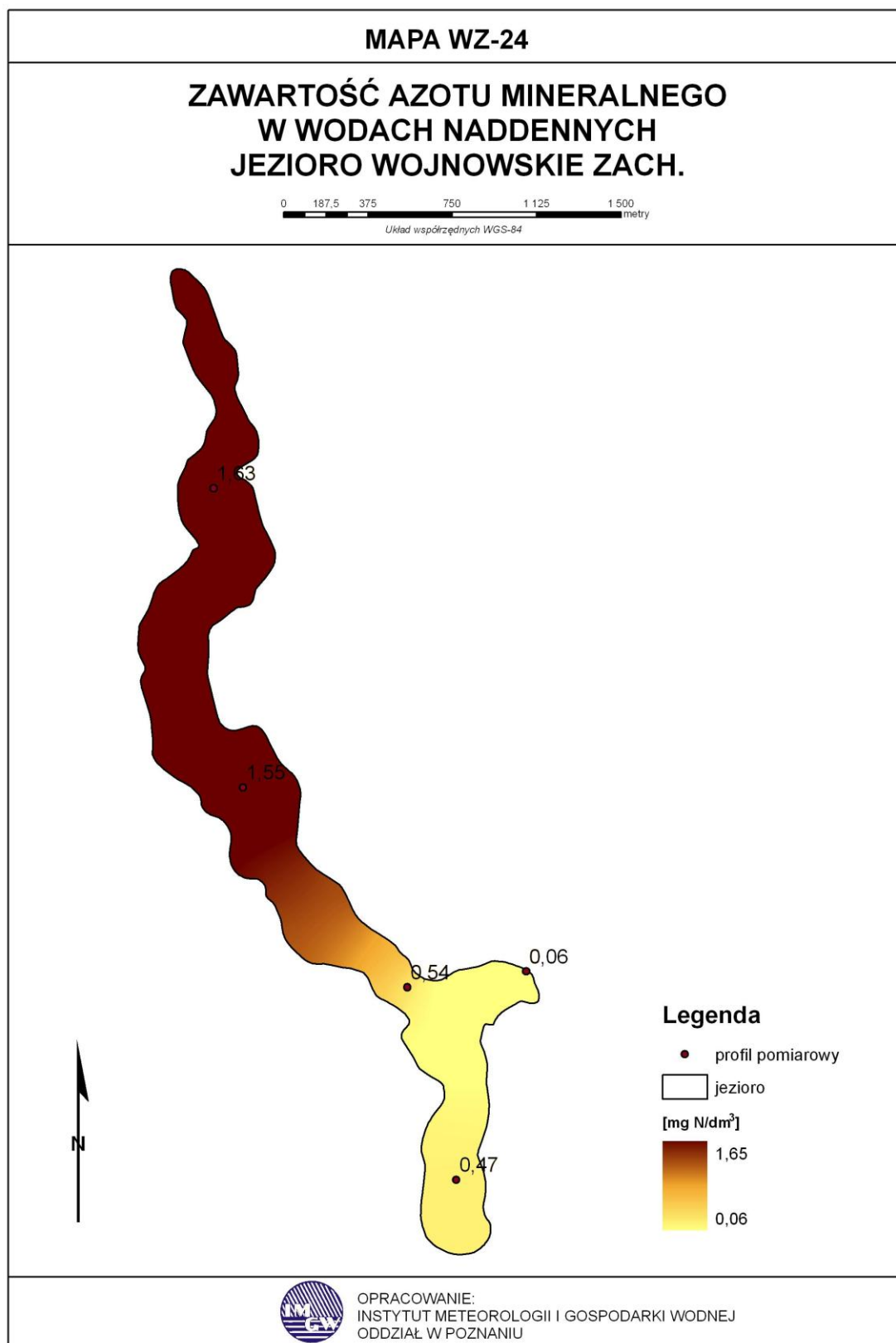


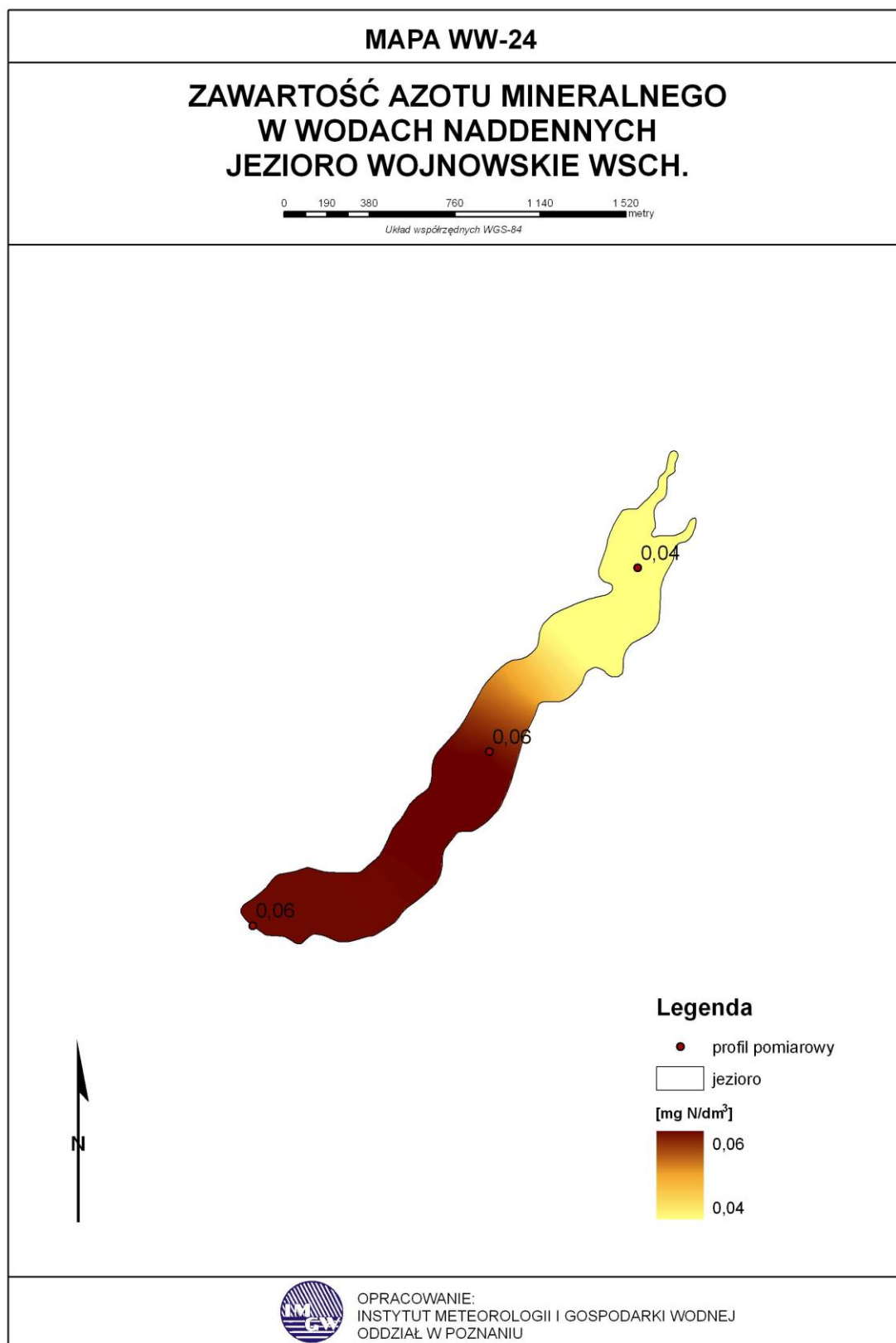


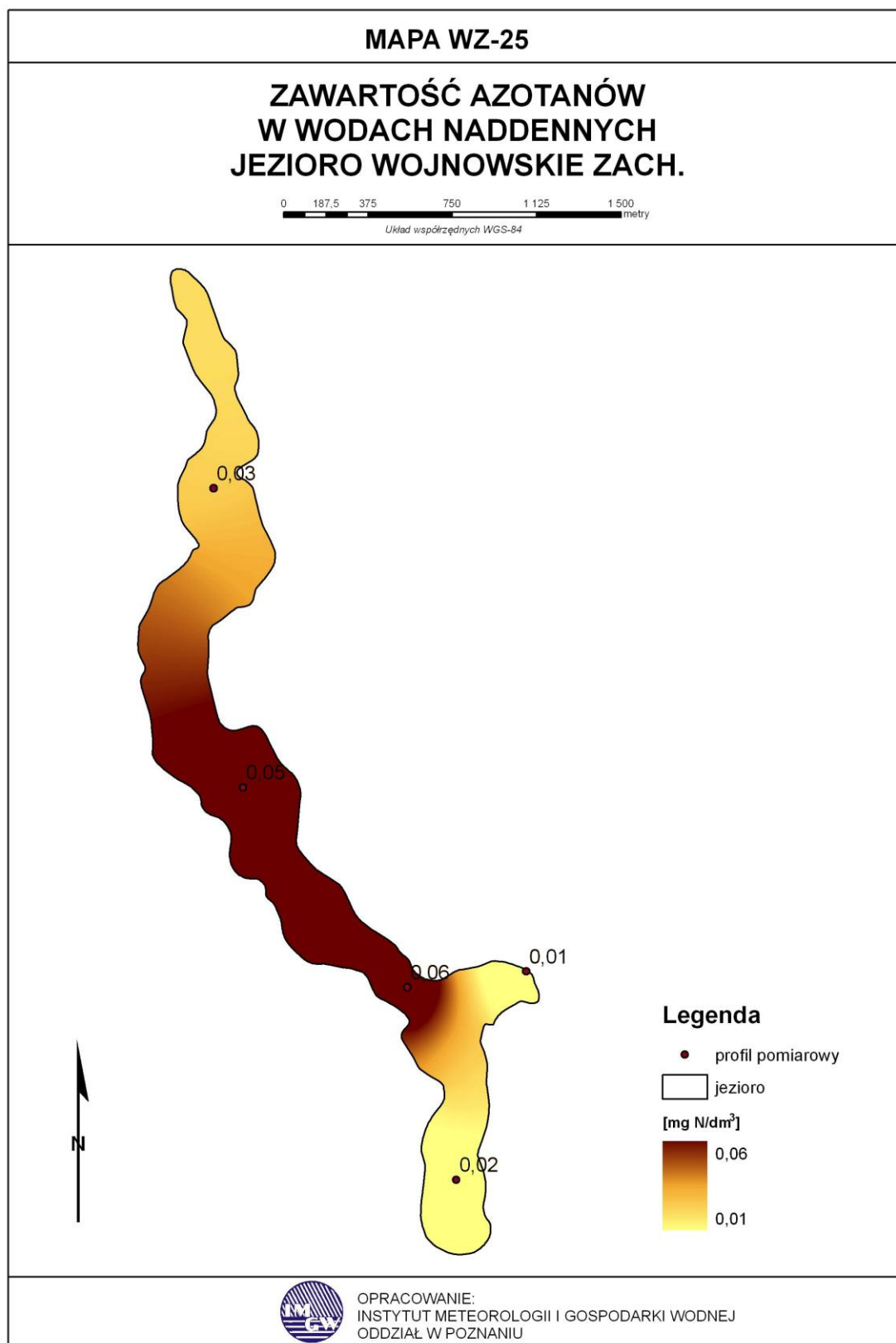


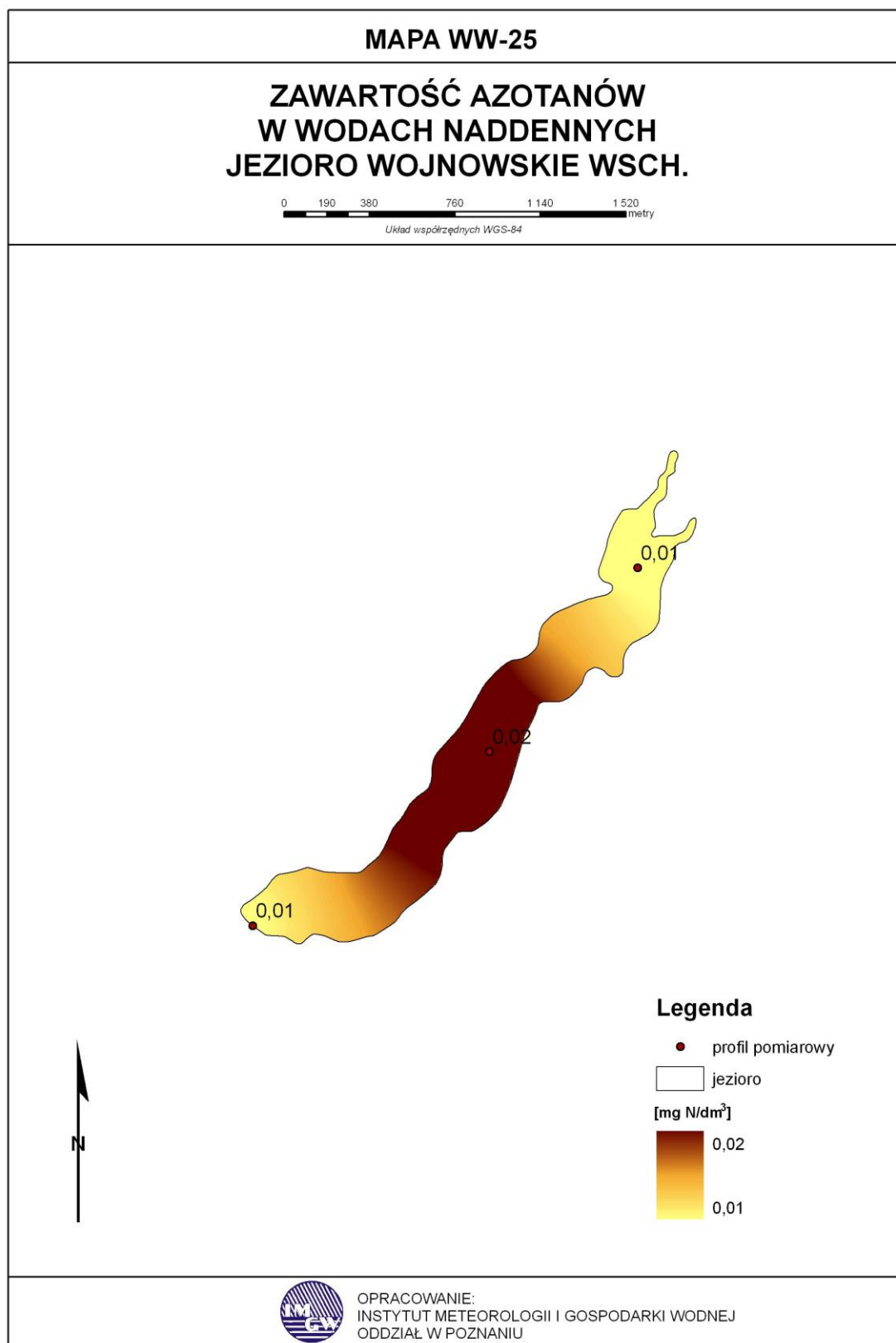


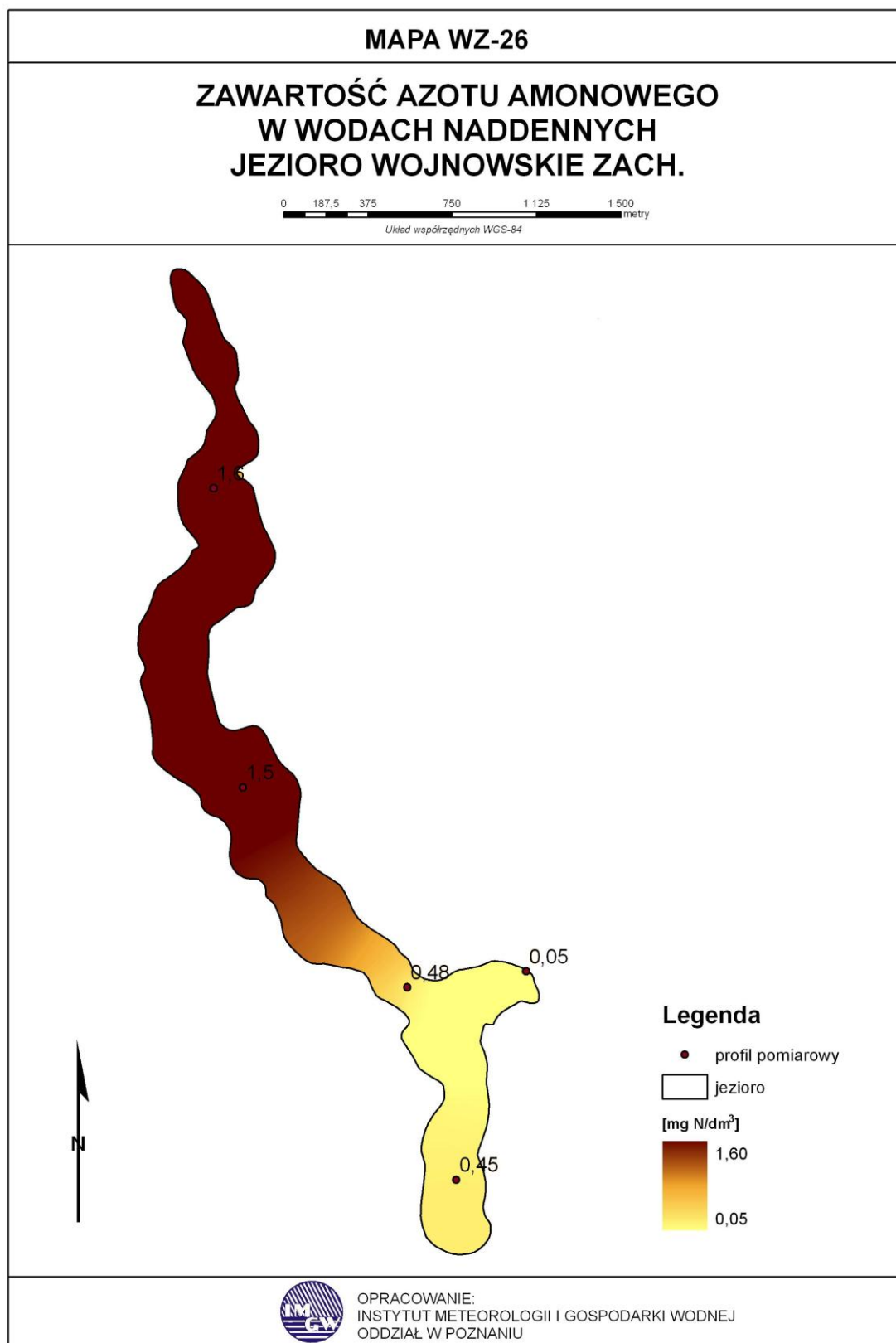


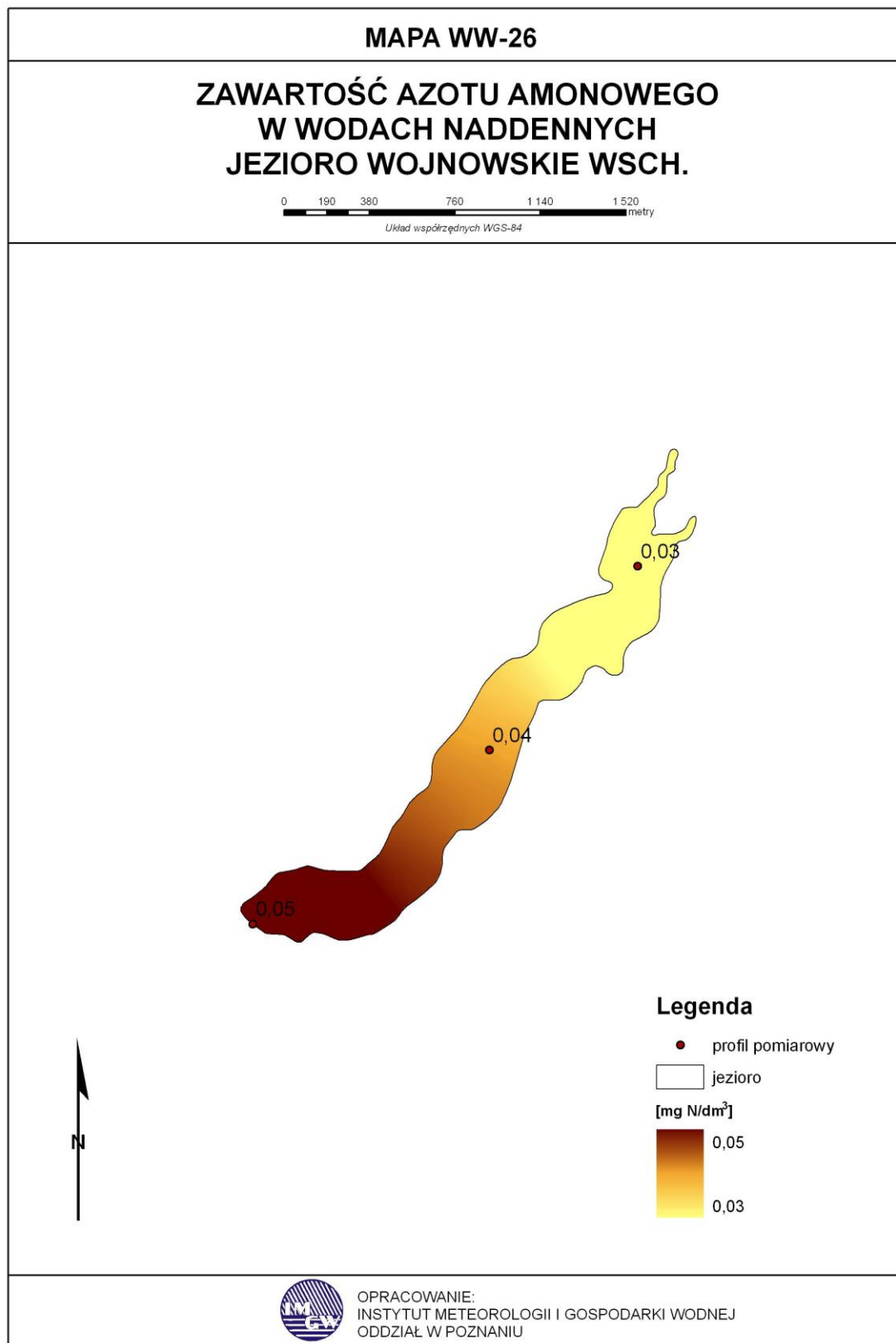










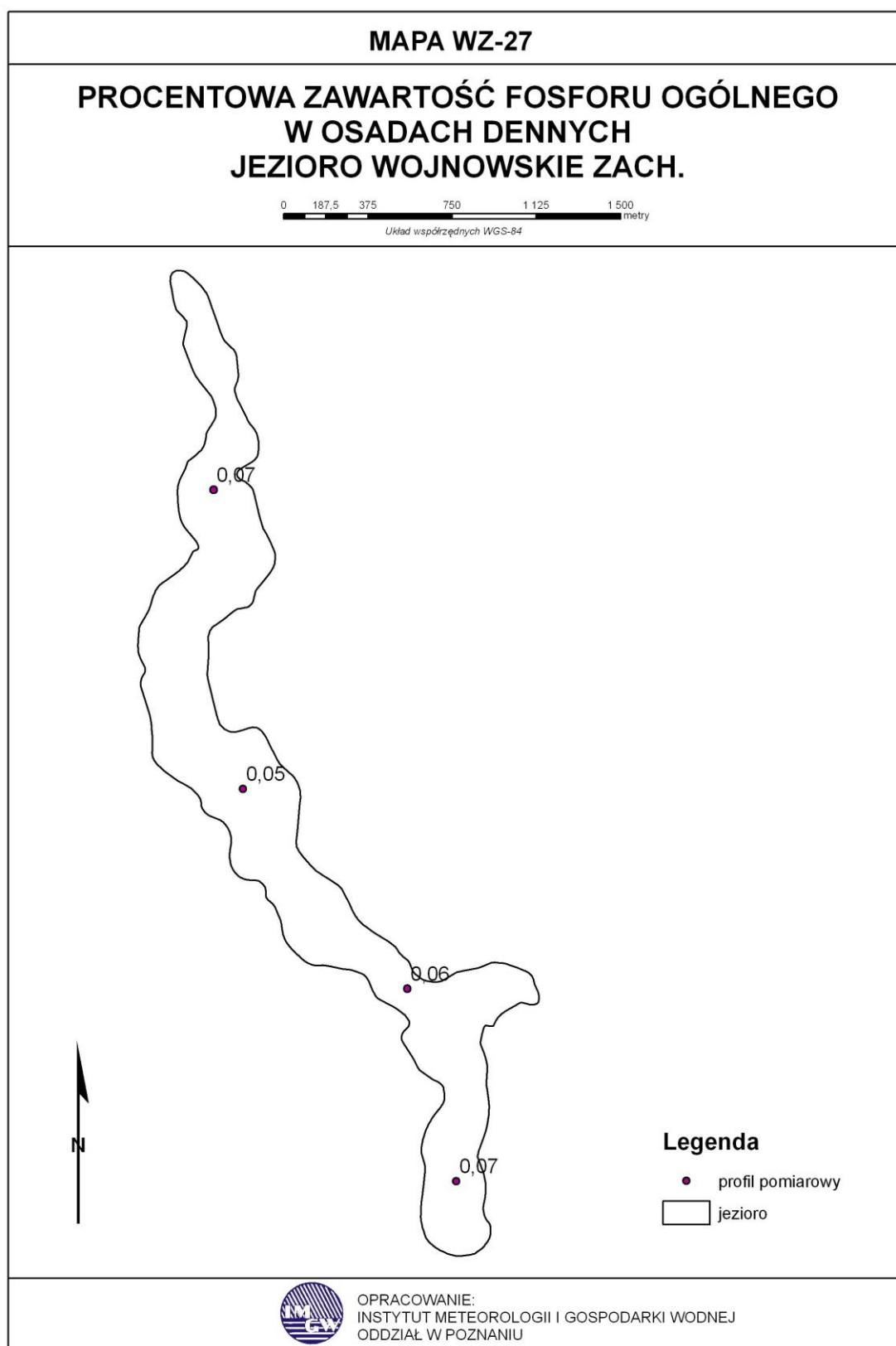


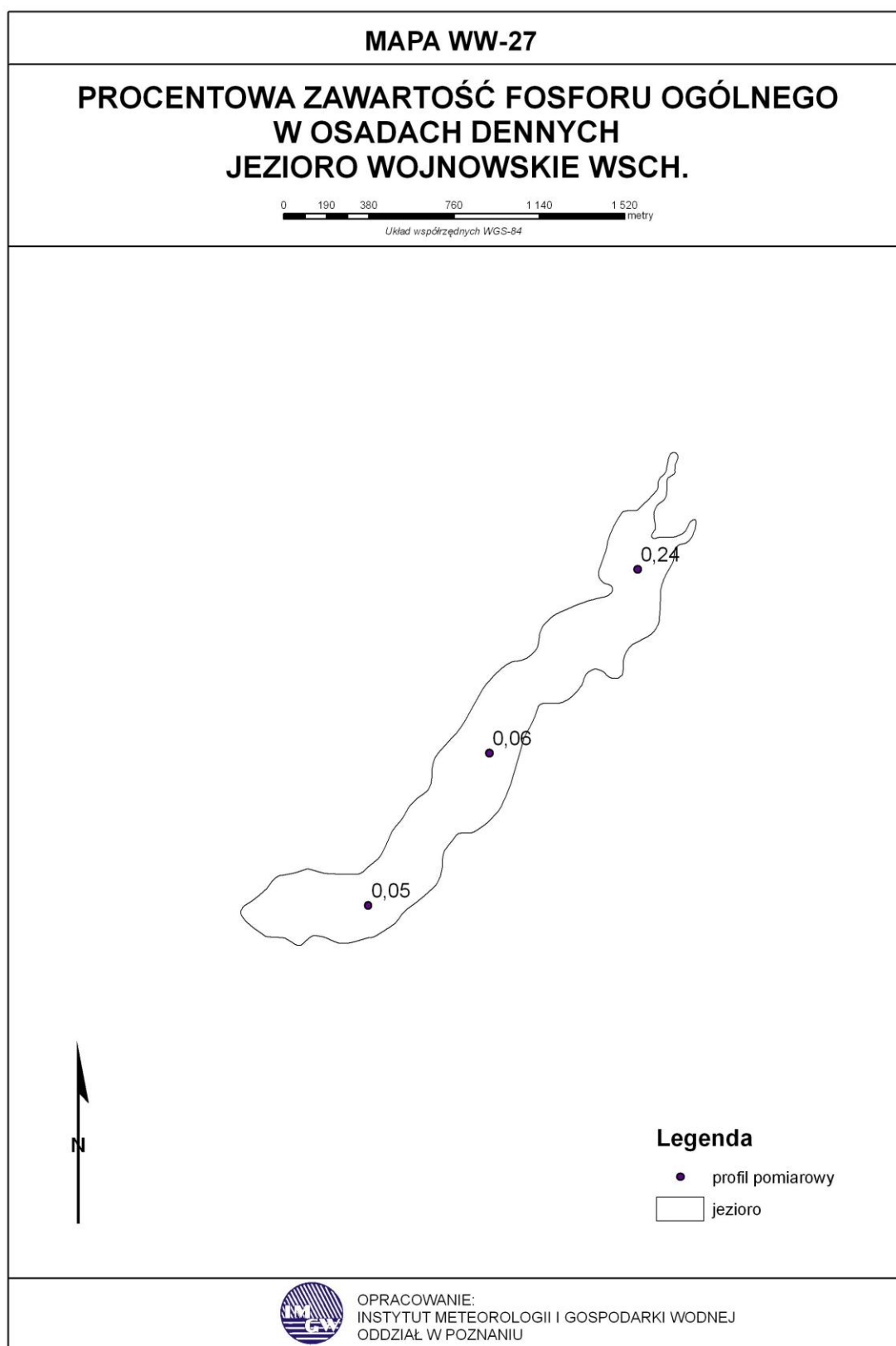
9.2.6.2. Osady

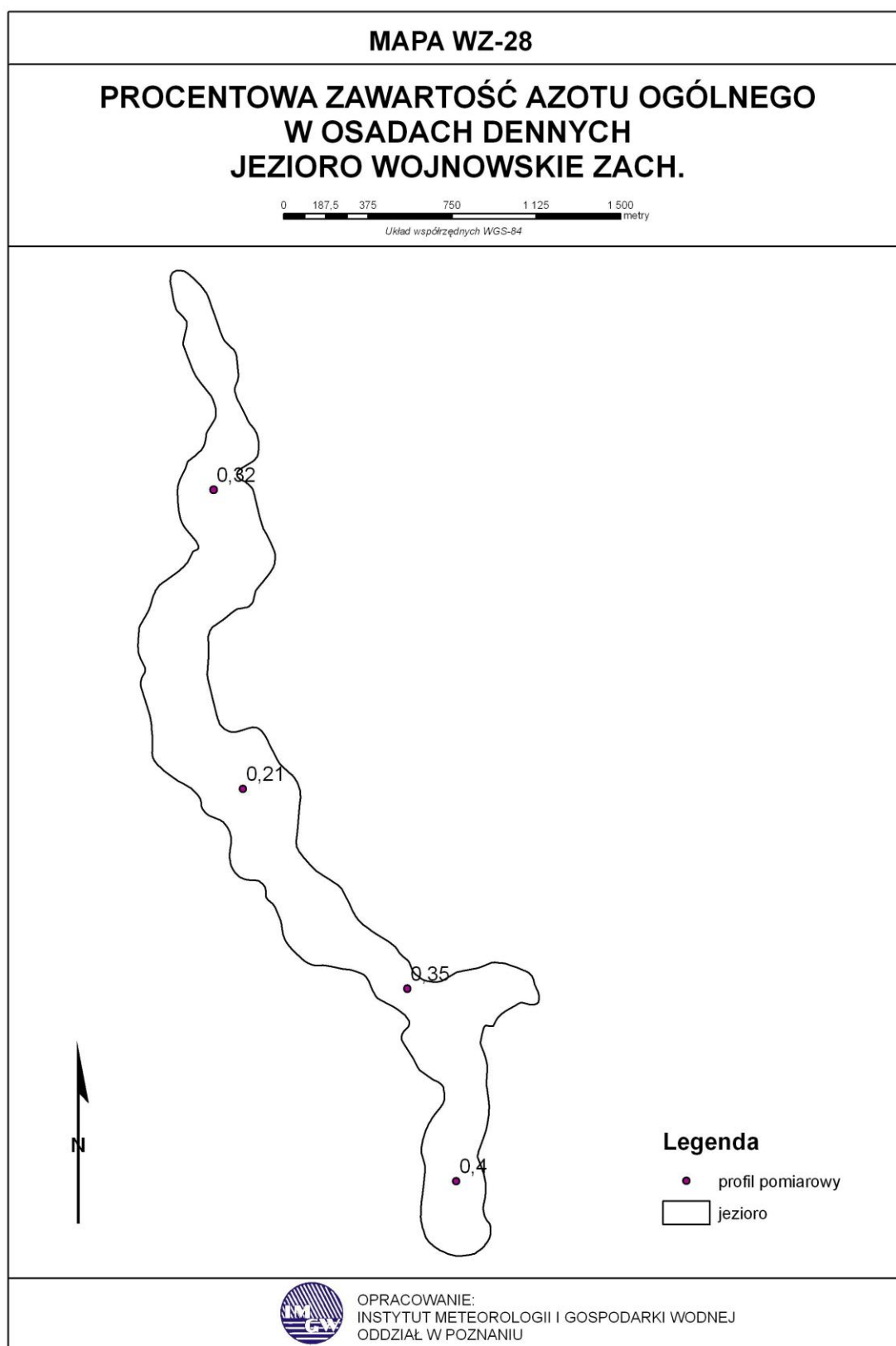
Analiza chemiczna prób osadów dennych jeziora Wojnowskiego wykazała niższą zawartość procentową biogenów w porównaniu z Jez. Rudno. Czynnikiem sprzyjającym podwyższonej zawartości nutrietów w północnej części basenu zachodniego może być dopływ Gnilej Obry, gdzie zanotowano stężenie wielkości 1,25 % suchej masy azotu i 0,24 % fosforu. Wyższe wartości azotu w osadach stwierdzono również w południowej odnodze w sąsiedztwie Wojnowa, w którym zlokalizowana jest oczyszczalnia ścieków mechaniczno-biologiczna. Strefą o najniższym stężeniu substancji biopierwiastków była centralna część akwenu zachodniego.

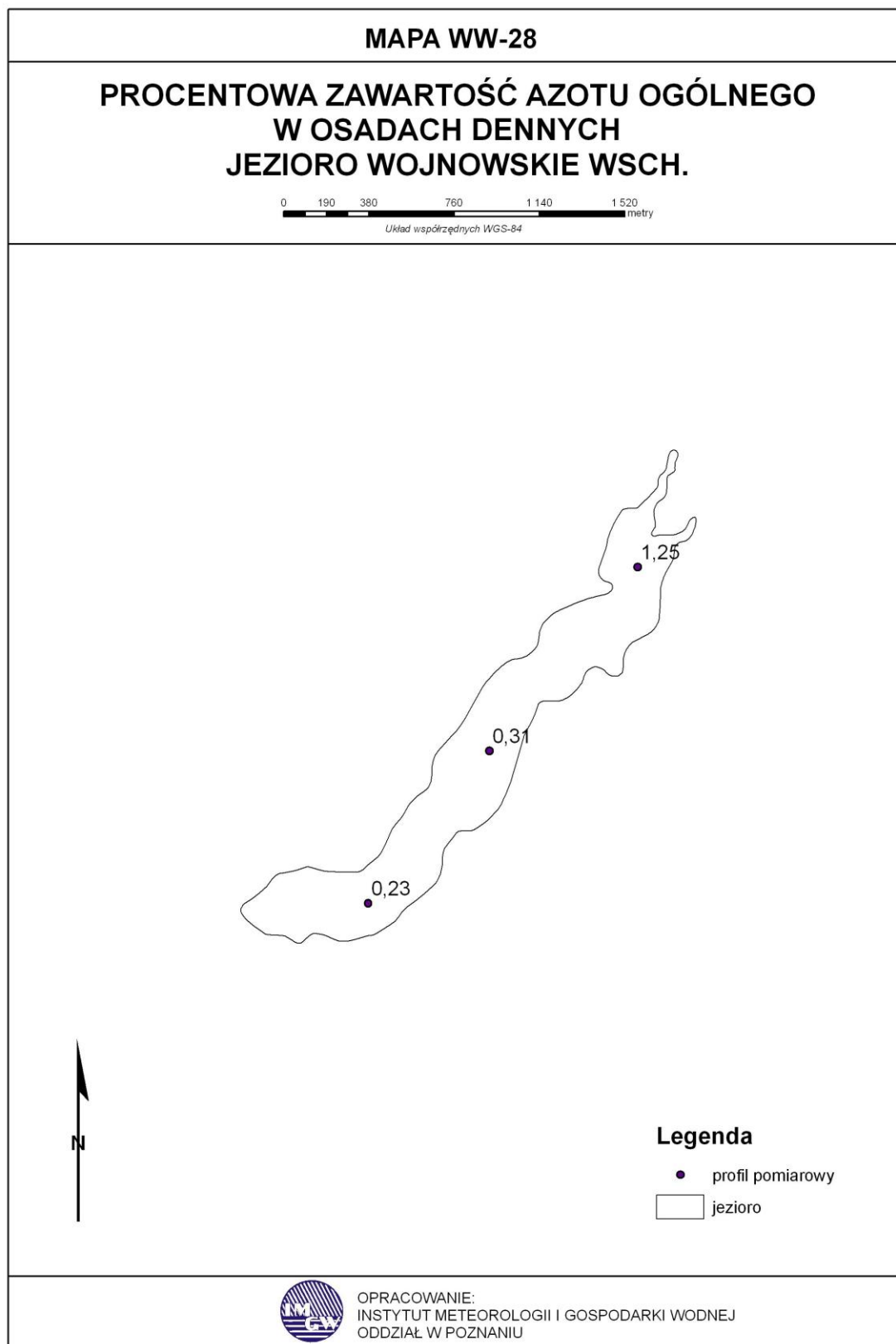
Tab.35. Zawartość azotu i fosforu w osadach dennych – Jeziora Wojnowskie

| Nr profilu | Współrzędne geograficzne (GPS) | | Azot ogólny | Fosfor ogólny |
|------------|--------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| | szerokość geograficzna | długość geograficzna | % suchej masy | % suchej masy |
| W-1 | N 52°07'33,5" | E 15°45'48,0" | 0,32 | 0,07 |
