

Spis treści

1 WSTĘP.....	2
1.1 Podstawa prawna.....	2
1.2 Cel i zakres pracy.....	2
2 WYKORZYSTANE METARIAŁY.....	2
3 CHARAKTERYSTYKA CIEKU I ZLEWNI.....	3
4 OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW.....	3
4.1 Przepływy charakterystyczne.....	4
4.2 . Przepływ nienaruszalny.....	5
4.3 Przepływy maksymalne.....	6
4.3.1 Założenia i przyjęta metoda obliczeń.....	6
4.3.2 Formuła opadowa.....	7
4.3.3 Model opad - odpływ.....	8
4.3.4 Zestawienie wyników obliczeń przepływów maksymalnych.....	18
5 BILANS ZBIORNIKA DLA STANU AKTUALNEGO.....	19
5.1 Parowanie z powierzchni wody.....	19
5.2 Straty na przesięki przez czasę zbiornika.....	21
5.3 Bilans wodny zbiornika po uwzględnieniu strat	21
6 WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA.....	24
7 ZAMULENIE ZBIORNIKA.....	24
8 CZĘŚĆ GRAFICZNA.....	26

1 WSTĘP

1.1 Podstawa prawna

Opracowanie wykonane zostało przez Specjalistyczną Pracownię Projektową WAGA-BART, 02-495 Warszawa ul. Wojciechowskiego 17, na zlecenie Urzędu Miejskiego w Podkowie Leśnej, ul. Akacyjowa 39/41, 05-807 Podkowa Leśna, na podstawie umowy nr GMil/196/2009 z dnia 26.10.2009r.

1.2 Cel i zakres pracy

Celem pracy jest określenie kształtowania się przepływów w rzece Niwce (rów melioracyjny Rs-11 wg nomenklatury WZMiUW) dla potrzeb projektu przebudowy zbiornika wodnego znajdującego się w Parku Miejskim w Podkowie Leśnej. Rzeka Niwka przepływa przez wymieniony zbiornik i stanowi jego główne źródło zasilania.

Opracowaniem objęto rzekę Niwkę od źródeł do przekroju obliczeniowego zlokalizowanego na wlocie rzeki do zbiornika. Operat hydrologiczny opracowano dla aktualnego stanu zagospodarowania zlewni rzeki Niwki.

2 WYKORZYSTANE METARIAŁY

1. Prawo Wodne – Dz. U. 2001.115.1229 z dnia 11 października 2001r wraz z późniejszymi zmianami.
2. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie.
3. Hydrologia stosowana. M. Ozga – Zielińska, J. Brzeziński, Warszawa 1997r.
4. Hydrologia. A. Byczkowski, Warszawa 1996r.
5. Atlas hydrologiczny Polski, IMGW, Warszawa 1987.
6. Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się dla rzek polskich. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1985r.
7. Typy reżimów rzecznych w Polsce. Dynowska, Prace Geograficzne z. 28 UJ, Kraków 1972r.
8. Podstawy melioracji rolnych. P. Prochal. Warszawa 1986r.
9. Modelowanie wezbrań opadowych i jakości odpływu z małych nieobserwowanych zlewni rolniczych. K. Banasik, D. Górski, S. Ignar. Wydawnictwo SGGW 2000r.
10. System obliczania maksymalnych opadów prawdopodobnych w Polsce. Gospodarka wodna 9, Warszawa 2005r.
11. System obliczania maksymalnych opadów prawdopodobnych w Polsce, cz. I. Bogdanowicz E., Stachy J. Gospodarka Wodna 9: 274-279. 1997r.
12. Maksymalne opady deszczu w Polsce, charakterystyki projektowe. Bogdanowicz E., Stachy J. Materiały badawcze IMiGW 23, Seria: Hydrologia i Oceanologia 85. 1998r.
13. Eine Einheitsganglinie aus charakteristischen Systemwerten ohne Niederschlag-Abfluss-Messungen. Wackermann R. Wasserund Boden 1: 23-28. 1981r.
14. Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych. Praca pod redakcją A. Ciepiewskiego. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1995.

15. Badania geotechniczne dla rejonu zbiornika wodnego na rzece Niwce w rewitalizowanym Parku Miejskim w Podkowie Leśnej. "Akces" Ryszard Zychowicz. Warszawa 2009.

3 CHARAKTERYSTYKA CIEKU I ZLEWNI

Rzeka Niwka stanowi prawostronny dopływ rzeki Rokitnicy, do której uchodzi na północ od Brwinowa. Niwka zaczyna bieg na południe od miejscowości Urszulin, w rejonie drogi łączącej miejscowości Książenice i Urzut. Rzeka generalnie płynie z południa na północ i na odcinku do przekroju obliczeniowego przepływa przez miejscowości: Urszulin, Terenia, Owczarnia, Żółwin, Podkowa Leśna. Większą część zlewni rzeki stanowią tereny użytkowane rolniczo i sady; lasy zlokalizowane są we wschodniej części zlewni (tzw. Las Młochowski i Las Zaborów) i centralnej. Zabudowa zagrodowa i jednorodzinna rozłożona jest głównie wzdłuż dróg i ulic. Ponadto na terenie zlewni zlokalizowanych jest kilka punktów hodowli drobiu - kórniki położone są głównie w miejscowości Kopana i Żółwin. Podsumowując, tereny użytkowane rolniczo stanowią 59,3% powierzchni zlewni, łąki 13,2%, zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna 9,6%, sady 8,7%, lasy 8,0%, tereny przemysłowe 1,2% powierzchni zlewni.

Rzeka Niwka posiada liczne dopływy, na których lub obok nich zlokalizowanych jest kilkanaście małych zbiorników wodnych. Ponadto na terenie zlewni Niwki w lokalnych zagłębieniach terenu znajduje się również kilka bezodpływowych zbiorników wodnych.

Na przedmiotowym cieku zlokalizowanych jest kilkanaście przepustów i mostów. Należy również zaznaczyć, że na terenie Podkowy Leśnej rzeka przepływa przez teren ogrodzonych posesji, których właściciele pobudowali na przedmiotowym cieku kładki i mostki o różnej konstrukcji. Taka sytuacja powoduje, że na tym odcinku rzeka jest bardzo trudno dostępna, a wymienione konstrukcje mogą powodować dodatkowo spiętrzenie wód przy wezbraniach.

Ze względu na bliskość aglomeracji warszawskiej stopień urbanizacji zlewni rzeki Niwki stopniowo ulega zwiększeniu, jednak zlewnia nadal pozostaje głównie zlewnią rolniczą ze stosunkowo dużym kompleksem leśnym zlokalizowanym w jej wschodniej części.

4 OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW

Obliczenia przeprowadzono dla rzeki Niwki (rów melioracyjny Rs-11 wg nomenklatury WZMiUW) w km 6+270. Przekrój obliczeniowy zlokalizowano na wlocie rzeki do zbiornika wodnego w Parku Miejskim w Podkowie Leśnej. W zlewni przedmiotowej rzeki nie prowadzi się stałych, wieloletnich obserwacji hydrologicznych; jest to zlewnia niekontrolowana. Z powodu braku danych o stanach i przepływach w przekroju obliczeniowym, w celu ustalenia charakterystyki hydrologicznej rzeki Niwki dla potrzeb przebudowy zbiornika wodnego, posłużono się metodami pośrednimi oraz wzorami empirycznymi.

4.1 Przepływy charakterystyczne

Metoda spływów jednostkowych

Obliczenia przeprowadzono za pomocą wzoru:

$$Q = q \cdot A \quad [\text{m}^3/\text{s}], \text{ gdzie:}$$

Q – przepływ w przekroju obliczeniowym $[\text{m}^3/\text{s}]$

q – spływ jednostkowy $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2]$ – Atlas hydrologiczny

A – powierzchnia zlewni w przekroju obliczeniowym $[\text{km}^2]$

Tabela 1 Przepływy charakterystyczne obliczone metodą spływów jednostkowych

Lokalizacja przekroju]	Powierzchnia zlewni A $[\text{km}^2]$	Spływ jednostkowy		Przepływ	
		średni roczny q $[\text{l/s km}^2]$	średni niski q $[\text{l/s km}^2]$	średni roczny SQ $[\text{m}^3/\text{s}]$	średni niski SNQ $[\text{m}^3/\text{s}]$
km 6+270	14.51621	3.5	0.625	0.0508	0.0091

Metody empiryczne

- Przepływ średni roczny SQ (Iszkowskiego w modyfikacji Byczkowskiego):

$$SQ = 0,0000317 \cdot c \cdot P \cdot A \quad [\text{m}^3/\text{s}], \text{ gdzie:}$$

c – współczynnik odpływu wg Byczkowskiego [-]

P – wysokość warstwy normalnego opadu rocznego [mm]

A – powierzchnia zlewni w przekroju obliczeniowym $[\text{km}^2]$

- Przepływ średni niski SNQ (Stachy) – wzór opracowany dla obszaru kraju z wyłączeniem regionu Karpat:

$$SNQ = m \cdot 4,068 \cdot 10^{-4} \cdot A^{1,045} \cdot SSq_p^{0,96} \cdot i_r^{0,11} \cdot (1 + Jez)^{0,23} \quad [\text{m}^3/\text{s}], \text{ gdzie:}$$

A – powierzchnia zlewni w przekroju obliczeniowym $[\text{km}^2]$

Jez – wskaźnik jeziorność zlewni [%]

SSq_p – średni z wielolecia odpływ jednostkowy pochodzący z zasilania podziemnego określany z mapy w "Atlasie hydrologicznym Polski" $[\text{l/s} \cdot \text{km}^2]$

i_r – spadek cieków $[\text{m}/\text{km}]$

m – współczynnik redukcyjny dla małych lub sztucznych cieków nie drenujących w pełni wód gruntowych (przyjęto m=0.5)

- Przepływ najdłużej trwający QNT (Byczkowski i Mandes):

$$NTQ = A \cdot 7,74 \cdot 10^{-14} \cdot (J + 1)^{5,4} \cdot (B + 1)^{-0,23} \cdot P^{4,08} \cdot N^{-0,69} \quad [\text{m}^3/\text{s}], \text{ gdzie:}$$

A – powierzchnia zlewni w przekroju obliczeniowym $[\text{km}^2]$

J – wskaźnik jeziorność zlewni [%]

B – wskaźnik zabagnienia [-]

P – wysokość warstwy normalnego opadu rocznego [mm]

N – wskaźnik nieprzepuszczalności gleb [%]

Tabela 2 Przepływy charakterystyczne obliczone wzorami empirycznymi

Lokalizacja przekroju	A $[\text{km}^2]$	c [-]	i _r $[\text{m}/\text{km}]$	P [mm]	J [%]	B [-]	SSq _p $[\text{l/s} \cdot \text{km}^2]$	N [%]	SQ $[\text{m}^3/\text{s}]$	SNQ $[\text{m}^3/\text{s}]$	NTQ $[\text{m}^3/\text{s}]$
Km 6+270	14.51621	0.2	4.38	533	0	0	2	60	0,0491	0,0076	0,0089

Podsumowanie

Uzyskane wartości przepływów charakterystycznych obliczone różnymi metodami są zbieżne, co świadczy o poprawności wykonanych obliczeń. Jako przepływy obliczeniowe przyjęto wartości z obliczeń wzorami empirycznymi. Poniżej zamieszcza się zbiorcze zestawienie otrzymanych wyników przepływów charakterystycznych w km 6+270 biegu rzeki Niwki.

