



INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ

Oddział Morski w Gdyni

ul. Waszyngtona 42

81-342 Gdynia

*WYZNACZENIE GRANIC OBSZARÓW BEZPOŚREDNIEGO ZAGROŻENIA
POWODZIĄ W CELU UZASADNIENEGO ODTWORZENIA TERENÓW
ZALEWOWYCH etap II*

DRWECA

CZEŚĆ OPISOWA

Opracowanie i mapy wykonano w Oddziale Morskim IMGW w Gdyni na zlecenie Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku

Autorzy:	
IMGW Oddział Morski w Gdyni	
mgr inż. Barbara Cygan	mgr Alicja Kańska
mgr Krzysztof Lubomirski	mgr inż. Beata Kowalska
dr inż. Marzenna Sztobryn	mgr Katarzyna Krzysztofik
mgr Waldemar Stepko	mgr inż. Beata Letkiewicz
mgr Anna Śledzka	mgr Monika Mykita
mgr inż. Leszek Kostrzębski	mgr Ida Stanisławczyk
Jarosław Płonka	mgr inż. Marek Wodnicki
mgr inż. Urszula Józwiak	Sławomir Guzek
mgr Bartosz Zakrzewski	
Tomasz Szypryt	mgr Marian Krzysztof Piekarski nr upr.41/2004
Jakub Ordon	
Eugeniusz Baranowski	
Grzegorz Traskowski	
Ryszard Moroz	
Adam Kowalewski	
Rafał Szewczyk	

Kierownik tematu

IMGW Oddział Morski Gdynia

2004/2005

Spis treści

1. Podstawa opracowania	4
2. Zakres opracowania	5
3. Hydrologia rzeki Drwęcy	7
3.1. <i>Opis hydrograficzny rzeki Drwęcy</i>	7
3.2 <i>Charakterystyczne przepływy (SSQ i SNQ) i stany wody (SSW i SNW) na posterunkach wodowskazowych.....</i>	9
3.3 <i>Przepływy i stany wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) p=1% i 10% na posterunkach wodowskazowych</i>	12
3.4. <i>Przepływy o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) p=1% i p=10% na profilach niekontrolowanych</i>	14
3.5. <i>Obliczenia rzędnych zwierciadła wody</i>	16
4. Wyznaczenie przekrojów poprzecznych koryta rzecznego i przekrojów dolinowych w miejscach charakterystycznych.....	20
4.1. <i>Metodyka pomiarów</i>	20
4.2. <i>Forma przekazania danych.....</i>	21
5. Wyznaczanie terenów bezpośredniego zagrożenia powodzią od wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) p=1% i 10% na mapach topograficznych w skali 1:10 000.	22
5.1 <i>Opracowanie podkładów rastrowych map topograficznych w skali 1:10 000.....</i>	22
5.2 <i>Opracowanie warstw tematycznych</i>	23
5.3 <i>Kilometraż.....</i>	23
5.4 <i>Strefy zagrożenia powodziowego A1 i A10</i>	23
5.5 <i>Wodowskazy.....</i>	24
5.6 <i>Budowle hydrotechniczne – budowle piętrzące</i>	24
5.7 <i>Budowle mostowe</i>	24
5.8 <i>Wały przeciwpowodziowe</i>	24
5.9 <i>Gminy.....</i>	24
5.10 <i>Wydruki map.....</i>	25
6. Literatura	28
7. Załączniki	29

Spis tabel i rysunków

Tabela 1. Główne dopływy rzeki Drwęcy.....	8
Tabela 2. Posterunki wodowskazowe w sieci pomiarowej IMGW na Drwęcy.....	10
Tabela 3. Charakterystyczne stany wody SSW i SNW na posterunkach wodowskazowych Drwęcy.....	11
Tabela 4. Przepływy charakterystyczne SSQ i SNQ na posterunkach wodowskazowych Drwęcy	11
Tabela 5. Stany wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ na posterunkach wodowskazowych Drwęcy	12
Tabela 6. Obliczone przepływy o prawdopodobieństwie wystąpienia (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ na posterunkach wodowskazowych Drwęcy.....	13
Tabela 7. Przepływy o 1% i 10% prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) i przepływy charakterystyczne SSQ i SNQ obliczone dla przekrojów poprzecznych rzeki Drwęcy.....	15
Tabela 8. Zestawienie rzędnych zwierciadła wody, dla przepływów o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ i przepływów charakterystycznych SSQ i SNQ, w przekrojach poprzecznych rzeki Drwęcy.....	18
Tabela. 9. Wykaz wydrukowanych arkuszy map dla rzeki Drwęcy.....	26
Rys. 1. Schematyczny układ arkuszy map rzeki Drwęcy.....	27

Zgodnie z art. 18 ustawy z dnia 17.05.1989 r. – Prawo geodezyjne i kartograficzne (t.j. Dz. U. 2000 r. Nr 100, poz. 1086, ze zm.) rozpowszechnianie, rozprowadzanie oraz reprodukcje w celu rozpowszechniania, rozprowadzania niniejszych materiałów wymaga zezwolenia Marszałka Województwa.

1. Podstawa opracowania

Opracowanie zostało wykonane na zlecenie Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku nr 35/2003 z dnia 11.07.2003 roku pt: „Wyznaczenie granic obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią w celu uzasadnionego odtworzenia terenów zalewowych”. Głównym celem pracy było wyznaczenie granic obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią dla rzeki Drwęcy od wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$.

2. Zakres opracowania

Zgodnie z Ustawą Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001r. Art. 82 pkt.1 obszary bezpośredniego zagrożenia powodzią obejmują tereny między wałem przeciwpowodziowym a linią brzegową rzeki, strefę wybrzeża morskiego oraz strefę przepływów wezbrań powodziowych.

Jako podstawę określenia granic stref zagrożenia powodziowego uznaje się granice tzw. strefy A1 i A10, określającej zasięg obszaru zalewowego odpowiadającego wysokiemu powodziowemu przepływowi o objętości przepływu Q , którego prawdopodobieństwo przewyższenia wynosi 1% i 10%.

Zastosowana metodyka wyznaczenia stref zagrożenia powodziowego zgodna jest z zasadami określania strefy A1 i A10. Obliczenia zostały wykonywane przy wykorzystaniu matematycznego modelu jednowymiarowego ruchu wody oraz innych metod hydrologii stosowanej.