| W-2 | N 52°06'50,6" | E 15°45'58,0" | 0,21 | 0,05 |
| W-3 | N 52°06'22,9" | E 15°46'38,6" | 0,35 | 0,06 |
| W-4 | N 52°05'55,5" | E 15°46'52,0" | 0,40 | 0,07 |
| W-6 | N 52°06'31,3" | E 15°47'35,8" | 0,23 | 0,05 |
| W-7 | N 52°06'54,0" | E 15°48'02,6" | 0,31 | 0,06 |
| W-8 | N 52°07'21,4" | E 15°48'35,3" | 1,25 | 0,24 |









9.3. Zawartość biogenów w dopływach i odpływach z jezior

Jedną z przyczyn eutrofizacji jest dopływ substancji biogennych, spływających do jeziora wraz z dopływami z terenów zlewni. Zlewnia może mieć znaczący wpływ na jakość wód jeziornych. Poszczególne jej komponenty mogą tę jakość modyfikować. Decydujące znaczenie ma "dostawa" wraz z dopływami do jezior fosforu i azotu. Koncentracja tych pierwiastków w toni wodnej determinuje stan troficzny zbiornika. Silne procesy eutrofizacyjne prowadzą często do zaburzenia i tak już delikatnej równowagi ekologicznej zbiornika. Substancje biogenne trafiające do akwenu, ulegają rozproszeniu w toni bądź też opadają na dno, gdzie wbudowywane są w osady dennie. Dopływ zanieczyszczeń ze zlewni jest czynnikiem stymulującym pojawianie się zakwitów sinicowych. Zakwity te są niekorzystne z punktu widzenia gospodarczego i ekologicznego. Wzrost antropopresji w zlewni pociąga za sobą obniżenie wartości użytkowych i rekreacyjnych wód jeziora. Odcięcie dopływu substancji zanieczyszczających ze zlewni powoduje niemal natychmiastowe poprawienie jakości wód jeziornych.