Tabela 3 Zestawienie wyników przepływów charakterystycznych w rzece Niwce w przekroju obliczeniowym zlokalizowanym na wlocie rzeki do zbiornika wodnego w Parku Miejskim w Podkowie Leśnej

Rodzaj przepływu charakterystycznego	Wartość przepływu [m ³ /s]	
	Metoda spływów jednostkowych	Metody empiryczne
Przepływ średni roczny SQ	0.0508	0,0491
Przepływ średni niski SNQ	0.0091	0,0076
Przepływ najdłużej trwający NTQ	-	0,0089

Należy podkreślić, że empiryczne metody mogą znajdować zastosowanie w przypadku zlewni o powierzchni większej od pewnej granicznej wartości (Stachy 1990). W okresach posusznych bowiem w górnej części zlewni rzecznej, cieki powierzchniowe nie są w pełni zasilane wodami podziemnymi. Odpływy jednostkowe w tych okresach zmieniają się od zera w strefie wododziałowej do pewnej wartości odpowiadającej pełnemu drenowaniu wód podziemnych. Przekrój rzeczny, w którym rozpoczyna się zasilanie cieku wodami podziemnymi, zamyka tzw. zlewnię zerowego odpływu A_0 , natomiast przekrój rzeczny, w którym rozpoczyna się pełne drenowanie wód podziemnych, zamyka zlewnię o powierzchni krytycznej A_k . Dla celów obliczania przepływów minimalnych istotna jest znajomość krytycznej powierzchni zlewni. W wyniku badań przeprowadzonych w IMGW, określono graniczne wielkości krytycznych powierzchni zlewni, wynoszące 10km² w górach i 50km² na obszarze kraju, z wyjątkiem gór. Stosowanie wzorów empirycznych dla zlewni o powierzchni mniejszej od podanych wartości granicznych może prowadzić do uzyskania zawyżonych ocen przepływów niskich [Hydrologia. A. Byczkowski, Warszawa 1996r]. Mając powyższe na uwadze, zestawione w tabeli nr 3 wyniki obliczeń należy traktować wyłącznie jako przybliżone (orientacyjne), gdyż przedmiotowa rzeka okresowo wysycha i nie prowadzi wody. Sytuacja taka ma miejsce w okresach posusznych i w okresie letnim.

4.2 . Przepływ nienaruszalny

Przepływem nienaruszalnym nazywa się graniczną wartość przepływu rzecznej, poniżej której przepływy wody w rzece nie powinny być zmniejszane na skutek działalności człowieka. Tak więc nie wolno pobierać wody z rzeki do celów gospodarczych w okresach niżówek, gdy przepływy osiągnęły wartość równą lub mniejszą od przepływu nienaruszalnego. Przepływ nienaruszalny ustalany jest w poszczególnych przekrojach poprzecznych rzeki, ze względu na potrzeby ochrony środowiska przyrodniczego i życia biologicznego w wodzie oraz wymagania społeczne związane z rekreacją i wypoczynkiem. Konieczność utrzymania tego przepływu nie podlega kryteriom ekonomicznym.

Podstawowym kryterium jakie wzięto pod uwagę przy ustalaniu przepływu

nienaruszalnego w rzece Niwce poniżej zbiornika w Parku Miejskim w Podkowie Leśnej były przesłanki hydrobiologiczne, warunkujące zachowanie podstawowych form flory i fauny, charakterystycznych dla środowiska wodnego rzeki – Q_{nh} . Dla potrzeb niniejszego opracowania przepływ nienaruszalny w rzece poniżej zbiornika został określony w sposób pośredni, na podstawie przepływu średniego niskiego, wykorzystując wzór Kostrzewy (1977):

$$Q_{nh} = kSNQ$$

Q_{nh} – przepływ nienaruszalny,

SNQ – wartość średnia z minimalnych przepływów rocznych (przepływ średni niski),

k – wsp. zależny od wielkości i położenia rzeki, dla małych rzek nizinnych $k=1$.

Obliczony przepływ nienaruszalny na rzece poniżej zbiornika wynosi **0.0076 m³/s.**

4.3 Przepływy maksymalne

4.3.1 Założenia i przyjęta metoda obliczeń

Dla potrzeb niniejszego opracowania konieczne jest określenie wielkości przepływów prawdopodobnych występujących w przekroju obliczeniowym na analizowanej rzece. W praktyce hydrologicznej w zlewniach niekontrolowanych, tj. w przypadku braku informacji o stanach i przepływach, przepływy prawdopodobne wyznacza się metodami pośrednimi. Może to być metoda doboru zlewni analogicznej do zlewni niekontrolowanej lub metoda wzorów empirycznych, w tym modelowania matematycznego. Do obliczeń przepływów prawdopodobnych zastosowano metodę modelowania matematycznego – model koncepcyjny typu opad – odpływ, dającą stosunkowo dokładną analizę kształtowania się przepływów maksymalnych prawdopodobnych. Obliczeniami hydrologicznymi objęto przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przewyższenia 1%, 10%, 20% i 50%.

Dla określenia przepływów maksymalnych oraz hydrogramów wezbrań w przekrojach obliczeniowych posłużono się modelem koncepcyjnym typu opad-odpływ. Podstawową wielkością, jako wejście do tego modelu, jest opad efektywny. Dla obszarów nieprzepuszczalnych wielkość opadu efektywnego określono jako różnicę pomiędzy opadem całkowitym a wielkością retencji powierzchniowej. Dla obszarów przepuszczalnych opad efektywny obliczono metodą SCS, opracowaną przez Służbę Ochrony Gleb w USA. W metodzie tej opad efektywny uzależnia się od rodzaju gruntu, sposobu użytkowania terenu zlewni oraz od uwilgotnienia gruntu przed wystąpieniem badanego opadu. Wszystkie te czynniki ujmuje bezwymiarowy parametr CN.

Obliczenia przeprowadzono w oparciu o mapę w skali 1:25 000, na którą zostały wniesione poszczególne kompleksy użytkowania terenu zlewni, oraz w oparciu o pomiary niwelacyjne wykonane dla potrzeb inwentaryzacji.

Parametry fali wezbraniowej zostały obliczone przy pomocy modelu Wackermanna, określającego rzędne hydrogramu jednostkowego. W obliczeniach wykorzystano program komputerowy opracowany przez WAGA-BART. Dla porównania, obliczenia przepływów maksymalnych wykonano również przy wykorzystaniu formuły opadowej.

4.3.2 Formuła opadowa

Przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia

obliczono formułą opadową zgodnie z metodyką opracowaną w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, przedstawioną w opracowaniu „Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się dla rzek polskich. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1985r”. Maksymalne przepływy Q_p o prawdopodobieństwie przewyższenia p w zlewniach o powierzchni mniejszej od 50 km² na terenie całego kraju oblicza się wg wzoru:

$$Q_p = f \cdot F_1 \cdot \varphi \cdot H_1 \cdot A \cdot \lambda_p \cdot \delta_J \text{ [m}^3\text{/s]};$$

gdzie:

- f [-] – bezwymiarowy współczynnik kształtu fali wezbraniowej równy 0.45 na pojezierzach i 0.6 na pozostałej części kraju,
- F_1 [m³/s km mm] – maksymalny moduł odpływu jednostkowego, odczytywany z odpowiedniej tablicy w zależności od hydromorfologicznej charakterystyki koryta rzeki Φ_r i czasu spływu po stokach t_s ; przyjęto 0,0246
- φ [-] – współczynnik odpływu przepływów maksymalnych; przyjęto 0,35
- H_1 [mm] – wysokość maksymalnego opadu dobowego o prawdopodobieństwie pojawienia się 1%, odczytywana z mapy; przyjęto 88
- A [km²] – powierzchnia zlewni, $A=14,51621$
- λ_p – kwantyl rozkładu zmiennej λ_p dla zadanego prawdopodobieństwa pojawienia się p odczytywany z odpowiedniej tablicy;
- δ_J [-] – współczynnik redukcji jeziornej, odczytywany z odpowiedniej tablicy w zależności od wskaźnika jeziorności JEZ; przyjęto 1

Hydromorfologiczną charakterystykę rzeki oblicza się ze wzoru:

$$\phi_r = \frac{1000 \cdot (L + l)}{m \cdot I_{r1}^{\frac{1}{3}} \cdot A^{\frac{1}{4}} (\varphi \cdot H_1)^{\frac{1}{4}}}$$

gdzie:

- $L+l$ [km] – długość głównego ciekę wraz z suchą doliną; przyjęto 7,79 (7,78+0,01)
- m [-] – współczynnik szorstkości koryta ciekę odczytywany z odpowiedniej tablicy; przyjęto 11,
- I_{r1} [‰] – średni wyrównany spadek rzeki wraz z suchą doliną; wyznaczony spadek rzeki – 4,26[‰].

Po podstawieniu do powyższych równań odpowiednich parametrów wyznaczonych dla analizowanej zlewni otrzymano wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia – $p\%$, które zestawiono w Tabeli 4.