Przeprowadzone prace obejmowały następujące zadania:

1. wyznaczenia charakterystycznych przepływów (SSQ i SNQ) i stanów wody (SSW i SNW) na posterunkach wodowskazowych,
2. wyznaczenia wartości przepływów i stanów wody o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$ i $p=10\%$ na posterunkach wodowskazowych,
3. przyjęcie wielkości powierzchni zlewni w profilach charakterystycznych rzeki (według „Mapy Podziału Hydrograficznego Polski” z 2003 roku i „Podziału Hydrograficznego Polski” z 1983 roku),
4. wyznaczenie wartości przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 10% w przekrojach pomiarowych,
5. zaplanowanie, wykonanie (pomiary geodezyjne) i opracowanie kilometrażu i przekrojów poprzecznych koryta i doliny rzeki Drwęcy,
6. przeprowadzenie kalibracji modelu i dobór metod hydrologii stosowanej,
7. wykonanie obliczeń rzędnych zwierciadła wody dla przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 10% oraz SSQ i SNQ,
8. naniesienie na podkładowe mapy topograficzne w skali 1:10000 stref zalewu odpowiadających wyznaczonym rzędnym zwierciadła wody.

Część graficzna opracowania składa się z 25 map granic stref zagrożenia powodziowego, profilu podłużnego oraz 89 przekrojów poprzecznych.

Mapy zasięgu stref zagrożenia powodziowego wykonano w programie Arc View. Podkład mapowy stanowiły mapy topograficzne 1:10000 w układzie 1965 przeliczone do układu 1992. Zgodnie z wymaganiami Zamawiającego opracowane zostały dodatkowe wektorowe warstwy tematyczne kilometrażu, wałów przeciwpowodziowych, budowli hydrotechnicznych oraz mostowych, wodowskazów i granic gmin.

3. Hydrologia rzeki Drwęcy

3.1. Opis hydrograficzny rzeki Drwęcy

Rzeka Drwęca bierze swój początek u podnóża wzgórz Dylewskich (Czarci Jar), ze źródeł znajdujących się na wysokości 191m npm w okolicach wsi Drwęce. Uchodzi do Wisły w km 728,400 w miejscowości Złotoria k. Torunia (wys. 36,6 m npm.). Całkowita długość cieku wynosi 232,450 km, powierzchnia zlewni 5693,3 km².

Główne dopływy:

lewostronne: Grabczek, Gizela, Elszka, Wel, Brynica, Rypienica, Struga Dobrzyńska, Ruziec, Jordan;

prawostronne: Hławka, Skarlanka, Struga Brodnicka, Struga Kujawska, Struga Wąbrzeska, Struga Kowalewska, Struga Rychnowska;

Kanał Ostródzko-Elbląski.

Główne dopływy Drwęcy wraz z powierzchniami zlewni zostały przedstawione w tabeli 1.

Obszar dorzecza Drwęcy ukształtowany został podczas zlodowacenia wistuliańskiego - stadium poznańskiego. Obszar zlewni pokrywa w większości pas moreny dennej z licznymi pagórkami i wzgórzami morenowymi. Dominującymi pod względem wysokości formami są moreny Garbu Lubawskiego, osiągające wysokość 312 m npm. Największe skupisko kemów i ozów występuje pomiędzy Kowalewem Pomorskim a Golubiem Dobrzyniem oraz na południe od tych miejscowości. Sandry i terasy sandrowe występują głównie w północno wschodniej części dorzecza na granicy z woj. olsztyńskim i ciechanowskim oraz w pasie Hława - Nowe Miasto Lubawskie - Jabłonowo Pomorskie.

Występujące w dorzeczu cieki wodne płyną głęboko wyciętymi rynnami lub dolinami polodowcowymi. Natomiast głębsze rynny polodowcowe są naturalnymi zbiornikami wodnymi. Sieć rzeczna na terenie moreny dennej jest słabo rozwinięta. Niektóre cieki wykorzystujące naturalne obniżenia wytopiskowe, nie mają połączenia z podstawową siecią rzeczną. Natomiast na powierzchni sandrów i wyższych teras rzecznych cieki są rzadkością.

Tabela 1. Główne dopływy rzeki Drwęcy

Dopływ	Prawy/Lewy	Kilometr rzeki 2004	Powierzchnia zlewni [km ²]
Grabczek	L	213,100	139,6
J. Drwęckie		190,510-203,340	747,7
Gizela	L	178,740	70,7
Iławka	P	166,970	390,2
Sandela	L	164,730	71,6
Wel	L	154,090	821,8
Brynica	L	116,780	330,4
Skarlanka	P	106,990	234,1
Rypienica	L	81,830	337,3
Struga Czarna	P	45,330	174,4
Ruziec	L	43,840	288,0
Lubianka	L	33,830	218,2
Struga Jordan	L	1,370	57,1

3.2 Charakterystyczne przepływy (SSQ i SNQ) i stany wody (SSW i SNW) na posterunkach wodowskazowych

Charakterystyki stanów i przepływów dla rzeki Drwęcy opracowano na podstawie danych z posterunków sieci pomiarowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Dla rzeki Drwęcy obliczenia hydrologiczne zostały przeprowadzone dla następujących profilów wodowskazowych (tabela 2):

- Elgiszewo
- Brodnica
- Nowe Miasto Lubawskie
- Rodzone
- Samborowo
- Ostróda – j. Drwęckie
- Idzbark

Dla profilów wodowskazowych określono następujące wielkości:

- stany charakterystyczne SSW i SNW (tabela 3),
- przepływy charakterystyczne SSQ i SNQ (tabela 4),
- stany o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 10% (tabela 5),
- przepływy maksymalne roczne o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 10% (tabela 6).