W celu określenia chwilowego ładunku biogenów dostarczanych do badanych jezior przez dopływy, dokonano pomiarów wielkości przepływów w poszczególnych ciekach. Próbkę wód dopływów pobrano do analiz laboratoryjnych w celu określenia zawartości biogenów. Zmierzone wielkości przepływów chwilowych oraz wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych, pozwoliły na szacunkowe obliczenie ładunku nutrienów, wnoszonych do jezior w określonej jednostce czasu.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników laboratoryjnych stwierdzić można, że nieco większa zawartość związków fosforu występuje w wodach dopływu do jeziora Wojnowskiego Wschodniego. Podobna zależność zachodzi w odniesieniu do związków azotu. Stężenie azotu amonowego i mineralnego na odpływie z jeziora w miejscowości Wojnowo przyjmuje nieco wyższe wartości w porównaniu z wodami dopływu. W wodach wypływu w miejscowości Wojnowo ilość fosforu całkowitego oraz azotu ogólnego była nieco niższa niż w miejscu dopływu wód do jeziora. Pod względem klas czystości wód jeziornych otrzymane wyniki kwalifikują wody jezior do pozaklasowych.

W przypadku jeziora Rudno najbardziej zasobne w związki azotowe a tym samym pozaklasowe wody, dopływu z j. Wilcze. Jednocześnie były one najuboższe w związki fosforu. W tym przypadku można zaliczyć je do drugiej klasy. Zdecydowanie wyższe stężenie tego pierwiastka odnotowano w wodach dopływających Obrzańskim Kanałem Południowym.