Tabela 4 Wartości przepływów maksymalnych Q_p o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia wyznaczone formułą opadową

$p\%$	λ_p	Q_p [m ³ /s]
0.1	1.43	8.94
0.2	1.3	8.13
0.5	1.13	7.06
1	1	6.25
2	0.87	5.41
3	0.79	4.94

5	0.68	4.24
10	0.56	3.49
20	0.42	2.63
30	0.34	2.13
50	0.23	1.46

4.3.3 Model opad - odpływ

Dla wyznaczania przepływów maksymalnych, fali wezbraniowej, jak również kształtu hydrogramu wezbrania, posłużono się modelem koncepcyjnym typu opad-odpływ, przedstawionym w postaci dwóch równoległych kaskad zbiorników (Wackermann 1981), określającego rzędne chwilowego hydrogramu jednostkowego. Podstawową wielkością, jako wejście do tego modelu, jest opad efektywny. Został on policzony metodą SCS.

Natężenie i wielkość deszczu obliczeniowego (to jest deszczu o przyjętym prawdopodobieństwie i czasie trwania takim, przy którym występuje największe wezbranie), wyznaczono posługując się zależnościami opracowanymi przez Bogdanowicz i Stachy (1997, 1998). Obliczenia przeprowadzono dla regionu centralnego, przyjmując maksymalny opad o czasie trwania 1 - 72h. Przyjęto natężenie deszczu zmienne - wg DVWK, oraz dla porównania opad o stałej intensywności (opad blokowy).

Rzędne chwilowego hydrogramu jednostkowego modelu określają następujące parametry charakteryzujące zlewnię:

β - parametr rozdziału opadu efektywnego na obydwie kaskady (-),

kj - współczynnik retencji kaskady j(h).

Obliczenia przepływu i hydrogramu wezbrania przeprowadzono przy pomocy modelu Wackermanna dla zlewni rolniczych. Podstawowe wielkości charakteryzujące zlewnię rzeki Niwki do przekroju obliczeniowego i wykorzystane w obliczeniach zamieszcza się poniżej:

Tabela 5 Dane podstawowe charakteryzujące zlewnię rzeki Niwki do przekroju zlokalizowanego w km 6+270 ciek

Nazwa ciek	A [km ²]	Rzędna terenu na przecięciu linii będącej przedłużeniem ciek głównego z wododziałem H _{max} [m npm]	Rzędna terenu w przekroju zamykającym zlewnie H _{min} [m npm]	Odległość pomiędzy H _{max} i H _{min} L [km]
Niwka	14.51621	135.0	101.8	7.79

W celu określenia parametru CN obszar zlewni został podzielony na kompleksy, którym przyporządkowano określone wartości CN. Na mapie zlewni w skali 1:25 000 pokazano wyodrębnione kompleksy wyznaczone dla aktualnego stanu zagospodarowania zlewni rzeki Niwki. Poniżej zamieszczono tabelę z wartościami CN dla każdego kompleksu.

Tabela 6 Zestawienie poszczególnych kompleksów i odpowiadających im wartości CN

Nr pola	Powierzchnia [ha]	Powierzchnia [km ²]	użytkowanie	CN	Powierzchnia*CN
1	835.75973	8.35760	rl	83	693.68
2	90.69968	0.90700	mj	66	59.86

Operat hydrologiczny dla rzeki Niwki wykonany dla potrzeb projektu przebudowy zbiornika wodnego zlokalizowanego w rewitalizowanym Parku Miejskim w Podkowie Leśnej

3	5.79691	0.05797	mj	80	4.64
4	65.53349	0.65533	ls	60	39.32
5	7.51065	0.07511	mj	80	6.01
6	31.51575	0.31516	mj	80	25.21
7	7.33678	0.07337	ls	60	4.40
8	21.38473	0.21385	sd	73	15.61
9	104.92199	1.04922	sd	73	76.59
10	31.62670	0.31627	ls	60	18.98
11	17.10628	0.17106	tp	91	15.57
12	12.33179	0.12332	ls	60	7.40
13	3.96238	0.03962	mj	80	3.17
14	36.67169	0.36672	ł	71	26.04
15	100.27747	1.00277	ł	71	71.20
16	38.57925	0.38579	ł	71	27.39
17	24.54802	0.24548	rl	83	20.37
18	16.05733	0.16057	ł	71	11.40
Sumy	1451.62060	14.51621			1126.84
				CN śr	77.63

W tabeli użyto następujących skrótów:

rl – tereny rolnicze,

mj – tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej,

ls – lasy,

sd – sady,

tp – tereny przemysłowe,

ł - łąki.

Określone powierzchnie odpowiadają aktualnemu stanowi zagospodarowania zlewni rzeki Niwki. Średnia wartość współczynnika CN przyjęta do dalszych obliczeń wynosi 77.63. Stosując koncepcyjny model opad – odpływ i wykorzystując charakterystyczne parametry zlewni uzyskano następujące wyniki:

Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β =	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

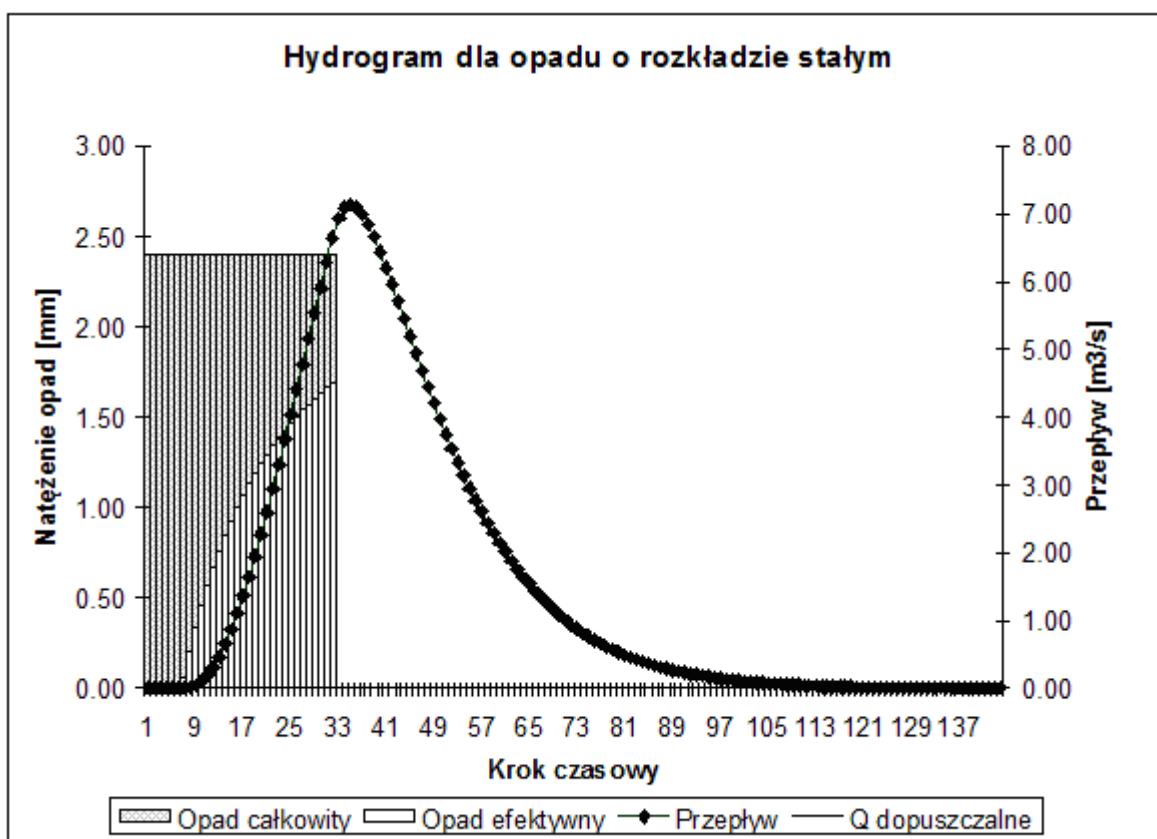
Opad:

Prawdopodobieństwo **1** %
 Wysokość opadu **76.9** [mm]
 Krok czasowy **0.5** [h]
 Czas trwania deszczu **16** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie stałym:

Q max = **7.13** m³/s w czasie **17.50** [h]
 Objętość fali w [tyś. m³] = **414,942**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

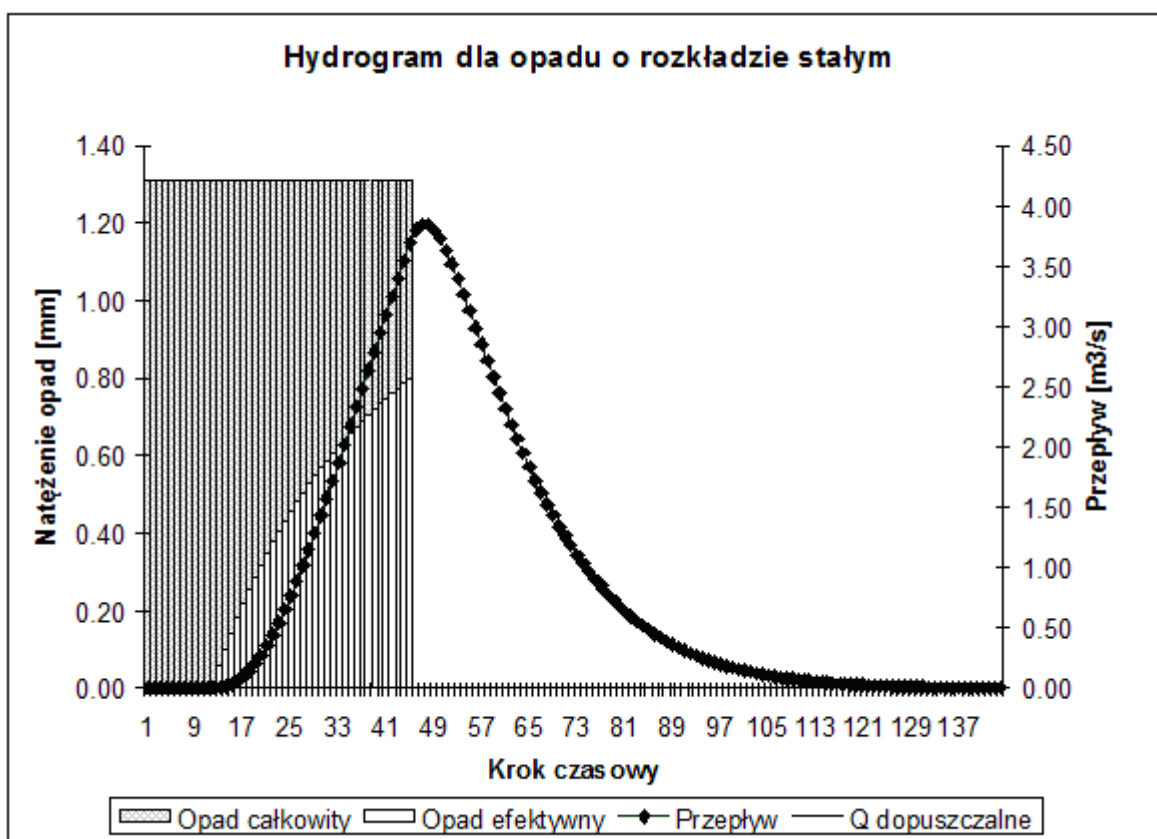
Opad:

Prawdopodobieństwo **10** %
 Wysokość opadu **59.06** [mm]
 Krok czasowy **0.5** [h]
 Czas trwania deszczu **22.5** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie stałym:

Q max = **3.85** m³/s w czasie **23.50** [h]
 Objętość fali w [tyś. m³] = **243,196**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

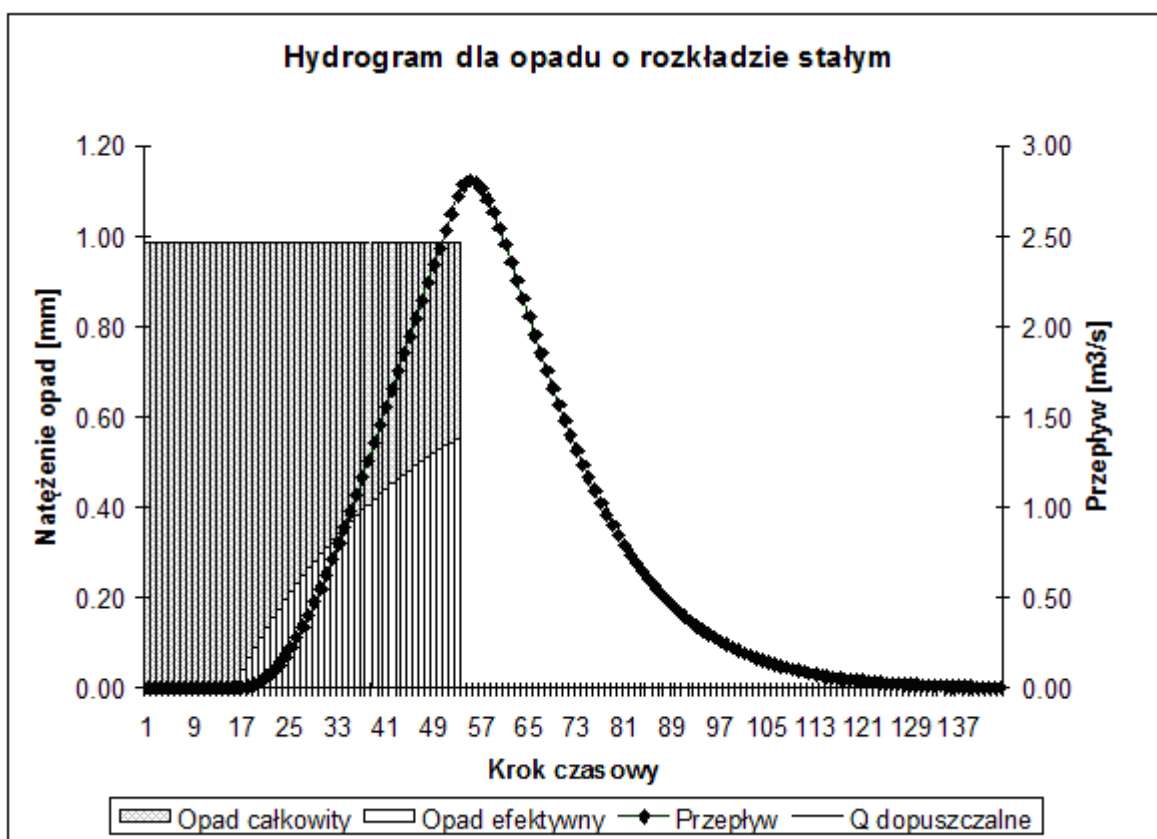
Opad:

Prawdopodobieństwo **20** %
 Wysokość opadu **52.3** [mm]
 Krok czasowy **0.5** [h]
 Czas trwania deszczu **26.5** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie stałym:

Q max = **2.81** m³/s w czasie **27.50** [h]
 Objętość fali w [tyś. m³] = **185,406**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

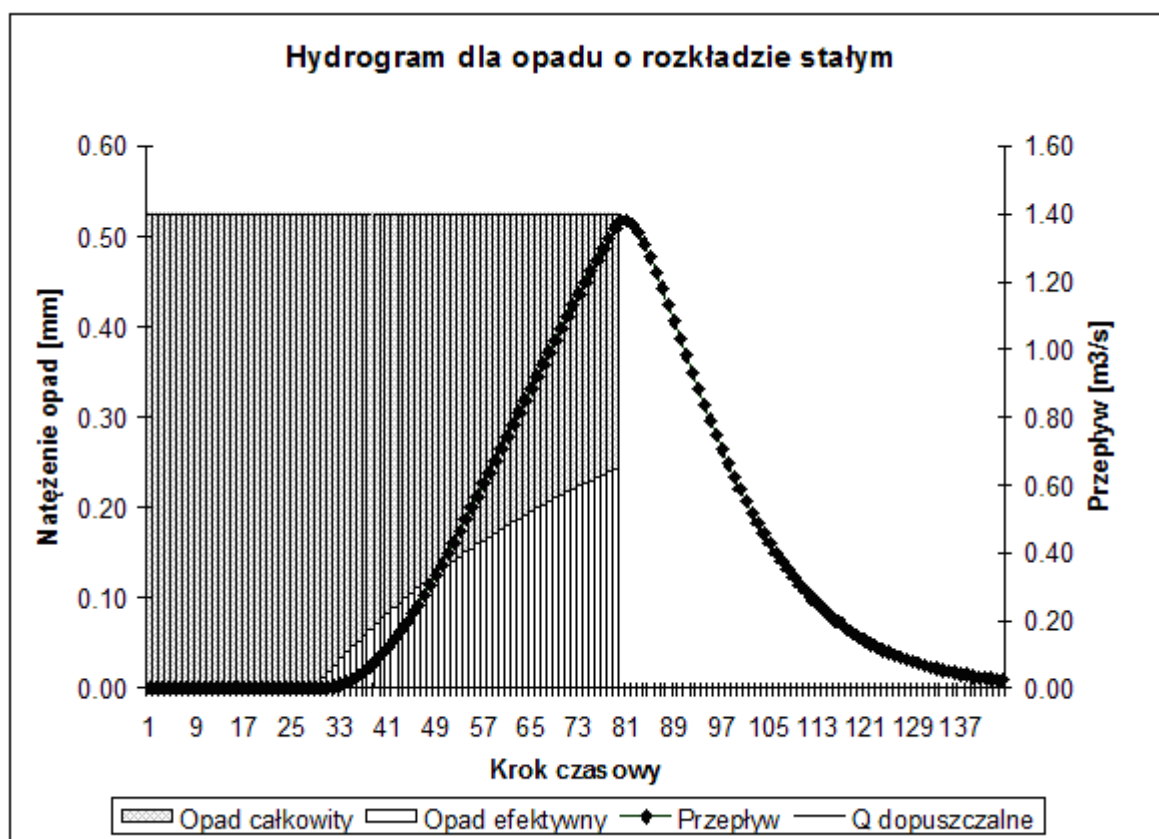
Opad:

Prawdopodobieństwo **50** %
 Wysokość opadu **41.51** [mm]
 Krok czasowy **1** [h]
 Czas trwania deszczu **39.5** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie stałym:

Q max = **1.38** m³/s w czasie **40.50** [h]
 Objętość fali w [tyś. m³] = **104,103**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

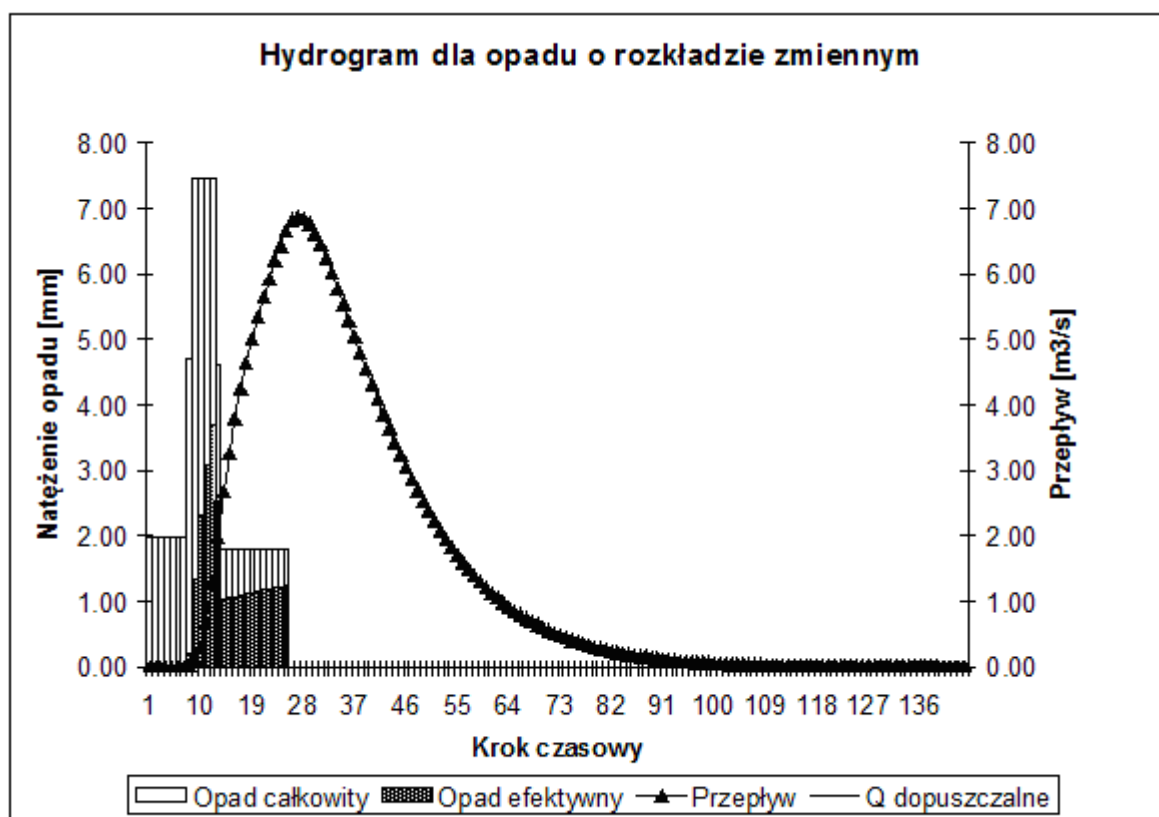
Opad:

Prawdopodobieństwo **1** %
 Wysokość opadu **74.49** [mm]
 Krok czasowy **0.5** [h]
 Czas trwania deszczu **12.5** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie zmiennym:

Q max = **6.88** m³/s w czasie **13.50**
 Objętość fali w [tyś. m³] = **390,417**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

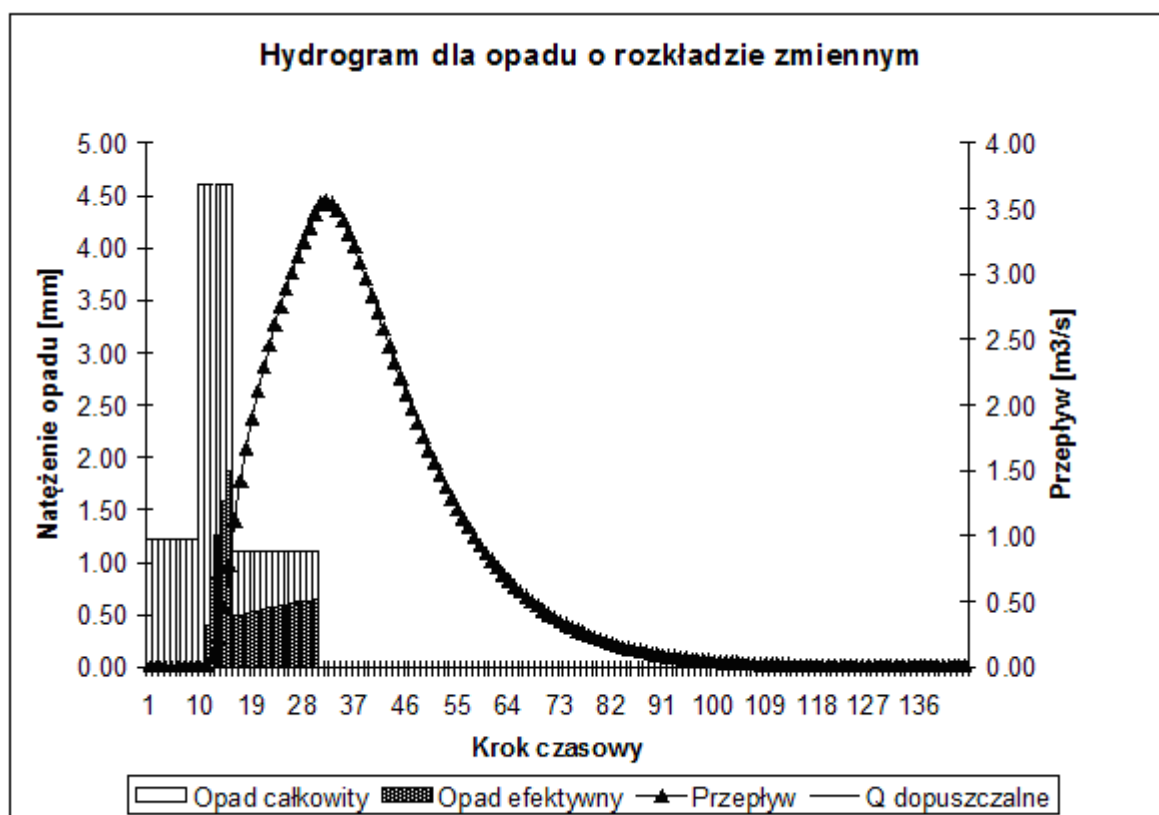
Opad:

Prawdopodobieństwo **10** %
 Wysokość opadu **55.33** [mm]
 Krok czasowy **0.5** [h]
 Czas trwania deszczu **15** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie zmiennym:

Q max = **3.56** m³/s w czasie **16.00**
 Objętość fali w [tyś. m³] = **210,815**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

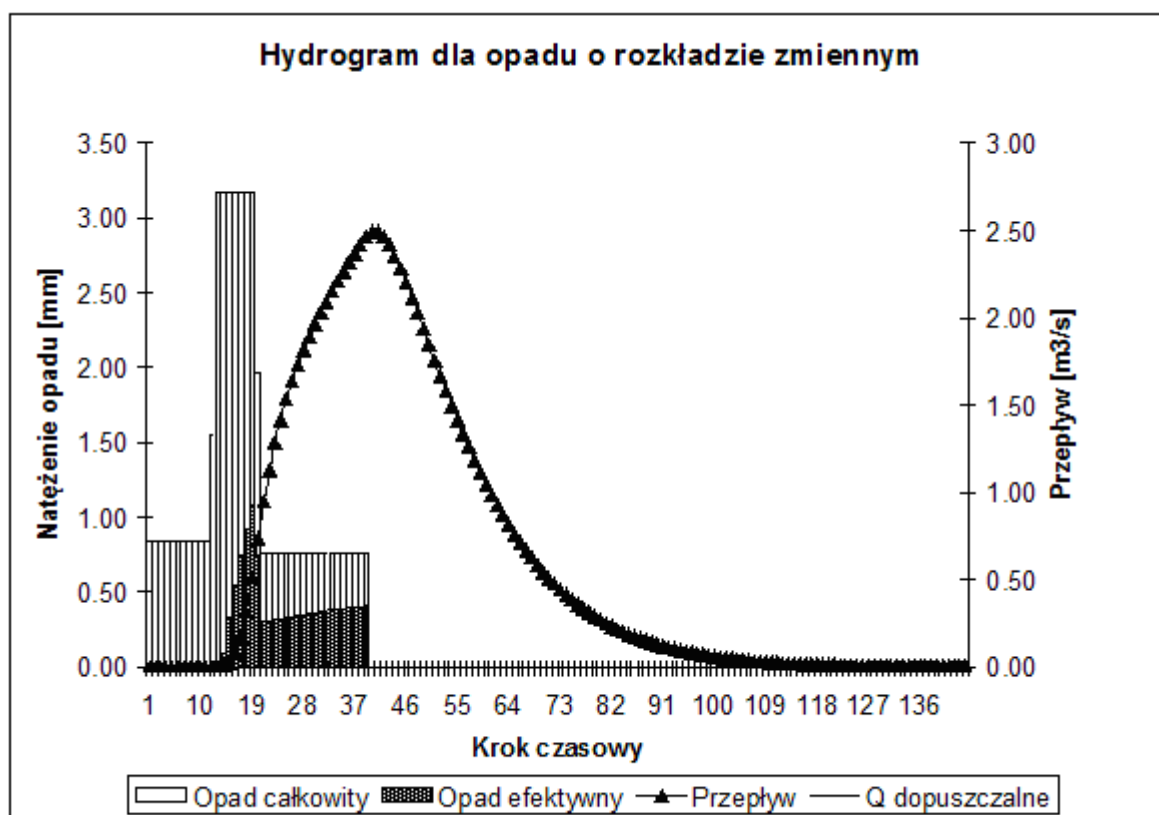
Opad:

Prawdopodobieństwo **20** %
 Wysokość opadu **49.53** [mm]
 Krok czasowy **0.5** [h]
 Czas trwania deszczu **19.5** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie zmiennym:

Q max = **2.50** m³/s w czasie **20.00**
 Objętość fali w [tyś. m³] = **163,302**



Opis zlewni

Nazwa ciek: **Niwka** CN dla obszaru zlewni **77.63**
 Przekrój: **6+220** km

Powierzchnia zlewni	
F=	14.51621 [km ²]
Długość ciek	
L=	7.79 [km]
Rzędna wododziału	
RzWod=	135 [m npm]
Rzędna w przekroju	
RzPrzek=	101.8 [m npm]

Współczynniki retencji kaskady	
k1=	2.74
k2=	5.47
Paramet rozdziału opadu efektywnego	
β=	0.15

Potencjalna retencja zlewni	
S=	73.19 [mm]