Wartości przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia 1%, 10% oraz charakterystycznych, a więc średniego SSQ z wielolecia i średniego niskiego SNQ z wielolecia oraz o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia obliczono na podstawie ciągów danych z podanych lat dla następujących posterunków:

- Elgiszewo (1951-2003)
- Brodnica (1951-2003)
- Nowe Miasto Lubawskie (1951-2003)
- Rodzone (1966-2003)
- Samborowo (1974-2003)
- Idzbark (1975-2003)

Stany o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia 1%, 10% oraz charakterystyczne wyznaczono na podstawie ciągów danych z podanych lat dla następujących posterunków:

- Elgiszewo (1986-2003)
- Brodnica (1986-2003)
- Nowe Miasto Lubawskie (1986-2003)
- Rodzone (1986-2003)
- Samborowo (1986-2003)
- Ostróda – j. Drwęckie (1986-2003)
- Idzbark (1986-2003)

Poniżej, w tabeli 2 przedstawiono posterunki wodowskazowe w sieci pomiarowej IMGW na Drwęcy wykorzystane do charakterystyki hydrologicznej rzeki.

Tabela 2. Posterunki wodowskazowe w sieci pomiarowej IMGW na Drwęcy.

Rzeka	Kilometr biegu rzeki 2004 [km]	Wodowskaz	Powierzchnia zlewni [km²]	Rzędna zera wodowskazu Kr86 [m npm]
Drwęca	28,860	Elgiszewo	4959,0	45,69
Drwęca	95,650	Brodnica	3526,0	67,42
Drwęca	147,230	Nowe Miasto Lubawskie	2725,0	79,85
Drwęca	164,760	Rodzone	1701,0	84,87
Drwęca	187,960	Samborowo	1076,0	86,61
J. Drwęckie	203,340	Ostróda –j. Drwęckie	1015,0	90,52
Drwęca	213,070	Idzbark	235,0	96,25

W tabelach 3 i 4 przedstawiono charakterystyczne stany wody oraz charakterystyczne przepływy na posterunkach wodowskazowych Drwęcy

Tabela 3. Charakterystyczne stany wody SSW i SNW na posterunkach wodowskazowych Drwęcy

L.p.	Wodowskaz	Okres	SSW [cm]	Rzędna wody SSW [m npm]	SNW [cm]	Rzędna wody SNW [m npm]
1	Elgiszewo	(1986-2003)	113	46,82	50	46,19
2	Brodnica	(1986-2003)	143	68,85	82	68,24
3	Nowe Miasto Lubawskie	(1986-2003)	202	81,87	128	81,13
4	Rodzone	(1986-2003)	192	86,79	124	86,11
5	Samborowo	(1986-2003)	738	93,99	686	93,47
6	Ostróda – j. Drwęckie	(1986-2003)	457	95,09	433	94,85
7	Idzbark	(1986-2003)	63	96,88	28	96,53

Tabela 4. Przepływy charakterystyczne SSQ i SNQ na posterunkach wodowskazowych Drwęcy

L.p.	Wodowskaz	Okres	SSQ [m ³ /s]	SNQ [m ³ /s]
1	Elgiszewo	(1951-2003)	28,64	14,85
2	Brodnica	(1951-2003)	22,49	11,79
3	Nowe Miasto Lubawskie	(1951-2003)	17,06	8,05
4	Rodzone	(1966-2003)	11,44	4,55
5	Samborowo	(1974-2003)	7,18	2,85
6	Idzbark	(1975-2003)	1,88	0,96

3.3 Przepływy i stany wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i 10% na posterunkach wodowskazowych

Przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia wyznaczono w oparciu o „Zasady obliczania przepływów rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia” autorstwa prof. M. Ozgi-Zielińskiej i zespołu oraz w niektórych przypadkach na podstawie innych programów statystycznych.

Najlepiej dopasowaną funkcją i najbardziej wiarygodną dla odwzorowania rozkładu maksymalnych przepływów rocznych o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i 10% dla wodowskazu Elgiszewo jest funkcja rozkładu log-gamma, dla wodowskazu Brodnica – log-normalny, dla N. M. Lubawskiego – gamma, dla Rodzonego – normalny, dla wodowskazu Idzbark – ekstremalny.

Przy wyznaczaniu stanów wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i 10% jako najbardziej wiarygodny rozkład dla rozpatrywanych postarunków wodowskazowych przyjęto funkcję rozkładu normalną.

Wyniki obliczeń zostały przedstawione w tabelach 5 i 6.

Tabela 5. Stany o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ na posterunkach wodowskazowych Drwęcy

Lp.	Wodowskaz	Okres	Rzędna zera wodowskazu Kr86 [m npm]	Stan $p=1\%$ [cm]	Rzędna wody $p=1\%$ [m npm]	Stan $p=10\%$ [cm]	Rzędna wody $p=10\%$ [m npm]
1	Elgiszewo	(1986-2003)	45,69	297	48,66	256	48,25
2	Brodnica	(1986-2003)	67,42	310	70,52	270	70,12
3	Nowe Miasto Lubawskie	(1986-2003)	79,85	367	83,52	333	83,18
4	Rodzone	(1986-2003)	84,87	343	88,31	314	88,01
5	Samborowo	(1986-2003)	86,61	862	95,23	837	94,98
6	Ostróda – j. Drwęckie	(1986-2003)	90,52	527	95,79	509	95,61
7	Idzbark	(1986-2003)	96,25	163	97,87	147	97,72

Tabela 6. Obliczone przepływy o prawdopodobieństwie wystąpienia (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ na posterunkach wodowskazowych Drwęcy

L.p.	Wodowskaz	Okres	Przepływ $Q_{p=1\%}$ [m ³ /s]	Przepływ $Q_{p=10\%}$ [m ³ /s]
1	Elgiszewo	(1951-2003)	133,87	84,91
2	Brodnica	(1951-2003)	90,69	63,33
3	Nowe Miasto Lubawskie	(1951-2003)	70,43	51,41
4	Rodzone	(1966-2003)	42,96	35,12
5	Samborowo	(1974-2003)	28,43	22,00
6	Idzbark	(1975-2003)	12,40	8,31

3.4. Przepływy o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ na profilach niekontrolowanych

W praktyce inżynierskiej w zależności od położenia przekroju obliczeniowego w stosunku do przekrojów wodowskazowych stosowana jest metoda interpolacji lub metoda ekstrapolacji, przy założeniu, że przyrost zlewni między przekrojem wodowskazowym i obliczeniowym nie przekracza $\pm 20\%$ w stosunku do powierzchni zlewni w przekroju obliczeniowym.