Tab.36. Zawartość biogenów w ciekach zasilających jezioro Rudno i Jeziora Wojnowskie

| Rzeka | Profil | Fosforany | Fosfor całkowity | Azotany | Azot amonowy | Azot mineralny | Azot ogólny |
|----------------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|--------------|----------------|-------------|
| | | mg P/dm ³ | | mg N/dm ³ | | | |
| Jeziora Wojnowskie | | | | | | | |
| Gniła Obra (w)* | Wojnowo | 0,08 | 0,13 | 0,04 | 0,64 | 0,68 | 3,84 |
| Gniła Obra | Babimost | 0,10 | 0,15 | 0,45 | 0,22 | 0,67 | 3,95 |
| Jezioro Rudno | | | | | | | |
| Obrzański Kanał Południowy | Mochy | 0,40 | 0,65 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 2,83 |
| Obrzański Kanał Południowy | Rudno | 0,15 | 0,25 | 0,08 | 0,06 | 0,14 | 3,18 |
| Obrzyca | Jesiona | 0,22 | 0,30 | 0,15 | 0,31 | 0,46 | 3,55 |
| Obrzyca (w)* | Tatarki | 0,35 | 0,55 | 0,04 | 0,40 | 0,44 | 3,34 |
| Obrzyca | wypływ z jeziora | 0,28 | 0,30 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 1,91 |
| Dopływ z jeziora Wilcze | | 0,06 | 0,10 | 0,02 | 0,68 | 0,70 | 4,02 |

Tab.37. Ładunki biogenów w ciekach zasilających – jezioro Rudno i Jeziora Wojnowskie

Tab.57: Ładunki biogenów w cieknach zasilających Jezioro Rudno i Jezioro Wojnowskie

| Rzeka | Profil | Fosforany | Fosfor całkowity | Azotany | Azot amonowy | Azot mineralny | Azot ogólny |
|----------------------------|------------------|-----------|------------------|---------|--------------|----------------|-------------|
| | | mg P/ s | | mg N/s | | | |
| Jeziora Wojnowskie | | | | | | | |
| Gniła Obra | Wojnowo | 64,64 | 105,04 | 32,32 | 517,12 | 549,44 | 3102,72 |
| Gniła Obra | Babimost | 61,20 | 91,80 | 275,40 | 134,64 | 410,04 | 2417,40 |
| Jezioro Rudno | | | | | | | |
| Obrzański Kanał Południowy | Rudno | 56,40 | 94,00 | 30,08 | 22,56 | 52,64 | 1195,68 |
| Obrzyca | Jesiona | 115,72 | 157,80 | 78,90 | 163,06 | 241,96 | 1867,30 |
| Obrzyca (w)* | Tatarki | 360,50 | 566,50 | 41,20 | 412,00 | 453,20 | 3440,20 |
| Obrzyca | wypływ z jeziora | 282,52 | 302,7 | 10,09 | 40,36 | 40,36 | 1927,19 |
| Dopływ z jeziora Wilcze | | 0,24 | 0,40 | 0,08 | 2,70 | 2,80 | 16,08 |

* zastanawiająco wysoki wynik odprowadzonych biogenów wskazał na konieczność wykonania dodatkowego pomiaru i poboru prób na wypływie Obrzycy w bezpośrednim sąsiedztwie jeziora w profilu

Na jakość wód jeziora Rudno znaczący wpływ mają wody dopływów. Zarówno rzeka Obrzyca jak i Obrzański Kanał Południowy dostarczają ogromne ilości biogenów do jeziora. Badania wykonane przez IMGW wskazują na znaczny ładunek biogenów doprowadzany przez rzekę Obrzycę. Jest to ściśle związane z wielkością przepływu w tej rzece w chwili wykonywania pomiarów. Natomiast chwilowy ładunek biogenów doprowadzonych Obrzańskim Kanałem południowym mierzone w profilu Rudno w trakcie trwania badań był mniejszy, co związane było z wyjątkowo niskim zmierzonym przepływem i rozcieńczeniem przez stosunkowo czyste wody Młynówki Kaszczorskiej. Dla uchwycenia rzeczywistych ilości biogenów w kanale pobrano próby wody w profilu Mochy do analizy porównawczej. Analiza wykazała trzykrotnie większy ładunek związków fosforów. Ponadto dopływ ten charakteryzuje się dużą zmiennością przepływu. Nierzadko przepływ w tym Kanale osiąga $9 \text{ m}^3/\text{s}$, co skutkuje zwiększeniem ilości substancji doprowadzanych do jeziora. Dodatkowym zagrożeniem jest koncentracja biogenów w okresach ograniczonej wymiany wody i najintensywniejszych zabiegów rolniczych. Podczas niżówek Kanał stanowi także swoisty osadnik dla ulegającej rozkładowi materii organicznej, która ulega wprowadzeniu do jeziora w wyniku każdorazowego zwiększenia przepływu.

W poniższym zestawieniu ujęto prawdopodobne wielkości ładunków biogenów doprowadzanych do jeziora Rudno z wodami Kanału Południowego podczas zwiększonych przepływów.

Tab.38. Możliwe ładunki biogenów przy określonym przepływie

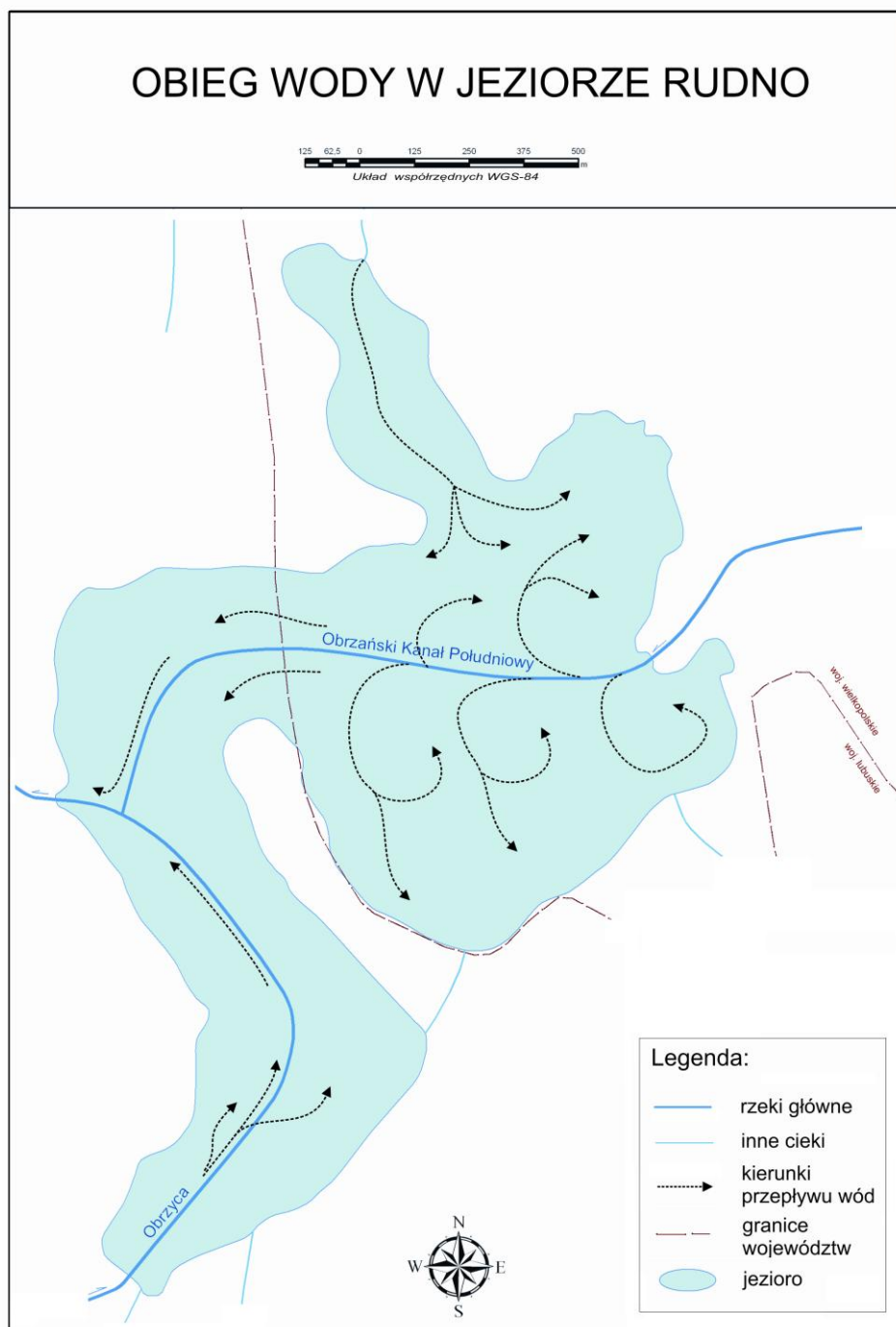
| Wartość przepływu | Fosforany | Fosfor całkowity | Azotany | Azot amonowy | Azot mineralny | Azot ogólny |
|-------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|
| $[\text{m}^3/\text{s}]$ | $[\text{mg P}/\text{dm}^3] *$ | | $[\text{mg N}/\text{dm}^3] *$ | | | |
| 0,376** | 56,40 | 94,00 | 30,08 | 22,56 | 52,64 | 1195,68 |
| 1,000 | 150,00 | 250,00 | 80,00 | 60,00 | 140,00 | 2830,00 |
| 2,000 | 300,00 | 500,00 | 160,00 | 120,00 | 280,00 | 5660,00 |
| 4,000 | 600,00 | 1000,00 | 320,00 | 240,00 | 560,00 | 11320,00 |
| 6,000 | 750,00 | 1500,00 | 480,00 | 360,00 | 840,00 | 16980,00 |
| 9,000 | 1350,00 | 2250,00 | 720,00 | 540,00 | 1260,00 | 25470,00 |

* wielkość ładunku obliczona dla potencjalnych przepływów przy stężeniu biogenów z dnia 15 października 2007r.

** wartość zmierzona 15 października 2007r.,

Destrukcyjny wpływ ładunków biogenów niesionych wodami Obrzańskiego Kanału Południowego obrazują mapy koncentracji związków fosforu i azotu zamieszczone w niniejszym opracowaniu.

Wpływ ten jest szczególnie wyraźny w głównym akwenu jeziora Rudno, który ze względu na swoją morfologię charakteryzuje się ograniczoną możliwością wymiany wody z resztą jeziora.



Ryc.28. Obieg wody w jeziorze Rudno

10. Warunki bytowania ichtiofauny w świetle uzyskanych wyników badań fizyczno–chemicznych

Postępująca eutrofizacja wód śródlądowych wiąże się z powstawaniem niekorzystnych zmian w ekosystemach wodnych. Objawami tego procesu są min. obniżenie przezroczystości wody, pogorszenie parametrów fizyczno – chemicznych wód, przeżyźnienie wód, masowe zakwity glonów, w tym toksycznych sinic, uważanych przez część środowiska naukowego za osobną grupę, deficyty tlenowe, postępujące zubożenie roślinności naczyniowej, zmiany w strukturze gatunkowej organizmów roślinnych i zwierzęcych. Zmiany te w sposób bardzo widoczny odciskają piętno na bytowaniu ichtiofauny.

Prawidłowy rozwój i funkcjonowanie zdrowej populacji ryb uzależniony jest od wielu warunków środowiskowych, z których do najistotniejszych należą natlenienie i reżim termiczny wód, naświetlenie, odczyn pH, dostępność i różnorodność pokarmu, struktura roślinności, warunki tarliskowe, prawidłowa gospodarka rybacka i presja wędkarska.

Naturalne warunki morfometryczne – urozmaicona struktura dna oraz względnie urozmaicona gatunkowo strefa litoralu badanych jezior stwarza dla większości gatunków dogodne warunki do odbywania tarła i pobierania pokarmu. Istotnym zagrożeniem dla prawidłowego funkcjonowania piramidy troficznej jezior jest stałe obniżenie zwierciadła wody, skutkujące cofaniem linii brzegowej i postępującym ograniczeniem roślinności wodnej i brzegowej. Stopniowa degradacja strefy litoralu nieuchronnie prowadzi do ograniczenia różnorodności biologicznej i dostępności pokarmu, zwłaszcza dla cennych dla ekosystemu wodnego gatunków drapieżnych.

Najistotniejszym parametrem wpływającym na prawidłowy rozwój ryb i utrwalenie składu gatunkowego jest natlenienie. Niedobory tlenu występujące zwłaszcza w okresach letnich ograniczają możliwości prawidłowego funkcjonowania gatunków o zwiększonych wymaganiach tlenowych, do których należą min: szczupak (*Esox lucius*), okoń (*Perca fluviatilis*), kleń (*Leuciscus cephalus*), sandacz (*Stizostedion lucioperca*), a więc gatunków drapieżnych stanowiących naturalną kontrolę nad dominującymi w naszych wodach gatunkami ryb spokojnego żeru z rodziny karpowatych. Niedobór drapieżników w środowisku prowadzi w ten sposób do nadmiernego rozrostu populacji i zjawiska karłowacenia ryb o stosunkowo niewielkich wymaganiach tlenowych takich jak leszcz (*Abramis brama*), wzdrega (*Scardinius erythrophthalmus*), krap (*Blicca bjoerkna*), karaś (*Carassius carassius*), lin (*Tinca tinca*). Obniżoną zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie

notowano na jeziorach Rudno i Wojnowskim Zachodnim, zarówno podczas pomiarów IMGW jak i WIOŚ w poszczególnych latach. Strefy beztlenowe występują głównie w strefie przydennej wspomnianych wcześniej jezior. Październikowe badania Jeziora Wojnowskiego Zachodniego wskazują również na możliwości wystąpienia okresowych deficytów tlenowych w całym przekroju tj. na wszystkich głębokościach i na znacznej powierzchni. Występujące deficyty tlenu sięgają poniżej $3,0 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, czyli poniżej granicy niezbędnej dla przeżycia ryb. Zadowalające wyniki pomiarów zawartości tlenu rozpuszczonego obserwowano jedynie na jeziorze Rudno i w południowej części jeziora Wojnowskiego Zach. Szczególnie niekorzystna sytuacja występuje w centralnej części jeziora Wojnowskiego Wschodniego, w której zawartość tlenu na wszystkich głębokościach przekracza $15 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, co może doprowadzić do tzw. choroby gazowej ryb. Na wszystkich badanych jeziorach przyswajalność tlenu przez ryby jest ograniczona wysokim pH. Jak wszystkie zwierzęta ryby muszą zachować równowagę chemiczną we krwi i płynach ustrojowych, a tym samym zdolność do pobierania tlenu. Naturalne pH krwi ryb jest zbliżone do ludzkiego, a więc nieznacznie zasadowe i wynosi około 7,6. Ryby poszukują więc wody o zbliżonym pH. Niemal wszystkie otrzymane wyniki odczynu pH wykraczają poza optymalny dla ryb zakres od 7,5 – 8,5. Jedynie w kilku profilach pomiarowych zlokalizowanych w centralnej części Jeziora Wojnowskiego Zachodniego uzyskano wyniki mieszczące się w wyżej wymienionym zakresie.

Niepokojące są też informacje uzyskane od Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Zielonej i Gospodarstwa Rybackiego Sława o częstych zakwitach glonów, szczególnie sinic. Wytwarzane przez nie toksyny stanowią poważne zagrożenie dla życia ryb. Coraz częstsze są przypadki osłabienia populacji ryb, prowadzące do spadku naturalnej odporności poszczególnych osobników. Skutki osłabienia odporności widoczne są na wielu przeżyźnionych jeziorach w postaci np. masowej zachorowalności na ligulozę.

Pogarszające się warunki bytowania ichtiofauny w obrębie badanych jezior doprowadziły do nadmiernego rozwoju stosunkowo odpornych na zmiany w środowisku wodnym, tj. leszcza, krapia i karasia srebrzystego, co potwierdzają odłowy rybackie. Gatunki te oprócz niewielkiego znaczenia gospodarczego stanowią też znaczne zagrożenie dla stanu jakościowego wód jeziornych. Sposób pobierania pokarmu przez leszcza i karasia srebrzystego (głęboka penetracja dna i osadów dennych) powoduje ponowne uwalnianie biogenów, a zwłaszcza związków fosforu uwieczonych w osadach dennych i uruchamiania procesów chemicznych pochłaniających i tak ograniczone zasoby tlenu w warstwach przydennych. W takiej sytuacji szczególnie korzystne dla odbudowy różnorodności

gatunkowej ryb w badanych jeziorach jest połączenie zabiegów rekultywacyjnych z prowadzeniem racjonalnej gospodarki rybackiej, opartej na regularnych, w tym interwencyjnych, odłowach leszcza oraz zarybianiu gatunkami drapieżnymi tj. szczupak, sandacz i okoń. Przy czym ten ostatni powinien zostać wprowadzany do jezior w postaci dojrzałej, młode osobniki mogą stanowić znaczne zagrożenie dla prawidłowego rozwoju ikry i młodego narybku cennych ryb strefy litoralnej tj. lina i szczupaka. Jednym ze skutecznych, choć kontrowersyjnych rozwiązań wspomagających ograniczenie populacji leszcza jest wprowadzenie na wybranych jeziorach zakazu wypuszczania z powrotem do wody złowionych przez wędkarzy osobników tego gatunku. Przepisy takie wprowadzono do tej pory jedynie dla gatunków obcych tj. czebaczka amurskiego i sumika amerykańskiego.