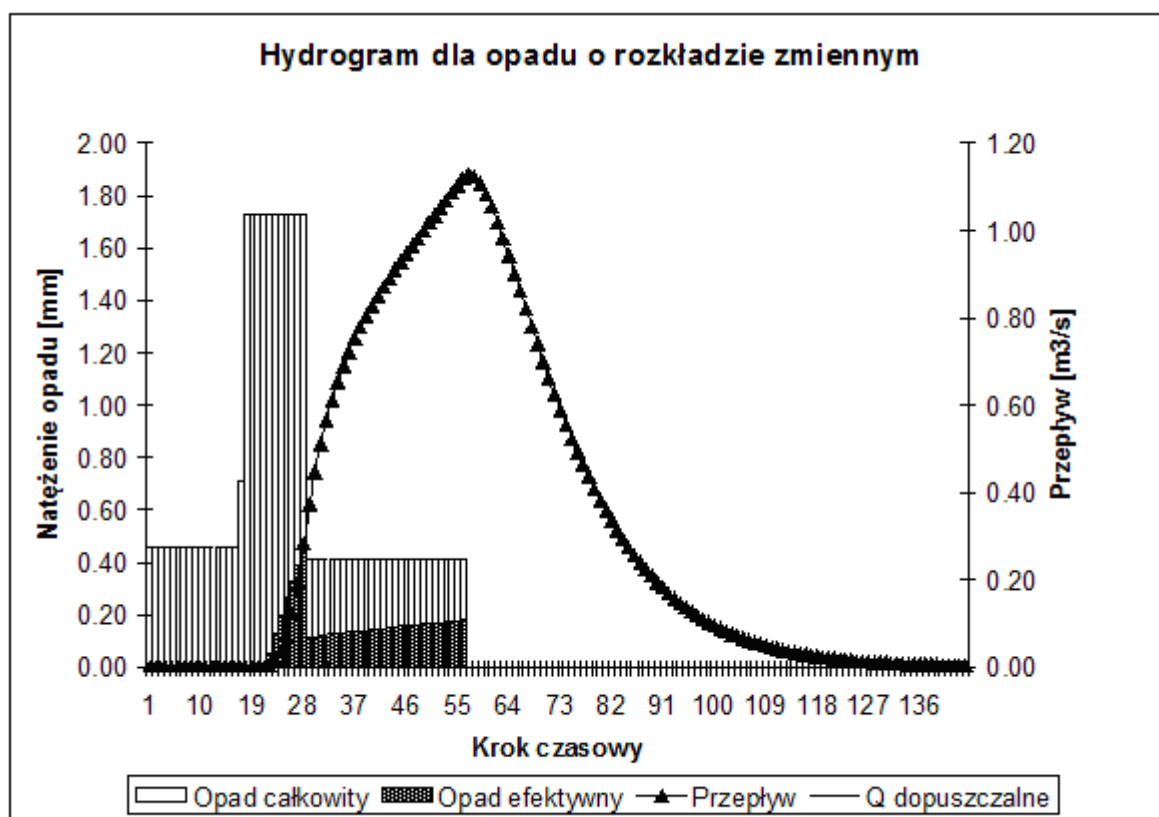
Opad:

Prawdopodobieństwo **50** %
 Wysokość opadu **38.69** [mm]
 Krok czasowy **1** [h]
 Czas trwania deszczu **28** [h]

Wyniki:

Dla opadu o rozkładzie zmiennym:

Q max = **1.13** m³/s w czasie **28.50**
 Objętość fali w [tyś. m³] = **86,199**



4.3.4 Zestawienie wyników obliczeń przepływów maksymalnych

Poniżej zestawiono otrzymane wyniki obliczeń przepływów maksymalnych i objętości fal wezbraniowych otrzymanych z modelu opad – odpływ.

Tabela 7 Zestawienie wyników obliczeń przepływów maksymalnych w rzece Niwce, wykonanych przy pomocy modelu koncepcyjnego opad-odpływ dla opadu o rozkładzie stałym

Przekrój obliczeniowy	Prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu maksymalnego [%]	Czas trwania opadu [godz]	Opad całkowity [mm]	Przepływ maksymalny [m ³ /s]	Objętość fali wezbraniowej [tys.m ³]
km 6+270 rzeki Niwki	1	16	76,9	7,13	414.942
	10	22,5	59,06	3,85	243.196
	20	26,5	52,3	2,81	185.406
	50	39,5	41,51	1,38	104.103

Tabela 8 Zestawienie wyników obliczeń przepływów maksymalnych w rzece Niwce, wykonanych przy pomocy modelu koncepcyjnego opad-odpływ dla opadu o rozkładzie zmiennym

Przekrój obliczeniowy	Prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu maksymalnego [%]	Czas trwania opadu [godz]	Opad całkowity [mm]	Przepływ maksymalny [m ³ /s]	Objętość fali wezbraniowej [tys.m ³]
km 6+270 rzeki Niwki	1	12,5	74,49	6,88	390.417
	10	15	55,33	3,56	210.815
	20	19,5	49,53	2,50	163.302
	50	28	38,69	1,13	86.199

Przyjmując do obliczeń opad o stałej intensywności (opad blokowy) uzyskano nieco większe wartości przepływu kulminacyjnego w porównaniu z opadem o zmiennym natężeniu. Do dalszych obliczeń należy przyjąć wyniki obliczeń przeprowadzonych dla opadu o stałym natężeniu. Dzięki przyjęciu większych przepływów, projektowany obiekt zostanie wykonany z dodatkowym zapasem bezpieczeństwa.

Podsumowanie

Poniżej w Tabeli zamieszcza się zbiorcze zestawienie otrzymanych wyników przepływów maksymalnych prawdopodobnych dla analizowanej zlewni w przekroju obliczeniowym.

Tabela 9 Zestawienie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia otrzymanych różnymi metodami obliczeniowymi

Prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu maksymalnego p [%]	Przepływ maksymalny [m ³ /s]		
	formuła opadowa	model opad-odpływ dla opadu o rozkładzie stałym	model opad-odpływ dla opadu o rozkładzie zmiennym
1	6,25	7,13	6,88

Prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu maksymalnego p [%]	Przepływ maksymalny [m ³ /s]		
	formuła opadowa	model opad-odpływ dla opadu o rozkładzie stałym	model opad-odpływ dla opadu o rozkładzie zmiennym
10	3,49	3,85	3,56
20	2,63	2,81	2,50
50	1,46	1,38	1,13

Otrzymane dla formuły opadowej wyniki przepływów prawdopodobnych są zbieżne w porównaniu z wynikami otrzymanymi przy wykorzystaniu modelu opad – odpływ. Należy jednak podkreślić, że przy obliczeniach prowadzonych przy wykorzystaniu formuły opadowej nie uwzględnia się rodzaju zagospodarowania terenu (kompleksów hydrologicznych) i jest to metoda mniej dokładna w porównaniu z modelem opad - odpływ. Jako bardziej poprawne i wiarygodne, a co za tym idzie miarodajne wielkości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia należy przyjąć wyniki uzyskane przy wykorzystaniu modelu opad-odpływ dla opadu o rozkładzie stałym.

5 BILANS ZBIORNIKA DLA STANU AKTUALNEGO

Dla wyznaczenia bilansu przedmiotowego zbiornika przed wykonaniem jego modernizacji, wyznaczono reżim przepływu średniego rocznego SQ rzeki Niwki na podstawie analogu - rzeki Utraty w Krubicach. Dla rzeki Utraty wyznaczono rozkład przepływu średniego w poszczególnych miesiącach roku hydrologicznego na podstawie wieloletnich danych. Na tej podstawie ustalono, że maksimum odpływu występuje w miesiącu marcu oraz określono procentowy stosunek średniego odpływu w poszczególnych miesiącach do średniego odpływu rocznego

Zasoby wodne, jako wielkości o charakterze losowym, różnią się w poszczególnych latach zarówno pod względem ilościowym, jak też pod względem przestrzennego rozkładu. W celu scharakteryzowania ich ilościowego zróżnicowania najlepiej jest określić lata charakterystyczne, tzn. rok, w którym przepływ średni bliski jest przepływowi o określonym prawdopodobieństwie. Wówczas można mówić o zasobie średnim, zdarzającym się w roku wilgotnym odpowiadającym przepływowi o prawdopodobieństwie przekroczenia 5%, lub zdarzającym się w roku bardzo suchym, odpowiadającym przepływowi $Q_{95\%}$ [Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych. Praca pod redakcją A. Ciepeliowskiego. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1995]. Na tej podstawie bilans dla projektowanego zbiornika opracowano dla roku średniego ($Q_{50\%}$), średnio suchego ($Q_{75-80\%}$) i bardzo suchego ($Q_{95\%}$). Dla lat średnio mokrych i mokrych nie będzie kłopotów z zapewnieniem wody dla potrzeb zbiornika, dlatego też dla lat tych nie opracowano bilansów.

5.1 Parowanie z powierzchni wody

Wielkość i rozkład w czasie parowania z powierzchni wody zależy od:

- czynników meteorologicznych, do których należy przede wszystkim intensywność promieniowania słonecznego, temperatura i wilgotność powietrza oraz prędkość wiatru,

- temperatury parującej wody, uzależnionej od wymienionych czynników meteorologicznych,
- wymiarów zbiornika wodnego, tzn. jego powierzchni i głębokości oraz ekspozycji w stosunku do przeważających kierunków wiatrów.

W cyklu rocznym w warunkach klimatycznych Polski wyróżnić można dwa okresy:

1) bez zjawisk lodowych na zbiornikach wodnych, gdy temperatura wody jest wyższa od 0°C

2) ze zjawiskami lodowymi, kiedy powierzchnia zbiornika jest pokryta lodem i śniegiem. Parowanie roczne ze zbiorników wodnych jest sumą parowania z powierzchni wody i parowania (sublimacji) z lodu i śniegu. Do obliczania parowania ze zbiorników służy wzór:

$$E_{x,h} = k_E \times E_i \text{ [mm]}$$

w którym:

E_i - miesięczna suma parowania ze zbiornika standardowego w mm,

k_E - współczynnik przeliczeniowy odczytywany z tabel w zależności od x i h ,

$E_{x,h}$ - miesięczna suma parowania ze zbiornika o wymiarach x i h ,

x – parametr charakteryzujący wielkość powierzchni i kształt zbiornika,

h – parametr charakteryzujący jego głębokość średnią.

Obliczenia parowania z powierzchni wody przeprowadzono metodą wskazaną w atlasie hydrologicznym, odczytując sumy parowania z map izolinii parowania z powierzchni wody. Mapy izolinii średnich z 20 – lecia sum parowania z powierzchni zbiornika standardowego opracowano na podstawie danych z 62 stacji i posterunków meteorologicznych. Ze względu na zróżnicowanie fizjograficzne Polski, przy kreśleniu izolinii parowania zastosowano metodę matematyczno – geograficzną, tzn. obok interpolacji matematycznej uwzględniono również ukształtowanie terenu oraz regionalizację klimatyczną.