Dla profili niekontrolowanych poszczególne wartości przepływów charakterystycznych ($Q_{\max p 1\%}$, SSQ i SNQ) w profilach kontrolowanych obliczono poprzez interpolację bądź ekstrapolację wg wzorów:

$$Q_o = Q_w * \left(\frac{A_o}{A_w} \right)^n \quad (1)$$

$$Q_o = Q_{w1} + \frac{Q_{w2} - Q_{w1}}{A_{w2} - A_{w1}} (A_o - A_{w1}) \quad (2)$$

gdzie

Q_o - wartość charakterystyki przepływu w przekroju obliczeniowym,

Q_w - wartość charakterystyki przepływu w przekroju wodowskazowym,

A_o - wielkość powierzchni zlewni zamkniętej przekrojem obliczeniowym,

A_w - wielkość powierzchni zlewni zamkniętej przekrojem wodowskazowym

n - parametr empiryczny, $n = 2/3$.

Wyniki obliczeń zostały przedstawione w tabeli 7.

Tabela 7. Przepływy o 1% i 10% prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) i przepływy charakterystyczne SSQ i SNQ obliczone dla przekrojów poprzecznych dla rzeki Drwęcy.

Miejsce przekroju	Kilometraż [km]	$Q_{\max 1\%}$ [m ³ /s]	$Q_{\max 10\%}$ [m ³ /s]	SSQ [m ³ /s]	SNQ [m ³ /s]
Jezioro Ostrowin - wpływ km	216,590	9,072	6,080	1,376	0,705
Jezioro Ostrowin - wypływ km	215,660	10,803	7,240	1,638	0,839
rzeka Grabiczek dopływ L km	213,100	12,400	8,310	1,880	0,963
Jezioro Drwęckie - wpływ km	203,340	12,980	8,700	1,970	1,010
Jezioro Drwęckie - wypływ km	190,510	26,717	20,525	6,602	2,646
rzeka Gizela dopływ L km	178,740	34,737	27,695	9,029	3,588
Młyńska Struga dopływ L km	176,220	36,071	28,899	9,420	3,744
rzeka Hławka dopływ P km	166,970	41,632	33,921	11,051	4,395
rzeka Sandeła dopływ L km	164,730	42,960	35,120	11,440	4,550
dopływ P z Jez. Radomno km	157,720	45,440	37,150	12,100	4,810
Kanał Brynica dopływ L km	116,780	82,449	58,104	20,346	10,454
dopływ P z Jez. Bachotek km	106,990	86,230	60,210	21,380	11,210
Struga Czarna dopływ P km	45,330	127,216	80,682	27,215	14,111
rzeka Lubianka dopływ L km	33,830	133,597	84,734	28,578	14,819
struga Jordan dopływ L km	1,370	140,481	89,101	30,054	15,594

3.5. Obliczenia rzędnych zwierciadła wody

Obliczenia hydrauliczne zostały wykonane przy wykorzystaniu modelu HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System) oraz metod hydrologii stosowanej.

Model HEC-RAS ma możliwość szczegółowego odwzorowania topografii terenu, geometrii budowli w granicach koryta rzeki i terenach zalewowych oraz oddziaływania tych obiektów na hydrauliczne warunki przepływu.

Rzędne zwierciadła wody są wyznaczone od jednego przekroju poprzecznego do kolejnego w oparciu o równanie energii (Bernoulliego):

$$Z_i + H_i + \frac{\alpha v_i^2}{2g} = Z_{i+1} + H_{i+1} + \frac{\alpha v_{i+1}^2}{2g} + \Delta x_i \bar{S}$$

gdzie:

Z_i , Z_{i+1} – wzniesienie dna ponad przyjęty poziom odniesienia odpowiednio w przekroju i oraz $i+1$

H_i , H_{i+1} – głębokość w kanale w przekroju i oraz $i+1$

V_i , V_{i+1} – średnia prędkość

Δx_i – odległość pomiędzy przekrojami

\bar{S} – spadek linii energii miarodajny dla badanego odcinka rzeki

W tabeli 8 zestawiono rzędne zwierciadła wody dla przepływów o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ i przepływów charakterystycznych SSQ i SNQ w przekrojach poprzecznych rzeki Drwęcy.

Rzędne zwierciadła wody górnej na budowlach piętrzących ogólnie wyznaczano według uzgodnień z RZGW:

1. rzędna zwierciadła wody dla przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 10% równa maksymalnemu piętrzeniu z pozwolenia wodnoprawnego;
rzędna zwierciadła wody dla przepływu SSQ i SNQ równa rzędnej zwierciadła wody w dniu pomiaru,

2. w przypadku gdy rzędna pomierzonej wody górnej jest wyższa od rzędnej maksymalnego piętrzenia podanego w pozwoleniu wodoprawnym, przyjmowano:
rz zww dla Q1% = rz zww dla Q10% = rz zww dla SNQ = rz zww dla SSQ = rzędna zww pomierzona w danym dniu,
3. gdy brak pozwolenia wodnoprawnego i rzędnej maksymalnego piętrzenia przyjmowano
rz zww dla Q1% = rz zww dla Q10% = rz zww dla SNQ = rz zww dla SSQ = rzędna zww pomierzona w danym dniu.

Dla jazu Samborowo jako rz zww dla Q1% przyjęto stan ostrzegawczy, natomiast rzędna zww dla SNQ jest równa rzędnej minimalnego piętrzenia.