11. Zagrożenia i możliwości ochrony badanych jezior

Wieloletnie zaniedbania w zakresie szeroko rozumianej gospodarki wodnej jak i działań planistycznych doprowadziły w Polsce do gwałtownego przyspieszenia procesów eutrofizacyjnych w wielu naturalnych i sztucznych zbiornikach wodnych. Skutki intensywnego rolnictwa, przyspieszenia odpływów wód, niekontrolowanej zabudowy rekreacyjno-wypoczynkowej i wielu innych nieprzemyślanych działań najbardziej odczuły zbiorniki o dużej podatności na degradację. Do takich zbiorników, ze względu na warunki morfometryczne i hydrologiczne zaliczyć można niewątpliwie jeziora Wojnowskie oraz Rudno.

Badania prowadzone w ramach niniejszego przedsięwzięcia przez IMGW w Poznaniu oraz w ramach Państwowego Monitoringu Jakości Wód przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska w Zielonej Górze i Poznaniu dowodzą niezbicie, że analizowane jeziora stoją na progu klęski ekologicznej. Tylko niezwłoczne, skonsolidowane działania administracji samorządowej na szczeblu lokalnym jak i wojewódzkim oraz administracji rządowej w połączeniu z dobrą wolą społeczności lokalnych mogą doprowadzić do stopniowej odnowy i renaturalizacji tych zbiorników.

W jeziorach przebiegają liczne procesy biochemiczne, które stymulują naturalny proces samooczyszczania. W zależności od parametrów morfometrycznych jeziora, charakteru jego zlewni i stopnia antropopresji, tempo samooczyszczania jest zróżnicowane. W jeziorach silnie zeutrofizowanych, naturalne samooczyszczanie może ulec całkowitemu zahamowaniu; czynniki (zjawiska) świadczące o złym stanie jeziora i ograniczające proces samooczyszczania to: przekroczone ładunki dopuszczalne biogenów, zakwity glonów, mała przezroczystość wody, masowe śnięcia ryb. Wszystkie te zjawiska niekorzystnie wpływają na ocenę jeziora nie tylko przez naukowców, ale także innych użytkowników. Są one szczególnie niekorzystne z punktu widzenia turystyki, rekreacji, przemysłu i połowu ryb.

Powodem katastroficznej sytuacji jezior są zazwyczaj niekontrolowane dopływy zanieczyszczeń, do których zalicza się nutrienty występujące naturalnie w wodach powierzchniowych, ze źródeł innych niż naturalne. Bezpośredniego zagrożenia należy się doszukiwać w związkach doprowadzanych do jezior z ich własnych zlewni. Odrębny problem stanowią ładunki zanieczyszczeń głównie biogenów pochodzących z atmosfery i wypłukiwanych z niej podczas opadów atmosferycznych. Źródła takich zanieczyszczeń położone są nierzadko w znacznych odległościach od zlewni badanych jezior, jednak w

przypadku tak silnie zanieczyszczonych zbiorników jak Wojnowskie i Rudno, o dominującym zasilaniu z obszaru zlewni, źródła te można traktować jako marginalne.

Spośród źródeł punktowych największą rolę odgrywają ścieki komunalne i przemysłowe, a także zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie jezior i dopływów nielegalne, niezorganizowane i niekontrolowane wysypiska śmieci, gnojowniki, jednorazowe zrzuty nieoczyszczonych ścieków bytowych, odcieki z produkcji rolnej itp.

Zlikwidowanie tego źródła zanieczyszczeń stawia się zwykle na pierwszym miejscu. Z jednej strony są one bowiem najłatwiejsze do identyfikacji i oszacowania, z drugiej zaś są zawsze dużym zagrożeniem dla jeziora. Niezbędne jest uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej i odcięcie dopływu ścieków. Podjęte w zlewni jeziora Rudno działania mające na celu ograniczenie zanieczyszczeń okazały się niewystarczające. Zanieczyszczenia ze źródeł rozproszonych pochodzą z miejscowości, osad dużych ośrodków wypoczynkowych, ogródków działkowych itd., pozbawionych sieci kanalizacyjnych i oczyszczalni. Przedostają się do jezior wodami gruntowymi (z powierzchni nieutwardzonych), spływami powierzchniowymi, małymi rowami melioracyjnymi i rurami drenarskimi, a podczas nawalnych opadów także bezpośrednio z przepełnionych kolektorów, szamb i osadników. Powstają one w wyniku niewłaściwego użytkowania zbiorników bezodpływowych itp. Ograniczenie tego źródła zanieczyszczeń wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na indywidualne systemy oczyszczania ścieków bytowych, zapewnienia wylewisk ścieków w najbliższej oczyszczalni oraz budowy lokalnych i zbiorowych oczyszczalni ścieków. Dla jeziora największym zagrożeniem są miejscowości położone najbliżej jego brzegów.

Zanieczyszczenia obszarowe to różnorodne związki dopływające do wód powierzchniowych z pól, łąk i innych użytkowanie terenów. Podobnie jak zanieczyszczenia ze źródeł rozproszonych przedostają się do najbliższych rowów i cieków przede wszystkim wyniku spływu powierzchniowego, a także pośrednio przez glebę i wody gruntowe. W przeważającej części są to związki dopływające z obszarów użytkowanych rolniczo (nadmierne stosowanie pestycydów, nawozów sztucznych i naturalnych). Przyjmuje się, że udział rolnictwa w zanieczyszczeniu obszarowym wynosi w Polsce około 60 % dla obu najważniejszych biogenów. Azot dostaje się do wód powierzchniowych głównie przez wody podziemne, natomiast fosfor ze spływami powierzchniowymi. Trudności w oszacowaniu jak i ograniczeniu dopływu tych zanieczyszczeń stanowią poważne zagrożenie dla prawidłowego przebiegu podejmowanych działań ochronnych i rekultywacyjnych jezior.

Niemniej istotną rolę w kształtowaniu stanu ekologicznego jezior odgrywają: nadmierny rozwój infrastruktury turystycznej, a co za tym idzie duża presja turystyczna w

bezpośrednim sąsiedztwie jezior, nieprawidłowa gospodarka rybacka i nadmierna presja wędkarska – prowadzące nieuchronnie do tzw. przeleszczenia jezior, a także nieprawidłowe użytkowanie urządzeń melioracji wodnych szczegółowych i podstawowych.

Jezioro Rudno nie odbiera bezpośrednio ścieków z punktowych źródeł zanieczyszczeń. Podstawowym zagrożeniem dla stanu wód jeziora Rudno są liczne ośrodki wypoczynkowe oraz indywidualna zabudowa letniskowa, zlokalizowana praktycznie na całej długości linii brzegowej jeziora. Ścieki zarówno z ośrodków jak i domków letniskowych gromadzone są w zbiornikach bezodpływowych, których zawartość wywożona jest do pobliskich oczyszczalni ścieków. Ogromnym zagrożeniem jest nie tylko nieszczelność zbiorników, ale także spływ potamiczny z nieskanalizowanych terenów zabudowanych, co potwierdzają wyniki badań rozkładu przestrzennego zanieczyszczeń.

Presja turystyczna znajduje swoje odzwierciedlenie także w niszczeniu brzegów jeziora poprzez przekształcanie naturalnych klifów na łatwiej dostępne, o w znacznym stopniu przyspiesza spływ powierzchniowy i ogranicza pobór substancji biogenych przez roślinność. Intensywne wykorzystywanie turystyczne jeziora Rudno wpływa również na stan roślinności przybrzeżnej, która ulegając presji nie jest w stanie spełniać roli strefy buforowej. Dodatkowo, na jakość wód jeziora ogromny wpływ mają wody dopływów, w szczególności Obrzańskiego Kanału Południowego, niosące ze sobą znaczną ilość substancji biogenych z użytkowanych rolniczo terenów zlewni. Również rzeka Obrzyca wprowadza do jeziora znaczące ilości zanieczyszczeń.

Poważnym zagrożeniem dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemu wodnego jeziora Rudno jest duża zmienność poziomów zwierciadła wody. Wahania stanów przekraczające niekiedy 1 m doprowadzają do osuszenia i obumierania roślinności litoralnej. Następuje procesy gnilne i rozpad materii organicznej, która po ponownym zalaniu wraca do obiegu w jeziorze i staje się pożywką dla ekspansywnych gatunków fitoplanktonu, w tym najmniej pożądanych sinic. Gwałtowne obniżenia poziomu powodują także spustoszenie w złożonej ikrze rybniej oraz wśród drobnych gatunków fauny, które w naturalnych warunkach regulują wielkość populacji fitoplanktonu. Nieprawidłowe użytkowanie urządzeń melioracji wodnych (Obrzański Kanał Południowy) podstawowych prowadzi także do stagnacji wody w kanałach, w okresie intensywnej produkcji rolnej (okres wegetacyjny) co powoduje kumulacje zanieczyszczeń i po ponownym uruchomieniu przepływu jezioro otrzymuje jednorazowo skondensowany ładunek zanieczyszczeń. W wielu przypadkach następstwem tego jest zakwit fitoplanktonu.



Fot. 4. Stagnujące wody Kanału Południowego

Jeziora Wojnowskie to jeziora, których podstawową funkcją jest gospodarka rybacka oraz wypoczynkowa. We wsi Wojnowo zlokalizowany jest ośrodek wypoczynkowy. Jezioro nie posiada bezpośrednich źródeł zanieczyszczeń. Jedynym znacznym dopływem do jezior Wojnowskich jest gnęła Obra niosąca ścieki z Babimostu, a dopływająca do jeziora Wschodniego.

Jezioro Wojnowskie Wschodnie charakteryzuje się bardzo wysoką podatnością na degradację. Jakość wód głównego dopływu do jeziora, badanego w 2004 r. przez WIOŚ odpowiadała III klasie. Stwierdzono również wysokie stężenia substancji organicznych w wodach Gnęłej Obry. Dla ochrony jezior Wojnowskich niezbędne jest podjęcie działań ochronnych w zlewni Gnęłej Obry. Szczególnie niekorzystny wpływ tej rzeki widoczny jest w jeziorze Wojnowskim Wschodnim, do którego ona uchodzi.

Dodatkowym znaczącym źródłem zanieczyszczeń są ścieki z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej w Wojnowie. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki technologiczne i bytowe z Gorzelni Wojnowo i bytowo-gospodarcze z Sanatorium w Wojnowie. Ścieki z ośrodków wypoczynkowych oraz większości gospodarstw domowych gromadzone są w zbiornikach bezodpływowych. Stan tych zbiorników powinien podlegać stałej kontroli. W przypadku jeziora Wojnowskiego Zachodniego ogromne zagrożenie stanowi spływ powierzchniowy z terenów zabudowanych położonych na zachodnim brzegu jeziora.

Wszelkie działania podjęte do tej pory w zlewniach badanych jezior okazują się być niewystarczające dla poprawy jakości wód w obu zbiornikach wodnych. Należy podjąć możliwie jak najwięcej działań mających na celu ograniczenie dopływu substancji ze zlewni. Działania te to przede wszystkim:

- regulacja gospodarki wodno-ściekowej w całej zlewni jeziora (budowa kanalizacji i oczyszczalni zbiorczych, kontrola szczelności szamb itp.),
- wprowadzenie w miarę możliwości ograniczeń w stosowaniu pestycydów i nawozów (sztucznych i naturalnych) co winno być potwierdzone stosownymi zapisami prawa miejscowego i obłożone adekwatnymi do wielkości naruszeń sankcjami karnymi,
- Zwiększenie czystości cieków dopływających poprzez tworzenie stref ochronnych w ich obrębie oraz tworzenie barier BIO-HYDRO w rejonach przyujściowych dopływów do jeziora
- skuteczna kontrola i egzekucja kar za naruszenie przepisów Prawa wodnego i Ustawy o nawozach i nawożeniu dotyczących warunków, w jakich zakazuje się stosowania nawozów (np. podczas zalegania pokrywy śnieżnej, zamrozu gleby, wysokich stanów pierwszego zwierciadła wód gruntowych itd.),
- przestrzeganie zasad dobrej praktyki rolniczej,
- określenie dla terenów rolniczych kierunków prowadzenia orki w celu zmniejszenia spływu powierzchniowego,
- zmniejszenie w miarę możliwości areалу gruntów rolnych na korzyść trwałych użytków zielonych i terenów zalesionych,
- ograniczenie na terenie zlewni intensywnej gospodarki hodowlanej w systemie bezściółkowym,
- zagospodarowanie obrzeży jezior w sposób wynikający z ogólnych zasad ochrony, a więc należy takiego kształtowania zespołów roślinnych, aby pełniły role barier ochronnych ograniczających migracje związków zanieczyszczających wody akwenów,
- wprowadzenie stref ochronnych dla jezior i cieków zasilających, zwłaszcza dla Obrzycy i Obrzańkiego Kanału Południowego,
- ograniczenie powierzchni utwardzonych w bezpośrednim sąsiedztwie linii brzegowej,
- ograniczenie zabudowy w bezpośrednim sąsiedztwie jezior, poprzez wprowadzenie minimum 100 metrowego - licząc od brzegu jeziora, pasa wolnego od zabudowy trwałej i tymczasowej,