Tabela 10 Parowanie z powierzchni wody [mm]

Podkowa Leśna	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
E_i [mm]	22,2	2,6	7,4	7,1	17,4	36,1	62,0	95,2	112,4	99,9	77,6	41,0	92,8	488,1	580,9
k_E	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00	1,26	1,26	1,26	1,07	1,07	1,07	0,85			
$E_{x,h}$ mm	15,1	2,6	7,4	7,1	17,4	45,5	78,1	120	120,3	106,9	83	34,9	95,1	543,2	638,3

Tabela 11 Dobowe, miesięczne oraz w l/s straty na parowanie z powierzchni zbiornika – stan aktualny

Miesiące	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Parowanie [mm]	15.1	2.6	7.4	7.1	17.4	45.5	78.1	120	120.3	106.9	83	34.9
Straty m ³ /dobę	1.16	0.19	0.55	0.58	1.29	3.49	5.79	9.20	8.93	7.93	6.36	2.59
Straty m ³ / mies.	34.73	5.98	17.02	16.33	40.02	104.65	179.63	276.00	276.69	245.87	190.90	80.27
Straty l/s	0.013	0.002	0.006	0.007	0.015	0.040	0.067	0.106	0.103	0.092	0.074	0.030

5.2 Straty na przesiąki przez czasę zbiornika

Z przeprowadzonych w rejonie przedmiotowego zbiornika badań geologicznych wynika, że na badanym obszarze występują grunty niespoiste reprezentowane przez piaski drobne w stanie średnio zagęszczonym, oraz głębiej występujące piaski drobne na granicy piasków średnich, w stanie zagęszczonym. W czasie prowadzenia badań terenowych w korycie rzeki i w zbiorniku nie obserwowano zwierciadła wody. Zwierciadło wody gruntowej o charakterze swobodnym występujące na całym badanym terenie zalega na głębokości od 3,80 do 4,70m p.p.t., w czaszy zbiornika pod jego dnem na głębokości 1,20m p.p.t. Może ono podlegać dość dużym wahaniom w zależności od intensywności zasilania. Przyjęto, że podłoże gruntowe charakteryzuje się średnim współczynnikiem filtracji rzędu $k=1 \cdot 10^{-5}$ [m/s]. Wielkość (objętość) przesiąków wyznaczono z zależności:

$$Q=vA=kiA \text{ [m}^3\text{/s]}$$

gdzie:

Q – objętość przepływu [m³/s],

v – prędkość przepływu wody [m/s],

k – współczynnik filtracji [m/s],

A – pole przekroju prostopadłe do kierunku przepływu [m²],

i – spadek hydrauliczny (liczba nie mianowana).

Do obliczeń przyjęto: A=2300m² (powierzchnia czaszy zbiornika), i=0,5. Po podstawieniu do powyższego wzoru danych otrzymano:

$$Q=0.0115 \text{ [m}^3\text{/s]}, \text{ tj. } Q=11,5 \text{ [l/s]}.$$

W obliczeniach bilansu wodnego zbiornika przyjęto, że straty na przesiąki przez czasę zbiornika wynoszą 11,5 l/s.

5.3 Bilans wodny zbiornika po uwzględnieniu strat

Tabela 12 Bilans wodny istniejącego zbiornika dla roku średniego o prawdopodobieństwie występowania 50%

miesiąc	przepływ średni roczny SQ [l/s]	stosunek odpływu w poszczególnych miesiącach do śred. odpływu rocznego	przepływ średni SQ [l/s] poz.2 x poz.3	straty na parowanie [l/s]	straty na przesiąki [l/s]	przepływ nienaruszalny Qnh [l/s]	przepływ dyspozycyjny na zbiorniku [l/s] poz.4 -poz.(5+6+7)	objętość dyspozycyjna wody [m ³ /miesiąc]	wymagana objętość wody w zbiorniku [m ³]	zasoby wody w zbiorniku [m ³]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XI	49,1	0,9	44,19	0,01	11,5	7,6	25,08	64998,5	3450	3450,0
XII		1,1	54,01	0	11,5	7,6	34,91	93497,1		3450,0
I		1,1	54,01	0,01	11,5	7,6	34,9	93485,8		3450,0
II		1,3	63,83	0,01	11,5	7,6	44,72	108194,4		3450,0
III		1,9	93,29	0,01	11,5	7,6	74,18	198670,6		3450,0
IV		1,3	63,83	0,04	11,5	7,6	44,69	115835,4		3450,0
V		1	49,1	0,07	11,5	7,6	29,93	80172,3		3450,0
VI		0,9	44,19	0,11	11,5	7,6	24,98	64757,2		3450,0
VII		0,5	24,55	0,1	11,5	7,6	5,35	14320,6		3450,0
VIII		0,6	29,46	0,09	11,5	7,6	10,27	27502,3		3450,0
IX	0,6	29,46	0,07	11,5	7,6	10,29	26662,3	3450,0		
X	0,8	39,28	0,03	11,5	7,6	20,15	53969,8	3450,0		

Operat hydrologiczny dla rzeki Niwki wykonany dla potrzeb projektu przebudowy zbiornika wodnego zlokalizowanego w rewitalizowanym Parku Miejskim w Podkowie Leśnej

Tabela 13 Bilans wodny istniejącego zbiornika dla roku średnio suchego o prawdopodobieństwie występowania 75-80%

miesiąc	przepływ średni roczny SQ [l/s]	stosunek odpływu w poszczególnych miesiącach do śred. odpływu rocznego	przepływ średni SQ [l/s] poz.2 x poz.3	straty na parowanie [l/s]	straty na przesiąki [l/s]	przepływ nienaruszalny Qnh [l/s]	przepływ dyspozycyjny na zbiorniku [l/s] poz.4 -poz.(5+6+7)	objętość dyspozycyjna wody [m3/miesiąc]	wymagana objętość wody w zbiorniku [m3]	Zasoby wody w zbiorniku [m3]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XI	30	0,9	27	0,01	11,5	7,6	7,89	20442,1	3450	3450,0
XII		1,1	33	0	11,5	7,6	13,9	37223,9		3450,0
I		1,1	33	0,01	11,5	7,6	13,89	37212,6		3450,0
II		1,3	39	0,01	11,5	7,6	19,89	48125,6		3450,0
III		1,9	57	0,01	11,5	7,6	37,89	101471,5		3450,0
IV		1,3	39	0,04	11,5	7,6	19,86	51476,1		3450,0
V		1	30	0,07	11,5	7,6	10,83	29014,8		3450,0
VI		0,9	27	0,11	11,5	7,6	7,79	20200,8		3450,0
VII		0,5	15	0,1	11,5	7,6	-4,2	-11258,1		0,0
VIII		0,6	18	0,09	11,5	7,6	-1,19	-3192,1		0,0
IX		0,6	18	0,07	11,5	7,6	-1,17	-3042,0		0,0
X		0,8	24	0,03	11,5	7,6	4,87	13043,8		3450,0

Tabela 14 Bilans wodny istniejącego zbiornika dla roku bardzo suchego o prawdopodobieństwie występowania 95%

miesiąc	przepływ średni roczny SQ [l/s]	stosunek odpływu w poszczególnych miesiącach do śred. odpływu rocznego	przepływ średni SQ [l/s] poz.2 x poz.3	straty na parowanie [l/s]	straty na przesiąki [l/s]	przepływ nienaruszalny Qnh [l/s]	przepływ dyspozycyjny na zbiorniku [l/s] poz.4 -poz.(5+6+7)	objętość dyspozycyjna wody [m3/miesiąc]	wymagana objętość wody w zbiorniku [m3]	Zasoby wody w zbiorniku [m3]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XI	22,5	0,9	20,25	0,01	11,5	7,6	1,14	2946,1	3450	2946,1
XII		1,1	24,75	0	11,5	7,6	5,65	15127,1		3450,0
I		1,1	24,75	0,01	11,5	7,6	5,64	15115,8		3450,0
II		1,3	29,25	0,01	11,5	7,6	10,14	24538,4		3450,0
III		1,9	42,75	0,01	11,5	7,6	23,64	63304,3		3450,0
IV		1,3	29,25	0,04	11,5	7,6	10,11	26204,1		3450,0
V		1	22,5	0,07	11,5	7,6	3,33	8926,8		3450,0
VI		0,9	20,25	0,11	11,5	7,6	1,04	2704,8		3450,0
VII		0,5	11,25	0,1	11,5	7,6	-7,95	-21302,1		0,0
VIII		0,6	13,5	0,09	11,5	7,6	-5,69	-15244,9		0,0
IX		0,6	13,5	0,07	11,5	7,6	-5,67	-14706,0		0,0
X		0,8	18	0,03	11,5	7,6	-1,13	-3026,6		0,0

Z przeprowadzonego dla roku średniego bilansu wynika, że przepływ dyspozycyjny, tj. przepływ średni w poszczególnych miesiącach po uwzględnieniu strat na parowanie i przesiąki oraz przepływu nienaruszalnego, jest wystarczający do utrzymania zwierciadła wody w zbiorniku przez cały rok. Najmniejsza objętość

dyspozycyjna wody (kolumna 8 w tabeli nr 12) występuje w miesiącu lipcu.

Dla roku średnio suchego deficyt wody występuje w miesiącach od lipca do września (3 miesiące) i powoduje całkowite wyschnięcie zbiornika w wymienionych miesiącach. Zbiornik zostanie ponownie napełniony w październiku.

Wreszcie z bilansu przeprowadzonego dla roku bardzo suchego wynika, że deficyt występuje w miesiącach od lipca do października (4 miesiące) i powoduje całkowite wyschnięcie zbiornika. W listopadzie będzie możliwe tylko częściowe wypełnienie czaszy zbiornika – objętość dyspozycyjna wody w tym miesiącu jest stosunkowo niewielka (1.14 l/s). Reasumując, sytuacja taka powoduje, że zbiornik nie może prawidłowo pełnić swych funkcji.

W poniższej tabeli przedstawiono przykładowy bilans dla roku bardzo suchego po wykonaniu uszczelnienia czaszy zbiornika i przy założeniu, że w miesiącach lipcu, sierpniu i wrześniu brak jest opadów na terenie zlewni rzeki Niwki i rzeka nie prowadzi w ogóle wody, tj. brak jest zasilania przedmiotowego zbiornika. W takim przypadku straty wody ze zbiornika wywołane będą parowaniem i przesiąkami. Celem zobrazowania, jak zmieniać się będą zasoby wody w zbiorniku w miesiącach bez zasilania, bilans dla tych miesięcy wykonano w okresach dekadowych.