Tabela 8. Zestawienie rzędnych zwierciadła wody dla przepływów o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i $p=10\%$ i przepływów charakterystycznych SSQ i SNQ w przekrojach poprzecznych rzeki Drwęcy

Nr przekroju	Kilometraż [km]	Rzędna zww dla $Q_{1\%}$ [m n.p.m.]	Rzędna zww dla $Q_{10\%}$ [m n.p.m.]	Rzędna zww dla SSQ [m n.p.m.]	Rzędna zww dla SNQ [m n.p.m.]
89	232.440	150.42	150.42	150.41	150.41
88	230.600	142.97	142.91	142.81	142.57
87	229.370	124.41	124.29	124.15	123.93
86	228.720	118.93	118.81	118.67	118.45
85	227.940	116.90	116.78	116.45	116.29
84	226.490	113.85	113.75	113.43	113.34
83	225.280	110.75	110.64	110.40	110.24
82	223.700	108.26	108.16	107.92	107.73
81	221.410	103.87	103.51	103.01	102.92
80	218.350	101.20	100.88	100.49	100.14
79	214.790	100.37	100.23	99.92	99.85
78	213.180	98.16	97.96	97.20	97.01
77	210.380	97.83	97.57	96.55	96.20
76	208.470	97.69	97.36	96.19	95.79
75	204.860	96.90	96.54	95.38	94.96
74	203.470	96.27	96.03	95.20	94.85
73	189.680	95.73	95.57	95.00	94.76
72	187.960	95.23	94.98	93.99	93.47
71	184.770	94.56	94.36	93.25	92.55
70	182.020	94.02	93.78	92.55	92.05
69	177.890	92.15	91.94	90.95	90.49
68	175.760	91.11	90.94	89.84	89.23
67	174.230	90.59	90.44	89.40	88.72
66	170.300	89.40	89.27	88.38	87.77
65	167.970	88.96	88.77	87.81	87.16
64	166.880	88.79	88.58	87.52	86.80
63	164.760	88.31	88.01	86.79	86.11
62	161.120	87.04	86.78	85.75	85.13
61	158.570	86.55	86.25	85.07	84.49
60	153.910	85.40	85.05	83.74	83.00
59	151.250	84.74	84.39	83.08	82.28
58	150.040	84.52	84.15	82.79	82.02
57	147.870	83.93	83.55	82.19	81.46
56	147.230	83.52	83.18	81.87	81.13
55	146.370	83.37	82.97	81.65	81.00
54	143.860	82.19	81.87	80.65	79.90
53	142.640	81.76	81.42	80.14	79.41
52	138.730	80.77	80.46	79.25	78.50
51	135.410	79.78	79.46	78.20	77.59
50	134.000	79.37	79.01	77.62	76.96
49	131.870	78.66	78.30	76.91	76.16
48	130.360	78.13	77.79	76.56	75.80
47	127.060	77.07	76.63	75.79	75.09

cd. tabeli 8

Nr przekroju	Kilometraż [km]	Rzędna zww dla Q _{1%} [m n.p.m.]	Rzędna zww dla Q _{10%} [m n.p.m.]	Rzędna zww dla SSQ [m n.p.m.]	Rzędna zww dla SNQ [m n.p.m.]
46	123.950	76.19	75.87	74.81	74.10
45	120.520	75.32	74.96	73.95	73.18
44	116.550	74.42	74.07	73.19	72.41
43	110.360	73.55	73.07	71.87	71.07
42	106.900	72.85	72.32	71.13	70.39
41	104.560	72.28	71.82	70.86	70.13
40	101.840	71.80	71.32	70.17	69.55
39	99.630	71.58	71.08	69.71	69.05
38	96.630	71.09	70.55	69.20	68.59
37	95.650	70.52	70.12	68.85	68.24
36	94.870	70.36	69.86	68.50	67.92
35	93.360	69.90	69.42	68.10	67.58
34	91.810	69.44	68.95	67.58	67.09
33	88.940	68.74	68.28	67.05	66.52
32	84.780	67.83	67.46	66.36	65.65
31	81.280	67.28	66.90	65.65	64.98
30	78.570	66.83	66.41	65.05	64.35
29	76.200	66.09	65.69	64.36	63.75
28	73.610	65.57	65.16	63.87	63.17
27	69.570	64.26	63.80	62.45	61.97
26	66.160	62.96	62.46	61.22	60.64
25	63.910	62.34	61.87	60.72	60.18
24	60.910	61.30	60.87	59.62	59.19
23	58.940	60.34	59.90	58.53	57.99
22	56.550	59.37	58.88	57.61	57.07
21	53.610	58.38	57.85	56.56	56.04
20	50.750	57.13	56.58	55.30	54.79
19	48.000	55.94	55.41	54.17	53.71
18	43.730	53.86	53.37	52.36	51.81
17	40.140	52.86	52.35	50.97	50.41
16	37.920	52.40	51.85	50.31	49.83
15	33.580	50.54	49.98	48.35	47.77
14	30.740	49.18	48.62	47.17	46.65
13	28.860	48.66	48.25	46.82	46.19
12	26.780	47.87	47.37	46.12	45.39
11	21.760	46.48	45.89	44.52	44.17
10	17.830	45.83	45.27	43.90	43.51
9	16.040	45.72	45.16	43.82	43.46
8	14.680	45.11	44.56	43.58	43.37
7	12.800	43.95	43.81	43.34	43.27
6	11.840	42.62	41.43	41.31	41.26
5	9.310	42.62	41.33	38.70	38.52
4	7.220	42.62	41.33	38.20	37.67
3	4.530	42.62	41.33	37.50	36.82
2	0.950	42.62	41.33	36.47	35.23
1	0.160	42.62	41.33	36.43	34.83

4. Wyznaczenie przekrojów poprzecznych koryta rzecznoego i przekrojów dolinowych w miejscach charakterystycznych.

Jednym z pierwszych etapów realizacji projektu było wykonanie przekrojów poprzecznych koryta rzeki w miejscach charakterystycznych wraz z charakterystycznymi przekrojami dolinowymi oraz, w oparciu o przekroje poprzeczne koryta rzeki, wykonanie przekroju podłużnego rzeki Drwęcy.

Na rzece wprowadzono nowy kilometrą, który został naniesiony na mapy topograficzne w układzie „1965” w skali 1:10 000.

4.1. Metodyka pomiarów

Wszystkie pomiary hipsometryczne wykonywano w geodezyjnym poziomym układzie współrzędnych PUWG 1992 i pionowym poziomie odniesienia Kronsztad 86'. Na podstawie map topograficznych 1:10 000 oraz wizji lokalnej wytyczano w terenie profile przekrojów hipsometrycznych poprzez stabilizację palikami dwóch punktów wyznaczających profil.