Fot. 5. Kompleks wypoczynkowy w miejscowości Rudno

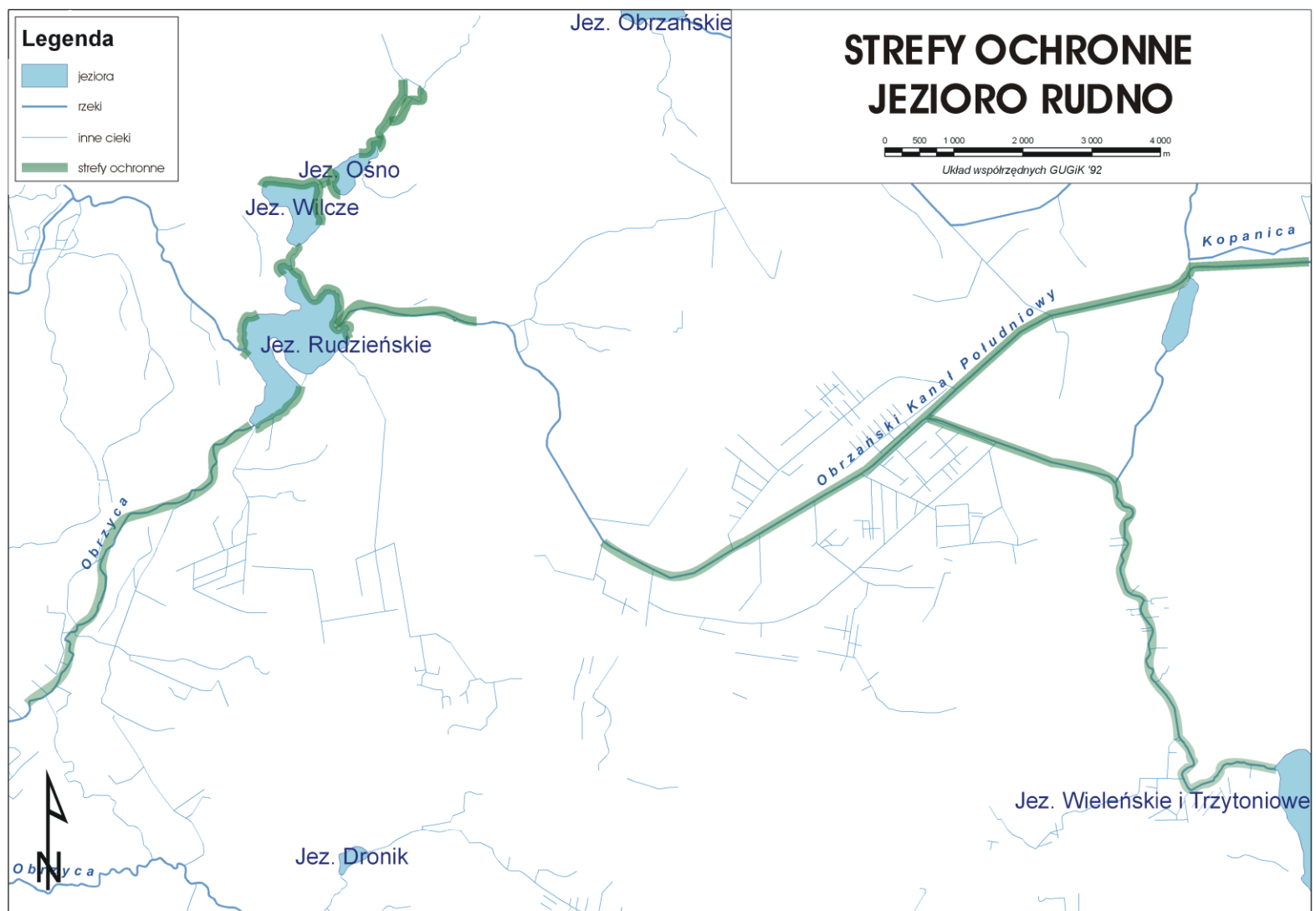
- likwidacja spływów powierzchniowych burzowych i pośniegowych poprzez budowę rowów opaskowych i tworzenie stref ochronnych w obrębie cieków i brzegu jeziora
- ograniczenie lub wręcz zakaz stosowania zanęt roślinnych przez wędkarzy,
- interwencyjne „odchwaszczanie” jezior poprzez ograniczenie populacji bentosożernych gatunków ryb karpiowatych,
- poprawa warunków zasilania i wymiany wód w jeziorach, zwiększenie retencji wód jeziornych, ustabilizowanie poziomów wody, oczyszczenie i utrzymanie porządku w korytach cieków doprowadzających i odprowadzających wody z jeziora. Szczególne znaczenie ma tutaj poprawa stanu koryta Południowego Kanału Obry.
- Właściwe dla jeziora Rudno gospodarowanie zasobami wodnymi, oparte na maksymalnym zmagazynowaniu nadwyżek wody w okresach podwyższonego zasilania opadowego lub roztopowego i utrzymanie przepływu nienaruszalnego w okresach deficytu wody.

Zasadniczą rolą wspomnianych wcześniej stref ochronnych wzdłuż jezior i cieków jest ograniczenie dostawy zanieczyszczeń obszarowych, których eliminacja, a przynajmniej znaczne ograniczenie stanowi od wielu lat największy problem w ochronie wód jeziornych. Żadne działania rekultywacyjne nie przyniosą pożądanych efektów długoterminowych, jeżeli równocześnie nie zadba się o ograniczenie dopływu nowych ładunków zanieczyszczeń.

Jak już wspomniano, głównym źródłem zanieczyszczeń obszarowych jest działalność rolnicza i przemysłowa człowieka oraz w nieco mniejszym stopniu naturalne procesy przemiany materii.

Stworzenie stref ochronnych, w postaci chociażby zadrzewień wzdłuż brzegów cieków i jezior, stanowi naturalną przeszkodę dla biogenów transportowanych po powierzchni gleby. Przeszkoda taka powoduje zarówno infiltracje spływających wód, a co za tym idzie transportowanych biogenów, w głąb gleby jak i przechwytywanie ich przez wprowadzoną roślinność. Najskuteczniejszą przeszkodą dla spłukiwanych wód jest roślinność trawiasta wsparta dodatkowo roślinnością krzewiastą lub leśno-krzewiastą. Nie wszędzie jest to oczywiście do wykonania i nie wszędzie jest to konieczne, jednak każdy m² trawy znajdujący się powyżej załomu zbocza koryta cieku lub brzegu jeziora będzie miał swoje znaczenie. Strefy ochronne największą rolę odgrywają w okresie wiosennym, gdy brak jest jeszcze roślinności hamującej proces spłukiwania, a jednocześnie jest to okres największego nawożenia, często z pominięciem zasad sztuki agrarnej. Najwłaściwsze byłoby ustanowienie stref ochronnych o szerokości 5-10 m wzdłuż cieków oraz 50-100 m wzdłuż niezalesionych brzegów jezior.

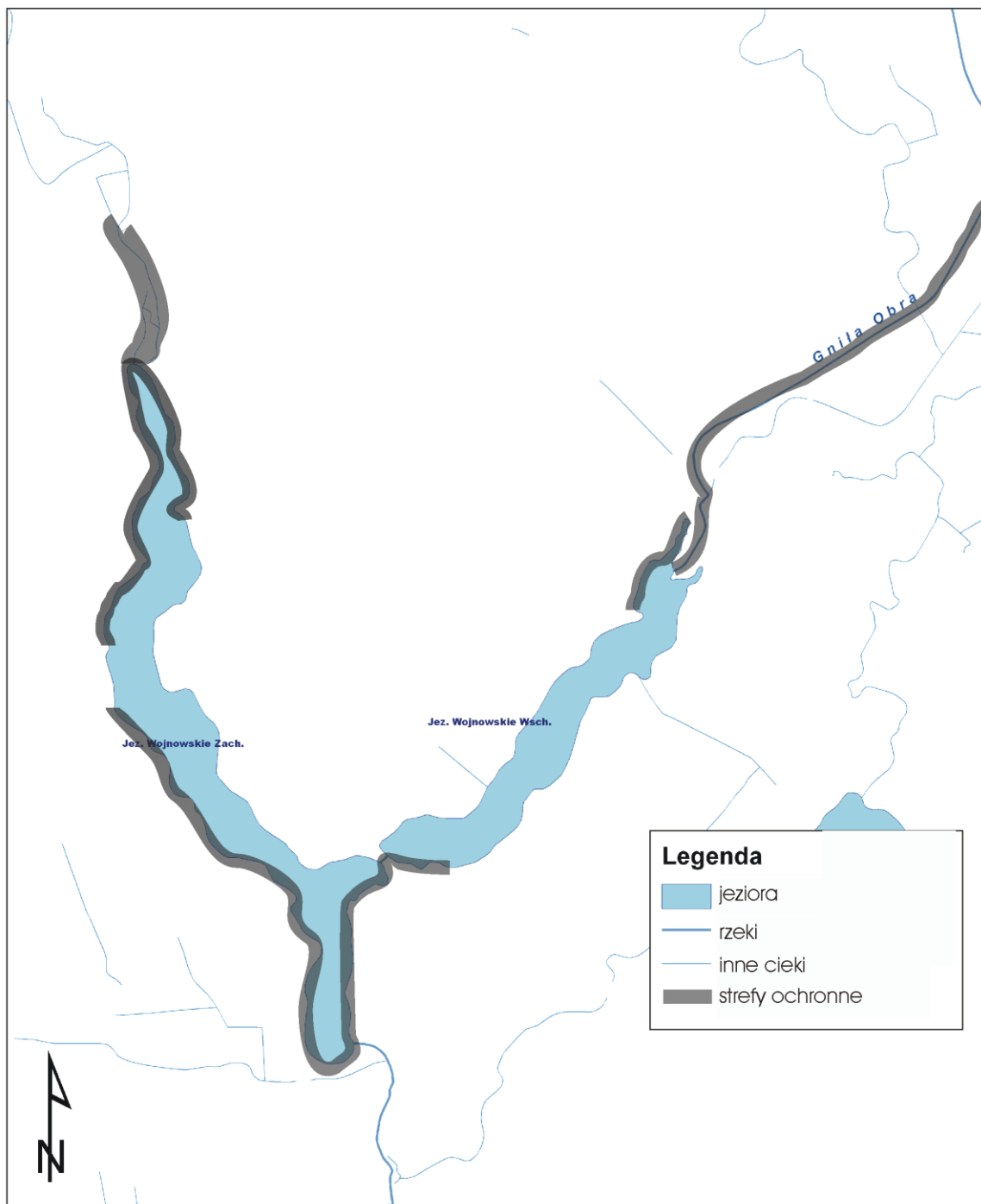
Wprowadzenie stref ochronnych wymaga jednak szeregu zabiegów administracyjnych, w tym zmian w planach zagospodarowania przestrzennego, względnie studium uwarunkowań gmin i wiąże się ze znacznym ograniczeniem użytkowania gruntów w strefie przybrzeżnej cieków i jezior. Może to stwarzać konflikty z właścicielami gruntów objętych strefą jednak z przyrodniczego punktu widzenia wydaje się wysoce uzasadnione.



Ryc.29. Proponowane strefy ochronne w zlewni jeziora Rudno

STREFY OCHRONNE JEZIOR WOJNOWSKICH

0 250 500 1 000 1 500 2 000
m
Układ współrzędnych GUGiK '92



Ryc.30. Proponowane strefy ochronne w zlewni Jezior Wojnowskich

Zaproponowane działania są sformułowane w sposób ogólny, a stopień i metody ich wdrażania leżą w gestii władz lokalnych. Ze względu na położenie jezior wszelkie działania ochronne w zlewni będą wymagały ścisłej współpracy na szczeblu gmin oraz powiatów, a w przypadku jeziora Rudno również województw. Aby w pełni skutecznie zadbać o poprawę jakości jezior zachodzi potrzeba stworzenia programu ochrony tych zbiorników. Stworzenie programu ochrony, a w dalszym etapie rekultywacji jezior wymaga jednak dokładnego rozpoznania środowiska, inwentaryzacji całej zlewni oraz przeprowadzenie przynajmniej trzyletniego programu monitoringu stanu tych zbiorników.

Jako, że ochrona jezior wymaga podjęcia kompleksowych, niejednokrotnie długotrwałych działań ochronnych, dla stosunkowo szybkiej poprawy jakości jezior należy podjąć działania rekultywacyjne w samych jeziorach. Celem rekultywacji jest możliwie szybkie przywrócenie jeziorom ich poprzednich funkcji oraz możliwe zbliżenie ich do naturalnego ekosystemu. Dobór odpowiedniej metody uwarunkowany jest od stopnia zanieczyszczenia, źródeł zanieczyszczenia, rodzaju zanieczyszczenia oraz warunków naturalnych zarówno jeziora jak i jego zlewni,

Rekultywacja zeutrofizowanego jeziora jest z założenia działaniem wspomagającym wszystkie działania porządkujące i ochronne w całej zlewni jeziora. Jeśli nie jest ona uporządkowana i jest źródłem ciągłych zanieczyszczeń, wszelkie działania rekultywacyjne przeprowadzone w zbiorniku nie mają sensu.

Istnieje szereg metod rekultywacji jezior. Większość z nich polega na drastycznej ingerencji w środowisko stąd też ich wybór winien oparty być na możliwie najdokładniejszych badaniach całego ekosystemu jeziornego. Badań prowadzone przez WIOŚ oraz IMGW wskazują jednoznacznie na katastrofalny stan jezior Rudno i Wojnowskich, oraz konieczność podjęcia działań mających na celu poprawę ich jakości.

Każde jezioro jest ekosystemem specyficznym i unikalnym, dlatego też przy wyborze metod rekultywacyjnych należy wziąć pod uwagę m.in.:

- warunki klimatyczne,
- szczegółowe zagospodarowanie zlewni,
- charakter zlewni i wielość zlewni,
- jakość wód zbiornika, cieków dopływających oraz wód opadowych A także
- morfologię zbiornika,
- kondycję organizmów wodnych,
- ilość i rodzaj dopływających zanieczyszczeń

Należy wspomnieć, że częstotliwość i zakres badań przeprowadzonych przez obie instytucje nie uprawnia do podjęcia decyzji o wprowadzeniu konkretnej metody rekultywacji.

W niniejszym opracowaniu zaproponowane zostaną metody mogące znaleźć zastosowanie na omawianych jeziorach.

- Sztuczne napowietrzanie

Metoda rekultywacji polegająca na napowietrzaniu mas wody. Poprzez sztuczną aerację nie dochodzi powstawania stref beztlenowych w zbiorniku. Istnieje szereg rozwiązań technicznych wykorzystywanych na jeziorach w Polsce i na świecie do napowietrzania jezior.

Dla jeziora Rudno ze względu na dobre warunki wietrzne, morfologię zbiornika oraz stopień zanieczyszczenia proponuje się ustawienie aeratora pulweryzacyjnego w najbardziej zanieczyszczonym głównym basenie jeziora. Zastosowanie tej metody poprawi jednocześnie wymianę poziomą wody w jeziorze.

W przypadku jezior Wojnowskich na konieczność sztucznego napowietrzania wskazuje akwen zachodni. Ze względu na niekorzystne warunki morfometryczne z punktu widzenia standardowo wykorzystywanych na jeziorach aeratorów niezbędne jest użycie kilku aeratorów o mniejszym zasięgu działania, ustawionych na linii zbiornika. Tego typu rozwiązania z powodzeniem stosowane są na jeziorach w Finlandii.