Tabela 15 Przykładowy bilans wodny zbiornika po uszczelnieniu jego czaszy dla roku bardzo suchego o prawdopodobieństwie występowania 95%

miesiąc	przepływ średni roczny SQ [l/s]	stosunek odpływu w poszczególnych miesiącach do śred. odpływu rocznego	przepływ średni SQ [l/s] poz.2 x poz.3	straty na parowanie [l/s]	straty na przesiąki [l/s]	przepływ nienaruszalny Q _{nh} [l/s]	przepływ dyspozycyjny na zbiorniku [l/s] poz. 4 - poz. (5+6+7)	objętość dyspozycyjna wody [m ³ /miesiąc] [m ³ /dekadę]	Wymagana objętość wody w zbiorniku [m ³]	Zasoby wody w zbiorniku [m ³]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XI	22,5	0,9	20,25	0,01	0,1	7,6	12,54	32494,9	3450	3450,0
XII		1,1	24,75	0	0,1	7,6	17,05	45660,8		3450,0
I		1,1	24,75	0,01	0,1	7,6	17,04	45649,6		3450,0
II		1,3	29,25	0,01	0,1	7,6	21,54	52117,3		3450,0
III		1,9	42,75	0,01	0,1	7,6	35,04	93838,0		3450,0
IV		1,3	29,25	0,04	0,1	7,6	21,51	55752,9		3450,0
V		1	22,5	0,07	0,1	7,6	14,73	39460,6		3450,0
VI		0,9	20,25	0,11	0,1	7,6	12,44	32253,6		3450,0
VII 1-10		0,5	0	0,1	0,1	0	-0,2	-172,8		3277,2
VII 11-20			0	0,1	0,1	0	-0,2	-172,8		3104,4
VII 21-31			0	0,1	0,1	0	-0,2	-190,1		2914,3
VIII 1-10		0,6	0	0,09	0,1	0	-0,19	-164,2		2750,2
VIII 11-20			0	0,09	0,1	0	-0,19	-164,2		2586,0
VIII 21-31			0	0,09	0,1	0	-0,19	-180,6		2405,4
IX 1-10		0,6	0	0,07	0,1	0	-0,17	-146,9		2258,5
IX 11-20			0	0,07	0,1	0	-0,17	-146,9		2111,7
IX 21-30			0	0,07	0,1	0	-0,17	-146,9		1964,8
X		0,8	18	0,03	0,1	7,6	10,27	27507,2		3450,0

Z przykładowego bilansu wynika, że:

- jeżeli w miesiącu lipcu brak będzie zasilania zbiornika, to na koniec tego miesiąca zasoby wody w zbiorniku zmniejszą się o 535,7m³ i w zbiorniku znajdować się będą

2914,3m³ wody,

- jeżeli w miesiącu sierpniu dalej będzie trwać susza, to na koniec tego miesiąca zasoby wody w zbiorniku zmniejszą się dodatkowo o 508,9m³ i w zbiorniku znajdować się będą 2405,4m³ wody,
- jeśli w miesiącu wrześniu dalej brak będzie zasilania zbiornika, to na koniec tego miesiąca zasoby wody w zbiorniku zmniejszą się o kolejne 440,7m³ i w zbiorniku znajdować się będą 1964,8m³ wody.

6 WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA

1. Celem zachowania istniejących warunków przyrodniczych, powinien zostać zachowany istniejący poziom piętrzenia na zbiorniku, tj. NPP=100,73m npm. Przy takim rozwiązaniu nie przewiduje się występowania negatywnego oddziaływania inwestycji na tereny przyległe.
2. Dopuszcza się okresowe nadpiętrzenie zwierciadła wody w zbiorniku, jednak uszczelnienie czaszy zbiornika powinno zostać dostosowane do utrzymania piętrzenia na poziomie 100,73m npm.
3. Z przeprowadzonego bilansu po wykonaniu uszczelnienia zbiornika wynika, że w przypadku wystąpienia suszy w okresie letnim (lipiec – wrzesień), może dojść do zmniejszenia zasobów wody w zbiorniku łącznie o 1485,3m³ wody. Sytuacja taka spowoduje, że zwierciadło wody w zbiorniku obniży się o około 65cm. Odsłonięte zostaną skarpy zbiornika i częściowo jego dno.
4. Mając na uwadze możliwe znaczne wahania wody w zbiorniku, szczególnie w okresie letnim spowodowane brakiem zasilania zbiornika w okresie suszy, w czaszy zbiornika powinno zostać ukształtowane zagłębienie o powierzchni około 1300m² i głębokości 1,5m. Strefa ta pozwoli na utrzymanie dobrego stanu biologicznego w zbiorniku.
5. W zbiorniku powinna zostać wysadzona roślinność dobrze znosząca okresowe, znaczne wahania zwierciadła wody w zbiorniku.
6. Celem zrównoważenia strat wody ze zbiornika w przypadku braku jego zasilania, dziennie do zbiornika należałoby dowieźć beczkowozem około 16m³ wody. Sztuczne zasilanie zbiornika w okresie suszy pozwoli na utrzymanie walorów krajobrazowych i estetycznych otoczenia zbiornika – cała czasza zbiornika utrzymana zostanie pod wodą.

7 ZAMULENIE ZBIORNIKA

Objętość i masa rumowiska unoszonego

Obliczenia masy rumowiska unoszonego doprowadzanego rzeką Niwką do zbiornika wodnego w Parku Miejskim w Podkowie Leśnej, wyznaczono z zależności:

$$Y_r = DR \cdot A \cdot R \cdot K \cdot LS \cdot CP \quad [t], \text{ gdzie:}$$

Y_r – średnia roczna ilość rumowiska zmywanego ze zlewni [t],

A – „aktywna” powierzchnia zlewni zbiornika (po odliczeniu obszarów bezodpływowych) $A=1451,62$ [ha] x 0,7 = 1016,13 [ha],

DR – współczynnik dopływu rumowiska przyjmowany w zależności od całkowitej powierzchni zlewni (14,516 km²), DR dla 14,516 [km²] = 0,230,

R – średnia roczna erozyjność deszczy i spływów, $R = 71,5$ [Je/rok], przyjęto jak dla Otwocka, tj. najbliższej stacji pluwiograficznej,

K – parametr podatności występujących w zlewni gleb na erozję, $K=0,18$ [t/ha/Je],

LS – parametr topograficzny, $LS=0,392$,

CP – parametr rodzaju upraw i stosowanych zabiegów ograniczających intensywność procesów erozyjnych, ustalony na podstawie struktury użytkowania aktualnej części zlewni i uwzględniający rodzaj upraw. Użytkowanie gruntów w odsetkach ogólnej powierzchni zlewni wynosi: tereny użytkowane rolniczo (59.3%), łąki (13.2%), zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna (9,6%), sady (8,7%), lasy (8,0%), tereny przemysłowe (1.2%). Powierzchnia najważniejszych zasiewów w odniesieniu do ogólnej powierzchni gruntów ornych: 4 zboża (60%), ziemniaki (30%), uprawy pastewne (10%), $CP=0,0205$.

Obliczona masa rumowiska zmywanego wynosi ok. 24,2 [t]. Objętość tej masy zawieszin obliczono z zależności:

$$G_u = Y_r \cdot Z \text{ [m}^3\text{]}$$

gdzie:

Z – wskaźnik przeliczeniowy = 1,41 [m³/t].

Średnia roczna objętość rumowiska unoszonego wynosi $G_u = 34,1$ m³.

Objętość i masa rumowiska wlezonego

Średnią roczną objętość rumowiska wlezonego transportowanego w korycie rzeki Niwki w profilu położonym bezpośrednio powyżej wlotu rzeki do istniejącego zbiornika obliczono z ogólnie znanej formuły Skibińskiego:

$$q_r = 6,18 \cdot 10^{-5} \cdot C_d^{0,134} \cdot h^{-0,223} \cdot v_s^{3,40} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$C_d = (d_{90} \cdot d_{10}) / d_{50}^2$$

gdzie:

q_r – intensywność wleczenia [m³/s]

C_d – cecha dominacji ziarn materiału dennego

d_{10} , d_{50} , d_{90} – średnice ziarn materiału dennego, których zawartości w próbie wraz z mniejszymi wynoszą wagowo: 10, 50 i 90%,

h – głębokość wody w pionie [m],

v_s – średnia prędkość przepływu wody w pionie [m/s].

Całkowitą intensywność transportu rumowiska wlezonego w przekroju poprzecznym koryta rzeki wyznaczono z zależności:

$$Q_r = q_r \cdot B \text{ [m}^3\text{/s]}$$

gdzie:

Q_r – intensywność wleczenia w przekroju rzeczonym [m³/s],

B – szerokość pasa wleczenia na dnie rzeki [m].

Obliczona średnia roczna objętość rumowiska wlezonego wynosi $G_w = 14,3$ m³.

Całkowita objętość rumowiska

Całkowitą objętość rumowiska rzeczego dostarczanego do istniejącego

zbiornika w skali jednego roku wyraża suma objętości unosin i wleczyn:

$$G_c = G_u + G_w + G_a$$

gdzie:

G_a – wielkość produktów abrazji brzegowej, oceniana, przy płaskich brzegach zbiornika, na około 1%($G_u + G_w$) i wyniesie $G_a = 0,5 \text{ m}^3$

$$G_c = 34,1 + 19,3 + 0,5 = 53,9 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Stosunek objętości unosin do całkowitej objętości rumowiska wynosi 63,3%, a rumowiska wlezonego 35,8%. Proporcja rumowiska unoszonego do wlezonego jest jak 1,8:1.

Czas zamulania zbiornika do rzędnej 99,7m npm, co odpowiada głębokości zbiornika 1,0m po przekroczeniu której zbiornik zacznie zarastać, wynosi około 40 lat.

8 CZĘŚĆ GRAFICZNA

1. Mapa podziału zlewni rzeki Niwki zamkniętej przekrojem obliczeniowym w km 6+270 na kompleksy, skala 1:25 000.