Do pomiarów geodezyjnych wykorzystano stację tachimetryczną NIKON DTM-501 oraz aparaturę opartą o technikę GPS (*Globalny System Pozycyjny*). Użyto odbiorników GPS Trimble 5700 z anteną Zephyr – odbiornik ruchomy i Zephyr Geodetic – odbiornik bazowy z radiową transmisją „sygnału korekcyjnego” w czasie rzeczywistym oraz rejestratora GPS Trimble TSC [2, 3, 4, 5]. Część pomiarów wykonano pracując w opcji RTK (pomiary w czasie rzeczywistym), a część wykonując pomiary statyczne w opcji FastStatic (postprocessing). Zastosowany sprzęt umożliwia wykonanie pomiarów z dokładnością wymaganą przez Instrukcję Techniczną GUGiK G-1-10 oraz pozwala na wykonywanie pomiarów bez konieczności zakładania sieci poligonów. Współrzędne zastabilizowanych w terenie punktów określano metodą statyczną GPS. Do pomiarów były używane dwa odbiorniki TRIMBLE 5700 pracujące w trybie FastStatic. Stacje bazowe ustawiano na punktach należących do sieci punktów POLREF, których współrzędne w układzie WGS-84 i „1992” wraz z wysokościami elipsoidalnymi otrzymano z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjno-Kartograficznej w Warszawie. Obliczenia na elipsoidzie WGS-84 wykonano przy pomocy oprogramowania TRIMBLE GEOMATICS OFFICE Version 1.61. Różnice wysokości geoidy niwelacyjnej i elipsoidy odniesienia obliczono z modelu „Geoidy niwelacyjnej 2002” wprowadzonej do stosowania przez Głównego Geodetę Kraju.

Wyznaczenie tych różnic jest konieczne do przeliczeń wysokości elipsoidalnych do obowiązującego układu wysokości. Pomiary na przekrojach wykonano przy pomocy stacji tachimetrycznej NIKON serii DTM-501. Przeliczenia współrzędnych pomiędzy układami „1965” i „1992” wykonano posługując się oprogramowaniem GEONET_unitrans wersja 8.2. Obliczenia pikiet wykonano programem WinKalk wersja 3.7.

Na profilach o głębokości około 1 m i poniżej, pomiar wykonywano młynkiem hydrometrycznym zgodnie z instrukcją pomiarową obowiązującą w IMGW. W przypadku większych głębokości pomiary były wykonywane za pomocą prądomierza akustycznego Workhorse Rio Grande ADCP firmy RD Instruments. Przetwornik prądomierza doplerowskiego wraz z zintegrowaną z nim anteną GPS holowany był za łodzią motorową wzdłuż profilu.

Do wyznaczenia przepływów używano standardowego oprogramowania WinRiver firmy RD Instruments.

W każdej sesji pomiarowej wyznaczano aktualną rzędną zwierciadła wody dowiązując ją stacją tachimetryczną do punktów bazowych o wyznaczonej wysokości.

4.2. Forma przekazania danych

Rezultaty prac pomiarowych wykonanych przez Oddział Morski IMGW w Gdyni przedstawiono w załącznikach zawierających przekroje poprzeczne i podłużne poszczególnych rzek.

Wszystkie tabele, materiał zdjęciowy oraz przekroje poprzeczne i profile podłużne zostały zapisane na dysku CD będącym integralną częścią tego opracowania.

5. Wyznaczanie terenów bezpośredniego zagrożenia powodzią od wody o prawdopodobieństwie występowania (przewyższenia) $p=1\%$ i 10% na mapach topograficznych w skali 1:10 000.

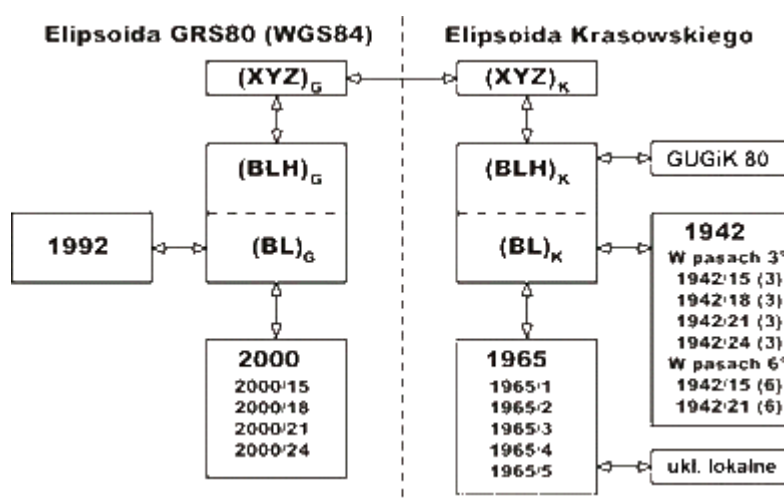
Do tworzenia map stref zagrożenia powodziowego został wykorzystany program Arc View GIS. Pozwoliło to na stworzenie mapy tematycznej, w której poszczególne elementy składowe mapy zapisane są w oddzielnych warstwach tematycznych.

5.1 Opracowanie podkładów rastrowych map topograficznych w skali 1:10 000

Ze względu na brak map wektorowych z terenu zlewni Drwęcy jako podkłady mapowe do tworzenia warstw tematycznych map zagrożenia powodziowego rzeki Drwęcy wykorzystano rastrowe mapy topograficzne w skali 1:10 000 w układzie "PUWG - 1965. Obrazy rastrowe zostały zapisane jako monochromatyczne w formacie TIFF z rozdzielczością 300dpi. Schematyczny układ arkuszy map wykorzystanych w opracowaniu przedstawiono na rys 1.

Obrazy rastrowe zostały przeliczone do układu PUWG-1992 zgodnie z algorytmami przeliczeniowymi zawartymi w instrukcji "Wytyczne techniczne. G-1.10. Formuły odwzorowawcze i parametry układów współrzędnych."

Przejścia transformacyjne realizowane były na podstawie następującego schematu:



Przy tworzeniu nowych przeliczonych plików wykorzystano metodę interpolacji najbliższego sąsiedztwa. W metodzie tej wartość nowego piksela zostaje przypisana na podstawie wartości piksela najbliższego do transformowanego.