- Przemywanie – jest to jedna z prostszych metod rekultywacji, która wymaga utrzymania dużego przepływu. W przypadku rekultywacji jeziora Rudno zwiększenie przepływowości powinno stanowić pierwszy krok w jego rekultywacji. Działaniem mającym zwiększyć przepływowość zbiornika oraz poprawę jakości wód dopływu jest oczyszczenie kanału południowego Obry oraz zwiększenie przepływu. Z badań przeprowadzonych przez IMGW wynika, że najbardziej zanieczyszczony basen główny zbiornika posiada ograniczone możliwości wymiany wody z resztą akwenu. Sytuacja ta sprzyja zwiększeniu koncentracji zanieczyszczeń w tej części jeziora. Warunki morfologiczne i hydrologiczne jeziora Rudno wskazują na możliwość zwiększenia wymiany wody w zbiorniku, a co za tym idzie osiągnięcia efektu przemywania basenu głównego. Szczegółowe zalecenia do utrzymania prawidłowej gospodarki wodnej zawarte zostały w rozdziale „Retencja...”
- Bagrowanie- usuwanie osadów dennych

Na konieczność wybagrowania osadów wskazuje rejon przyujściowy Obrzańskiego Kanału Południowego i Obrzycy do jeziora Rudno. (OSADY utylizacja, wykorzystanie rolnicze itp.)

- Strącanie fosforu przy pomocy koagulantów.

Zastosowanie koagulantów do strącania fosforu z wody w obu omawianych zbiornikach wymaga przeprowadzenia kompleksowych, długoterminowych badań zarówno wody jak i osadów dennych. Jest to metoda niezwykle silnie ingerująca w środowisko przy pomocy związków chemicznych. Powinna być ona stosowana z niezwykłą rozwagą.

Do strącania fosforu stosuje w się koagulanty o nazwach handlowych PAX, PIX oraz Phoslock.

- Biomanipulacja to jedna z metod wykorzystywana w procesie rekultywacji jezior, polegająca na bezpośredniej ingerencji w ekosystem poprzez zmiany w łańcuchu troficznym. Najpopularniejsza jest biomanipulacja polegająca na wprowadzaniu bądź też usuwaniu z ekosystemu pewnych gatunków ryby.

Przy podejmowaniu jakichkolwiek prac ochronnych i rekultywacyjnych należy działać zgodnie z istniejącymi przepisami prawa oraz w porozumieniu z opinią społeczną. Przed opracowaniem programu działań rekultywacyjnych należy ponadto zaplanować przynajmniej jednoroczny monitoring jezior (w roku hydrologicznym) z rozszerzonym zakresem pomiarowym, w celu dokładnego rozpoznania mechanizmów funkcjonowania ekosystemu jeziora Rudno i Jezior Wojnowskich.

12. Analiza możliwości retencyjnych jeziora Rudno

12.1. Naturalne własności retencyjne jeziora

Naturalny zakres retencji jeziora wynika przede wszystkim z ukształtowania jego misy. Od jej kształtu i nachylenia brzegów zależy naturalna pojemność retencyjna jeziora. Jest to w rzeczywistości zakres, w jakim następują naturalne wahania poziomu wody, a tym samym zmiany jego napełnienia.

Jezioro Rudno jest płytkim zbiornikiem, którego wody wypełniają zagłębienie polodowcowe o nieregularnym kształcie. Linia brzegowa jest kręta i dobrze rozwinięta. Usytuowane jest ono w obrębie doliny Obrzycy, na skraju szerokiej pradoliny (pradolina warszawsko-berlińska), stąd jego brzegi są stosunkowo płaskie. Wyniesienie brzegów jeziora ponad lustro wody wynosi 1,5-2,5 m. Na wielu odcinkach wyraźnie zaznacza się poziom abrazyjny w formie pasa przybrzeżnych wypłaceń. W takich warunkach naturalne zmiany retencji zachodzą bez wpływu na bezpośrednie otoczenie jeziora.



Fot. 6. Przygotowania do pomiarów natężenia przepływów

12.2. Wahania poziomu wody w jeziorze

Na jeziorze Rudno do tej pory nie prowadzono regularnych obserwacji poziomu wody. Stąd też dysponujemy ograniczonym zakresem danych, które bezpośrednio opisują zmiany poziomu wody w okresie wieloletnim. Pośrednio informacje o wahaniami poziomu wody w jeziorze Rudno można uzyskać z wodowskazu zainstalowanego przy jazu w Uściu Starym. Wg danych „Hydroprojektu” (Tab.41.) piętrzy on wody Obrzycy w zakresie od 53,42 m npm do 53,85 m npm. Na odcinku od wypływu z jeziora do jazu rzeka ma niewielki spadek, który wynosi 0,1 ‰, co sprawia, że wahania poziomu wody Obrzycy w Uściu Starym mają wpływ na zmiany poziomu wody w jeziorze. Różnica poziomów wody na tym odcinku wynosi 30 cm. Można szacować, że wahania poziomu wody w jeziorze wynoszą $\pm 0,215$ m, w zakresie rzędnych zwierciadła wody w jeziorze od 53,6 do 54,03 m npm. i odpowiadają przeciętnej, średniej rocznej amplitudzie wahań jezior wielkopolskich, która wynosi 40-50 cm.



Fot. 7. Jaz piętrzący wody Obrzycy i pośrednio jeziora Rudno w miejscowości Uście

Ze względu na duże zróżnicowanie przepływów Obrzycy i Południowego Kanału Obry, jezioro Rudno jest zasilane w sposób nieregularny. W okresie wegetacyjnym jazy na obu tych ciekach są zamknięte i dopływ do jeziora może być zatrzymywany. Skutkiem tego

mogą być duże ubytki wody w jeziorze. Natomiast największe przepływy wezbraniowe są przez te budowle przepuszczane, co wywołuje okresowe spiętrzenie wód jeziora.

Oceniamy, że w takiej sytuacji ekstremalna amplituda wahań poziomu wody w jeziorze Rudno wynosi $\pm 0,8$ m.

Ponieważ jezioro Rudno jest zbiornikiem płytkim, duże zmiany poziomu wody, a szczególnie utrzymywanie się ekstremalnie niskiego poziomu wody jest niekorzystne. W okresach deficytu napełnienia jeziora, strefa płaskich brzegów oraz odsłaniana część litoralu ulegają przesuszeniu. Wpływa to negatywnie na jakość ekosystemu jeziora.

12.3. Możliwości sztucznej retencji jeziora

Jezioro Rudno jest już częściowo piętrzone za pomocą jazu na Obrzycy w Uściu Starym (km 26+420). W ramach programu sterowania odpływem Obrzycy zaprojektowano podpiętrzenie jezior, w tym jeziora Rudno. System ten obejmuje piętrzenie jeziora Sławskiego (Obrzyca) oraz zespołu jezior Przemęckich (Struga Kaszczorska - Południowy Kanał Obry, Kanał Przemęcki - Południowy Kanał Obry). Wymienione jeziora są piętrzone przez jazy zbudowane bezpośrednio na wypływach z jezior, co pozwala na precyzyjne sterowanie ich poziomem wody. W przypadku jeziora Rudno takie sterowanie odbywa się pośrednio. Jaz w Uściu Starym jest oddalony od jeziora i nie daje możliwości płynnego regulowania poziomu wody, tym bardziej, że jaz ma za zadanie utrzymywanie założonej retencji korytowej Obrzycy dla celów nawodnień podsiąkowych i poborów wody, a nie piętrzenia jeziora. Jest ono podpiętrzane niejako „przy okazji”. Również jaz w Rudnie ma za zadanie utrzymanie właściwej retencji korytowej Południowego Kanału Obry dla celów rolniczych, a nie piętrzenia jeziora. Usytuowanie jazu na dopływie do akwenu zawsze wprowadza ograniczenia w zasilaniu zbiornika przez dopływ.



Fot. 8. Jaz w Uściu – widoczne zaniedbania w konserwacji obiektu



Fot. 9. Pomiar natężenia przepływu

W zlewni rzeki Obrzycy funkcjonuje kaskadowy system retencji i sterowania odpływem z Obrzycy i jej dopływów – Kanału Przemęckiego i Kanału Kaszczorskiego oraz z poszczególnych jezior. Tak jest w przypadku jeziora Sławskiego oraz jezior Przemęckich, które znajdują się w górnych części zlewni.

Jezioro Rudno jest zbiornikiem przepływowym z wszelkimi konsekwencjami wynikającymi z jego położenia i funkcji hydrologicznej. Duże zasoby wodne cieków zasilających jezioro wpływają na stabilizację zasobów wodnych jeziora i wyrównanie wahań poziomu wody. Dane dotyczące przepływów dwóch głównych dopływów do jeziora są następujące:

Tab. 39. Przepływy charakterystyczne półroczne i roczne rzeki Obrzycy w Rudnie ($A=311,5 \text{ km}^2$)*- na podstawie danych IMGW z okresu 1981-2005*

| Przepływ charakterystyczny | ZIMA | LATO | ROK |
|----------------------------|---------------------|-------|-------|
| | [m ³ /s] | | |
| WWQ | 5,029 | 3,142 | 5,029 |
| SWQ | 3,570 | 2,248 | 3,737 |
| SSQ | 1,234 | 0,673 | 0,951 |
| SNQ | 0,252 | 0,132 | 0,136 |
| NN. | 0,142 | 0,049 | 0,049 |

Tab.40. Przepływy charakterystyczne Południowego Kanału Obry ($A=713,41 \text{ km}^2$)*- na podstawie danych IMGW i Hydroprojekt-u za okres 1961-1991*

| Przepływ charakterystyczny | ROK [m ³ /s] |
|----------------------------|-------------------------|
| WWQ | 8,28 |
| SWQ | 4,71 |
| SSQ | 2,76 |
| SNQ | 1,09 |
| NNQ | 0,26 |

Średni roczny dopływ rzeki Obrzycy i Południowego Kanału Obry do jeziora Rudno to $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (z uwzględnieniem mniejszych dopływów). Przez jezioro „przepływa” średnio rocznie prawie 119 mln m^3 wody. Jest to 18 razy więcej niż wynosi średnia objętość jeziora ($6,6 \text{ mln m}^3$). Należy zwrócić uwagę na znaczną redukcję przepływów Obrzycy w półroczu letnim. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku Południowego Kanału Obry.

Z hydrologicznego punktu widzenia jest więc znaczna nadwyżka przepływu, którą można by retencjonować w jeziorze. Warunki morfologiczne misy jeziora oraz jego otoczenia umożliwiają zastosowanie klasycznej metody retencji poprzez podpiętrzenie jeziora do określonej rzędnej i stałe utrzymywanie wyższego poziomu wody. Wymagałoby to jednak zbudowania urządzenia piętrzącego na samym wypływie Obrzycy z jeziora dla zapewnienia

maksymalnej rzędnej piętrzenia jeziora w zakresie 54,6-55,1 m n.p.m. Jaz w Uściu Starym nie daje możliwości spiętrzenia Obrzycy do wysokości umożliwiającej wyraźne podpiętrzenie jeziora.

Zasadne byłoby rozważenie możliwości przebudowy jazu w Uściu Starym w celu podniesienia maksymalnej rzędnej piętrzenia i w konsekwencji podniesienia poziomu jeziora Rudno. Wyższe piętrzenie jeziora nie wymaga zabiegów zabezpieczających powierzchnie w strefie brzegowej przed trwałym podtopieniem, a więc budowy grobli i nasypów oraz zmian w systemie odpływu ze zlewni bezpośredniej jeziora.

Według materiałów archiwalnych (batymetria IRŚ, mapy topograficzne i in.) rzędna poziomu wody w jeziorze wynosiła kilkadziesiąt lat temu ok. 55,0 m n.p.m. Możliwość odtworzenia takiego poziomu wody w jeziorze wymaga jednak ingerencji człowieka.

Ważnym zagadnieniem jest sposób zasilania jeziora poprzez dwa główne dopływy, który jest ukierunkowany na zaspokojenie potrzeb użytkowników wód powyżej Jeziora Rudno. W praktyce oznacza to zamknięcie jazów w Rudnie i w Uściu Starym w okresie wegetacyjnym, dla zapewnienia właściwej retencji korytowej. Jednocześnie część wody (20-30 % zasobów rocznych) z Południowego Kanału Obry jest okresowo przetrzucana do Środkowego i Północnego Kanału Obry. Ma to znaczenie w okresie letnim, kiedy ograniczony równocześnie jest odpływ z jezior Przemęckich do Kanału Przemęckiego i Kanału Kaszczorskiego. W latach suchych występują trudności z utrzymaniem wysokich przepływów w ciekach zasilających, które gwarantowałyby utrzymanie względnie wysokiego poziomu wody w jeziorze. Wówczas Rudno przyjmuje pewne cechy zbiornika nieprzepływowego, a stan wody szybko opada.

W półroczu zimowym, przy wysokich przepływach, następuje swobodny odpływ wód, ponieważ oba wymienione jazy są otwarte. Jezioro Rudno jest w tym okresie w pełni przepływowe.

Ważną rolę odgrywają tu kwestie związane z użytkowaniem jeziora. Jezioro jest zagospodarowane i użytkowanie głównie rekreacyjnie. Ewentualne, trwałe podpiętrzenie jeziora mogłoby poprawić ilościową i jakościową strukturę jego zasobów wodnych oraz ustabilizować sytuację w zakresie użytkowania jego wód.

Instrukcja użytkowania urządzeń piętrzących powinna zakładać zwiększenie retencji zasobów wodnych jeziora poprzez ograniczenie odpływu z jeziora przy wysokich stanach występujących w miesiącach wiosennych i opóźnienie opadania zwierciadła wody w miesiącach letnich. Głównym zadaniem byłaby ochrona jeziora przed występowaniem ekstremalnie niskich poziomów wody w okresach suszy hydrologicznej.

Racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi w zlewni jeziora poprawi wymianę wód w obrębie misy zbiornika i ograniczy możliwości akumulację substancji zanieczyszczających.

Tab. 41. Jeziora piętrzone w zlewni Obrzycy*

| Lp. | Jezioro | Rzeka Lokalizacja przekroju piętrzenia | Rzędna piętrzenia max min | Wahania poziomu wody | Pojemność użyteczna |
|-----|------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | | [km] | [m npm] | [m] | [mln m ³] |
| 1. | Wojnowskie | Gniła Obra jaz Wojnowo 2+600 | 52,70 51,60 | 1,10 | 2,844 |
| 2. | Sławskie | Obrzyca jaz Lubiaków 49+760 | 57,10 56,90 | 0,20 | 1,703 |
| 3. | Rudno | Obrzyca jaz Uście Stare 26+420 | 54,03 53,60 | 0,43 | 0,890 |
| 4. | Zespół Jezior Przemęckich | Struga Kaszczorska jaz Wieleń 6+675 Kanał Przemęcki jaz Przemyt 0+015 | 60,90 60,00 | 0,90 | 5,0 |

13. Spis tabel

| | |
|---------|--|
| Tab.1 | Profil termiczno-tlenowy R - 1 |
| Tab.2 | Profil termiczno-tlenowy R - 2 |
| Tab.3 | Profil termiczno-tlenowy R - 3 |
| Tab.4 | Profil termiczno-tlenowy R - 4 |
| Tab.5 | Profil termiczno-tlenowy R - 5 |
| Tab.6 | Profil termiczno-tlenowy R - 6 |
| Tab.7 | Profil termiczno-tlenowy R - 7 |
| Tab.8 | Profil termiczno-tlenowy R - 8 |
| Tab.9 | Profil termiczno-tlenowy R - 9 |
| Tab.10 | Profil termiczno-tlenowy R - 10 |
| Tab.11 | Profil termiczno-tlenowy R - 11 |
| Tab.12 | Profil termiczno-tlenowy R – 12 |
| Tab.13. | Przezroczystość wody mierzona krążkiem Secchi’ego – jezioro Rudno |
| Tab.14. | Przewodność elektrolityczna właściwa wody – jezioro Rudno |
| Tab.15. | Odczyn pH wody – jezioro Rudno |
| Tab.16. | Potencjał REDOX – jezioro Rudno |
| Tab.17. | Związki azotu i fosforu w wodach powierzchniowych – jezioro Rudno |
| Tab.18. | Zawartość azotu i fosforu w osadach dennych – jezioro Rudno |
| Tab.19. | Profil termiczno-tlenowy W - 1 |
| Tab.20. | Profil termiczno-tlenowy W- 2 |
| Tab.21. | Profil termiczno-tlenowy W - 3 |
| Tab.22. | Profil termiczno-tlenowy W- 4 |
| Tab.23. | Profil termiczno-tlenowy WZ- 5 |
| Tab.24. | Profil termiczno-tlenowy WW- 5 |
| Tab.25. | Profil termiczno-tlenowy W- 6 |
| Tab.26. | Profil termiczno-tlenowy W- 7 |
| Tab.27. | Profil termiczno-tlenowy W- 8 |
| Tab.28. | Profil termiczno-tlenowy W- 9 |
| Tab.29. | Przezroczystość wody mierzona krążkiem Secchi’ego – Jeziora Wojnowskie |
| Tab.30. | Przewodność elektrolityczna właściwa wody – Jeziora Wojnowskie |
| Tab.31. | Odczyn pH wody – Jeziora Wojnowskie |

Tab.32. Potencjał REDOX – Jeziora Wojnowskie

Tab.33. Związki azotu i fosforu w wodach powierzchniowych – Jeziora Wojnowskie

Tab.34. Związki azotu i fosforu w wodach naddennych – Jeziora Wojnowskie

Tab.35. Zawartość azotu i fosforu w osadach dennych – Jeziora Wojnowskie

Tab.36. Zawartość biogenów w ciekach zasilających jezioro Rudno i Jeziora Wojnowskie

Tab.37. Ładunki biogenów w ciekach zasilających – jezioro Rudno i Jeziora Wojnowskie

Tab.38. Możliwe ładunki biogenów przy określonym przepływie

Tab.39. Przepływy charakterystyczne półroczne i roczne Obrzycy w Rudnie ($A=311,5 \text{ km}^2$)
na podstawie danych IMGW z okresu 1981-2005

Tab.40. Przepływy charakterystyczne Południowego Kanału Obry ($A=713,41 \text{ km}^2$)
na podstawie danych IMGW i Hydroprojekt-u za okres 1961-

Tab.41. Jeziora piętrzone w zlewni Obrzycy

14. Spis map

- R-1 Rozmieszczenie profili pomiarowych - jezioro Rudno
- WZ-1 Rozmieszczenie profili pomiarowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-1 Rozmieszczenie profili pomiarowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- R-2 Plan batymetryczny jeziora Rudno
- WZ-2 Plan batymetryczny Jeziora Wojnowskiego Zachodniego
- WW-2 Plan batymetryczny Jeziora Wojnowskiego Wschodniego
- R-3 Temperatura wody na głębokości 0,5 metra - jezioro Rudno
- R-4 Temperatura naddennej warstwy wody - jezioro Rudno
- R-5 Zawartość tlenu rozpuszczonego na głębokości 0,5 metra - jezioro Rudno
- R-6 Zawartość tlenu rozpuszczonego w naddennej warstwie wody - jezioro Rudno
- R-7 Widzialność krążka Secci'ego - jezioro Rudno
- R-8 Przewodność właściwa wód - jezioro Rudno
- R-9 Odczyn pH wód powierzchniowych - jezioro Rudno
- R-10 Odczyn pH wód naddennych - jezioro Rudno
- R-11 Współczynnik redox wód powierzchniowych - jezioro Rudno
- R-12 Współczynnik redox wód naddennych powierzchniowych - jezioro Rudno
- R-13 Skala Clarka potencjału REDOX wody powierzchniowe - jezioro Rudno
- R-14 Skala Clarka potencjału REDOX wody naddenne powierzchniowych - jezioro Rudno
- R-15 Zawartość fosforanów w wodzie powierzchniowej - jezioro Rudno
- R-16 Zawartość fosforu całkowitego w wodzie powierzchniowej - jezioro Rudno
- R-17 Zawartość azotu ogólnego w wodzie powierzchniowej - jezioro Rudno
- R-18 Zawartość azotu mineralnego w wodzie powierzchniowej - jezioro Rudno
- R-19 Zawartość azotanów w wodzie powierzchniowej - jezioro Rudno
- R-20 Zawartość azotu amonowego w wodzie powierzchniowej - jezioro Rudno
- R-21 Zawartość fosforanów w wodzie naddennej - jezioro Rudno
- R-22 Zawartość fosforu całkowitego w wodzie naddennej - jezioro Rudno
- R-23 Zawartość azotu ogólnego w wodzie naddennej - jezioro Rudno
- R-24 Zawartość azotu mineralnego w wodzie naddennej - jezioro Rudno
- R-25 Zawartość azotanów w wodzie naddennej - jezioro Rudno
- R-26 Zawartość azotu amonowego w wodzie naddennej - jezioro Rudno
- R-27 Procentowa zawartość fosforu w osadach dennych - jezioro Rudno

- R-28 Procentowa zawartość azotu w osadach dennych - jezioro Rudno
- WZ-3 Temperatura wody na głębokości 0,5 metra - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-3 Temperatura wody na głębokości 0,5 metra - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-4 Temperatura naddennej warstwy wody - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-4 Temperatura naddennej warstwy wody - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-5 Zawartość tlenu rozpuszczonego na głębokości 0,5 metra - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-5 Zawartość tlenu rozpuszczonego na głębokości 0,5 metra - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-6 Zawartość tlenu rozpuszczonego w naddennej warstwie wody - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-6 Zawartość tlenu rozpuszczonego w naddennej warstwie wody - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-7 Widzialność krążka Secci'ego - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-7 Widzialność krążka Secci'ego - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-8 Przewodność właściwa wód - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-8 Przewodność właściwa wód - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-9 Odczyn pH wód powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-9 Odczyn pH wód powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-10 Odczyn pH wód naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-10 Odczyn pH wód naddennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-11 Współczynnik redox wód powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-11 Współczynnik redox wód powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-12 Współczynnik redox wód naddennych powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-12 Współczynnik redox wód naddennych powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-13 Skala Clarka potencjału REDOX wody powierzchniowe - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-13 Skala Clarka potencjału REDOX wody powierzchniowe - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-14 Skala Clarka potencjału REDOX wody naddenne powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie

- WW-14 Skala Clarka potencjału REDOX wody naddenne powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-15 Zawartość fosforanów w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-15 Zawartość fosforanów w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-16 Zawartość fosforu całkowitego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-16 Zawartość fosforu całkowitego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-17 Zawartość azotu ogólnego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-17 Zawartość azotu ogólnego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-18 Zawartość azotu mineralnego w wodzie powierzchniowej - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-18 Zawartość azotu mineralnego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-19 Zawartość azotanów w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-19 Zawartość azotanów w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-20 Zawartość azotu amonowego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-20 Zawartość azotu amonowego w wodach powierzchniowych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-21 Zawartość fosforanów w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-21 Zawartość fosforanów w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-22 Zawartość fosforu całkowitego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-22 Zawartość fosforu całkowitego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie
- WZ-23 Zawartość azotu ogólnego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
- WW-23 Zawartość azotu ogólnego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie

WZ-24 Zawartość azotu mineralnego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie
WW-24 Zawartość azotu mineralnego w wodach naddennych - jezioro Wojnowskie Wschodnie

WZ-25 Zawartość azotanów w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie

WW-25 Zawartość azotanów w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie

WZ-26 Zawartość azotu amonowego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie

WW-26 Zawartość azotu amonowego w wodach naddennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie

WZ-27 Procentowa zawartość fosforu w osadach dennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie

WW-27 Procentowa zawartość fosforu w osadach dennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie

WZ-28 Procentowa zawartość azotu w osadach dennych - Jezioro Wojnowskie Zachodnie

WW-28 Procentowa zawartość azotu w osadach dennych - Jezioro Wojnowskie Wschodnie

15. Spis rycin

- Ryc. 1. Plan pomiarów za pomocą ADCP i GIS
- Ryc.2. Przykładowe przekroje poprzeczne przez misę jeziora Rudno cz. 1
- Ryc. 3. Przykładowe przekroje poprzeczne przez misę jeziora Rudno cz. 2
- Ryc. 4. Przykładowe przekroje poprzeczne przez misę Jeziora Wojnowskiego Zachodniego cz. 1
- Ryc. 5. Przykładowe przekroje poprzeczne przez misę Jeziora Wojnowskiego Zachodniego cz. 2
- Ryc.6. Sieć hydrograficzna jeziora Rudno
- Ryc.7. Sieć hydrograficzna Jezior Wojnowskich
- Ryc.8. Profil termiczno-tlenowy R-1
- Ryc.9. Profil termiczno-tlenowy R-2
- Ryc.10. Profil termiczno-tlenowy R-3
- Ryc.11. Profil termiczno-tlenowy R-4
- Ryc.12. Profil termiczno-tlenowy R5
- Ryc.13. Profil termiczno-tlenowy R-6
- Ryc.14. Profil termiczno-tlenowy R-7
- Ryc.15. Profil termiczno-tlenowy R-8
- Ryc.16. Profil termiczno-tlenowy R-9
- Ryc.17. Profil termiczno-tlenowy R-10
- Ryc.18. Profil termiczno-tlenowy R-11
- Ryc.19. Profil termiczno-tlenowy R-12
- Ryc.20. Profil termiczno-tlenowy W-1
- Ryc.21. Profil termiczno-tlenowy W-2
- Ryc.22. Profil termiczno-tlenowy W-3
- Ryc.23. Profil termiczno-tlenowy W-4
- Ryc.24. Profil termiczno-tlenowy W- 6
- Ryc.25. Profil termiczno-tlenowy W-7
- Ryc.26. Profil termiczno-tlenowy W-8
- Ryc.27. Profil termiczno-tlenowy W-9
- Ryc.28. Obieg wody w jeziorze Rudno
- Ryc.29 Proponowane strefy ochronne w zlewni jeziora Rudno

Ryc.30 Proponowane strefy ochronne w zlewni Jezior Wojnowskich

16. Spis fotografii

Fot. 1. Jezioro Rudno

Fot. 2. Obrzański Kanał Południowy

Fot. 3. Pobór prób uwodnionych osadów dennych na Jeziorze Wojnowskim Zach.

Fot. 4. Stagnacja wody Kanału Południowego

Fot. 5. Kompleks wypoczynkowy w miejscowości Rudno

Fot. 6. Przygotowanie do pomiarów natężenia przepływów

Fot. 7. Jaz piętrzący wody Obrzycy i pośrednio Jeziora Rudno w miejscowości Uście

Fot. 8. Jaz w Uściu – widoczne zaniedbania w konserwacji obiektu

Fot. 9 Pomiar natężenia przepływu

17. Bibliografia

1. Bajkiewicz–Grabowska E., Mikulski Z.; 2006; *Hydrologia ogólna*; Wydawnictwo Naukowe PWN; Warszawa
2. Brodzińska B., Jańczak J., Kowalik A., Sziwa R.; 1996; *Atlas jezior Polski*; Bogucki Wydawnictwo Naukowe; Poznań
3. Choiński A.; 1995; *Zarys limnologii Polski*; Wydawnictwo Naukowe UAM; Poznań
4. *Charakterystyki hydrologiczne i meteorologiczne dla warunków korzystania z wód dorzecza Obrzycy*. IMGW, Poznań 1999
5. Damczyk K., Szenfeld M., Demidowicz M., Lewicki Z.; 2005; *Stan środowiska w województwie lubuskim w 2004 roku*; Biblioteka Monitoringu Środowiska; Zielona Góra – Gorzów Wlkp.
6. Elbanowska H., Zerbe J., Siepak J.; 1999; *Fizyczno–chemiczne badania wód*; Wydawnictwo Naukowe UAM; Poznań
7. Gromiec M. (red.); 2006; *Zastosowanie GIS w meteorologii i gospodarce wodnej*; IMGW; Warszawa
8. Kajak Z.; 1979; *Eutrofizacja jezior*; Państwowe Wydawnictwo Naukowe; Warszawa
9. Kawecka B., Eloranta P.; 1994; *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*; Wydawnictwo Naukowe PWN; 1994
10. Kondracki J.; 1988; *Geografia fizyczna Polski*; Państwowe Wydawnictwo Naukowe; Warszawa
11. Kondracki J.; 1994; *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno–geograficzne*; Wydawnictwo Naukowe PWN; Warszawa

12. Kudelska D., Cydzik D., Soszka H.; 1994; *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior*; Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska; Warszawa
13. Reichholf J.; 1998; *Tereny wilgotne*; Świat Książki; Warszawa
14. Stankowski W.; 1999; *Wielkopolska*; Wydawnictwa Szkolne i Paedagogiczne; Warszawa
15. Stumm E.; 1985; *Chemical processes in lakes*; Swiss Federal Institute of Technology; Zurich
16. Styczeń L.; *Stan czystości wód w zlewni Południowego Kanalu Obry*; Biblioteka Monitoringu Środowiska; Leszno
17. Woś A.; 1994; *Klimat Niziny Wielkopolskiej*; Wydawnictwo Naukowe UAM; Poznań
18. *Opracowanie planu batymetrycznego jeziora Ślawa oraz wykonanie podstawowych badań biologicznych i fizyko-chemicznych*; praca zbiorowa; IMGW Oddział Poznań; 2005
19. Podręcznik użytkownika programu Win River, RD Instrument; 2000
20. *Principles of Operation A Practical Primer*; Second Edition for Broadband ADCPs, RD Instruments; 1996
21. *Studium możliwości magazynowania wody w zlewni rzeki Obry*. IMGW, Poznań 1985
22. *Warunki korzystania z wód dorzecza Obrzycy. Bilans ilościowy wód powierzchniowych*. Hydroprojekt Warszawa Sp. Z o.o., W-wa 2001