5.2 Opracowanie warstw tematycznych

Na podstawie uzyskanych informacji z różnych ośrodków administracji, pomiarów terenowych, obliczeń hydraulicznych i opracowanych podkładów rastrowych opracowano dla Drwęcy następujące warstwy tematyczne:

- kilometraż rzeki,
- wodowskazy,
- budowle hydrotechniczne
- budowle mostowe,
- wały przeciwpowodziowe,
- granice gmin,
- strefy bezpośredniego zagrożenia powodziowego od wody 1% i 10%.

5.3 Kilometraż

Warstwa kilometrażu została opracowana w celu właściwego odwzorowania odległości pomiędzy poszczególnymi przekrojami poprzecznymi. Wyznaczony został poprzez pomiar odległości w linii nurtu koryta rzeki na podkładach mapowych w skali 1:10 000. Próby określenia lokalizacji przekroi na podstawie kilometrażu według "Podziału hydrograficznego Polski" IMGW 1983 prowadziły do występowania niewłaściwych odległości pomiędzy przekrojami. Przyczyny takiego stanu rzeczy upatrywać należy w tym, iż kilometraż przedstawiony w „Podziale hydrograficznym Polski” opracowany był na podstawie map w skali 1:50000.

5.4 Strefy zagrożenia powodziowego A1 i A10

Rodzaj warstwy – poligon.

Podstawą do wyznaczenia granic stref były punkty pomiarowe przekrojów poprzecznych oraz podkład mapowy ze szczególnym uwzględnieniem informacji o rzeźbie terenu doliny rzeki tj. warstwic i pikiet wysokościowych.

Ponieważ za podstawę wykreślenia granic przyjęto dane wysokościowe z map topograficznych w skali 1:10 000, może powodować to niedokładności zasięgu zalewu w

stosunku do map bardziej dokładnych (np. map do celów projektowych). W przypadku wystąpienia w/w niedokładności decyduje rzędna zwierciadła wody. Rzędna można odczytać z tabeli Drwęca-przekrój podłużny.xls w katalogu "Profile_poprz_podl_zdj_budowle" na płycie CD. Rzędne pomiędzy punktami załamania można obliczać korzystając z metody aproksymacji liniowej (jest to linia prosta).

5.5 Wodowskazy

Typ warstwy – punkty.

Warstwa lokalizacji posterunków wodowskazowych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej została opracowana na podstawie danych historycznych IMGW zweryfikowanych pomiarami terenowymi.

5.6 Budowle hydrotechniczne – budowle piętrzące

Typ warstwy – punkty.

Warstwę lokalizacji budowli piętrzących opracowano na podstawie materiałów przekazanych przez RZGW Gdańsk, pomiarów terenowych jak również informacji pozyskanych w powiatach oraz gminach na terenie, których znajdowały się budowle.

5.7 Budowle mostowe

Typ warstwy – punkty.

Warstwa lokalizacji budowli mostowych opracowana została na podstawie materiałów przekazanych przez RZGW Gdańsk oraz pomiarów terenowych.

5.8 Wały przeciwpowodziowe

Typ warstwy – linia.

Warstwa lokalizacji wałów przeciwpowodziowych opracowana została na podstawie „Zestawienia oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych” uzyskanych z WZMiUW województwa warmińsko-mazurskiego.

5.9 Gminy

Typ warstwy – linia.

Warstwa granic poszczególnych gmin opracowana zgodnie z obecnie panującym podziałem administracyjnym. Różnica pomiędzy przebiegiem granic gmin na mapach topograficznych, a wektorową warstwą podziału administracyjnego wynika z wykorzystania jako źródła danych dla warstwy wektorowej map topograficznych w mniejszej skali tzn. 1:100 000. Stąd też granice w formie wektorowej nie są tak dokładne jak granice jednostek administracyjnych przedstawione na podkładowych mapach topograficznych 1:10 000.

Część geometryczna wektorowych warstw tematycznych została uzupełniona o tabele danych atrybutowych dla poszczególnych obiektów.

Wszystkie warstwy wektorowe zostały zapisane w formacie *.shp (programu ArcView).

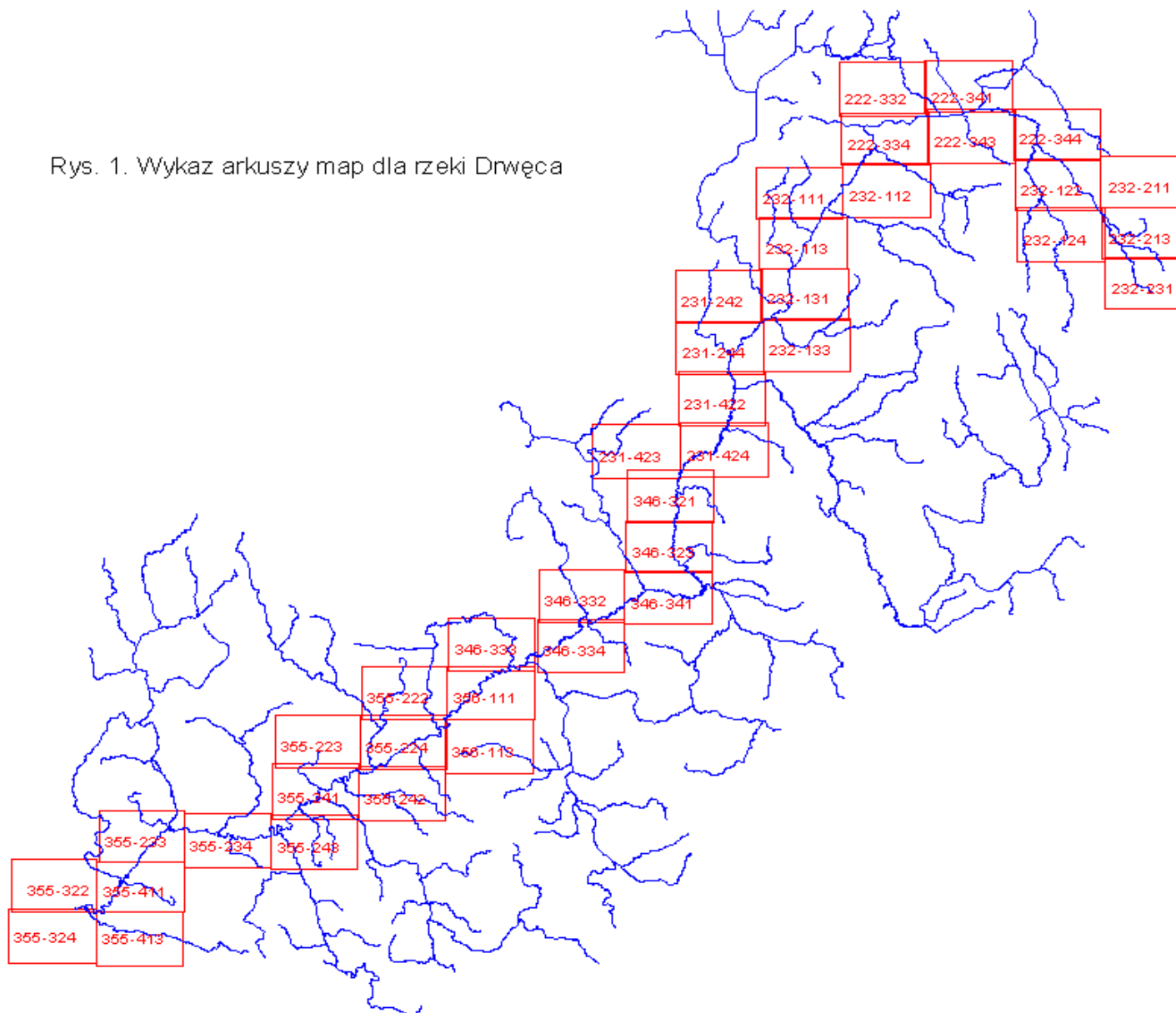
5.10 Wydruki

Kompozycje map zawierających obrazy rastrowe map topograficznych oraz zestawy danych wektorowych zostały wydrukowane barwnie. Obszar wydruku map jest zgodny z obszarem podkładowych map topograficznych w skali 1:10 000.

Tabela. 9. Wykaz wydrukowanych arkuszy map dla rzeki Drwęcy

Numer mapy	Kilometraż rzeki Drwęcy
1	0+000 ÷ 12+000
2	11+000 ÷ 19+000
3	18+000 ÷ 28+000
4	27+000 ÷ 39+000
5	39+000 ÷ 52+000
6	52+000 ÷ 63+000
7	62+000 ÷ 72+000
8	71+000 ÷ 81+000
9	81+000 ÷ 93+000
10	92+000 ÷ 107+000
10a	101+000 ÷ 109+000
11	107+000 ÷ 123+000
12	122+000 ÷ 133+000
13	132+000 ÷ 147+000
14	146+000 ÷ 156+000
15	155+000 ÷ 163+000
16	162+000 ÷ 171+000
17	170+000 ÷ 178+000
18	178+000 ÷ 187+000
19	187+000 ÷ 198+000
20	198+000 ÷ 203+000
21	203+000 ÷ 212+000
22	212+000 ÷ 218+000
23	218+000 ÷ 227+000
24	226+000 ÷ 232+450

Rys. 1. Wykaz arkuszy map dla rzeki Drwęca



6. Literatura

1. Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z., Hydrometria, PWN, Warszawa 1993
2. IMPEXGEO, Instrukcja Obsługi Rejestratora GPS Trimble TSCe.
3. IMPEXGEO, Odbiorniki GPS 5700.
4. IMPEXGEO, Oprogramowanie Rejestratora GPS Trimble TSCe Survey Controller v.10.6. Podstawowe informacje użytkownika.
5. IMPEXGEO, Oprogramowanie TRIMBLE GEOMATICS OFFICE.
6. IMPEXGEO, TOTAL STATION Seria DTM – 501, Instrukcja obsługi.
7. Kietlińska Z., Walczak S., Miernictwo w Budownictwie Lądowym i Wodnym, WSzIP, Warszawa 1997.
8. Kosiński W., Geodezja, Wyd. SGGW, Warszawa 2002.
9. Nachlik E., Kostecki S., Gądek W., Stochmal R. „Strefy zagrożenia Powodziowego“ Biuro Koordynacji Projektu Banku Światowego, Wrocław 2000
10. Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., Hydrologia stosowana, PWN, Warszawa 1994.
11. Paślawski Z., Metody Hydrometrii Rzecznej, IMGW, WKiŁ, Warszawa 1973.
12. Praca zbiorowa pod kier. Juliusza Stachy, Podział Hydrologiczny Polski, IMGW, Warszawa 1986.
13. Instrukcja modelu HEC-RAS Hydraulic Reference Manual

7. Załączniki

- Profile:
 - podłużny
 - poprzeczne
- Mapy stref bezpośredniego zagrożenia powodzią na rzece Drwęcy
- Opracowanie w formie elektronicznej na płycie CD

Zawartość płyty:

1. Katalog "Drwęca opracowanie" zawiera podkatalogi:

- Drwęca poprzeczne a-cad
- Drwęca podłużne a-cad
- zdjęcia budowle hydrotechniczne

oraz pliki w formacie *.xls:

-Drwęca zestawienie (opis rzeki, kilometraż, m. przekrojów, dopływy i odpływy, budowle hydrotechniczne, budowle opis, wodowskazy, pozwolenia wodnoprawne),

- Drwęca przekrój podłużny,
- Drwęca profile poprzeczne,

oraz plik w formacie *.doc z opisową częścią projektu.

2. Katalog "Warstwy_map" zawiera warstwy wektorowe w formacie *.shp:

- "gminy92_1_region" - podział na gminy,
- "mosty-drweca" - lokalizacja mostów,
- "drwęca kilometraż" - warstwa punktowa kilometrażu rzeki,
- "wały przeciwpowodziowe" - lokalizacja obwałowań,
- "wodowskazy-drweca" - lokalizacja posterunków wodowskazowych,
- "przekroje wykonane" - lokalizacja punktów pomiarowych przekrojów poprzecznych,
- "woda-10%" - tereny o prawdopodobieństwie wystąpienia wody 10%,
- "woda-1%" - tereny o prawdopodobieństwie wystąpienia wody 1%,

3. Katalog "Wydruki" zawiera w podkatalogach ("eps", "jpg") przygotowane do wydruku kompozycje map w formatach *.eps i *.jpg.

4. Katalog "Rastry" zawiera warstwy rastrowe podkładów topograficznych w formacie *.tif.