

IRENEUSZ NOWOGOŃSKI, ŁUKASZ BARTOS^{*}

**WPLYW CZASOPRZESTRZENNEJ ZMIENNOŚCI OPADU
NA ODPLYW KANALIZACJĄ OGÓLNOŚPŁAWNĄ
NA PRZYKŁADZIE MIASTA NOWA SÓL**

Streszczenie

W artykule przedstawione zostały zagadnienia związane ze zjawiskiem opad-odpływ. Jako dodatkowe czynniki wpływające na wyniki symulacji zostały wskazane: prędkość i kierunek przemieszczania się opadu w stosunku do zlewni. Wyniki uzyskane dla zlewni rzeczywistych porównano z rezultatami symulacji w zlewniach modelowych. Obliczenia wykonano przy użyciu programu Epa SWMM 5.0.

Słowa kluczowe: kanalizacja deszczowa, modele symulacyjne

WSTĘP

We współczesnej praktyce inżynierskiej konieczne jest wykorzystywanie nowoczesnych metod obliczeniowych uwzględniających zmienność opadu w czasie dla zlewni o znacznej powierzchni. Wykorzystanie oprogramowania umożliwiającego uwzględnienie wspomnianych zjawisk pozwala przybliżyć uzyskiwane wyniki symulacji do rzeczywistych zjawisk zachodzących w zlewni.

Zagadnienie wpływu zmienności odpływu przy uwzględnieniu czasoprzestrzennej zmienności opadu podejmowano w literaturze [Kowalska i in. 1998; Nowogoński, Banaś 2010], głównie dla układów bardzo uproszczonych. Za cel pracy postawiono potwierdzenie wpływu czasoprzestrzennej zmienności opadu na odpływ siecią kanalizacyjną dla układu rzeczywistego przy różnych prędkościach przemieszczania się opadu w stosunku do zlewni.

Wykorzystano wybrane fragmenty istniejącej kanalizacji ogólnospławnej w Nowej Soli w postaci czterech zlewni o różnym usytuowaniu w stosunku do kierunków świata oraz różniące się kształtem. Dane meteorologiczne uzyskano

^{*} Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Sieci i Instalacji Sanitarnych

ze stacji meteorologicznej w Zielonej Górze, miasta najbliższej położonego od Nowej Soli, gdzie pomiary deszczomierzowe są wykonywane.

MODEL HYDROLOGICZNY W PROGRAMIE SWMM

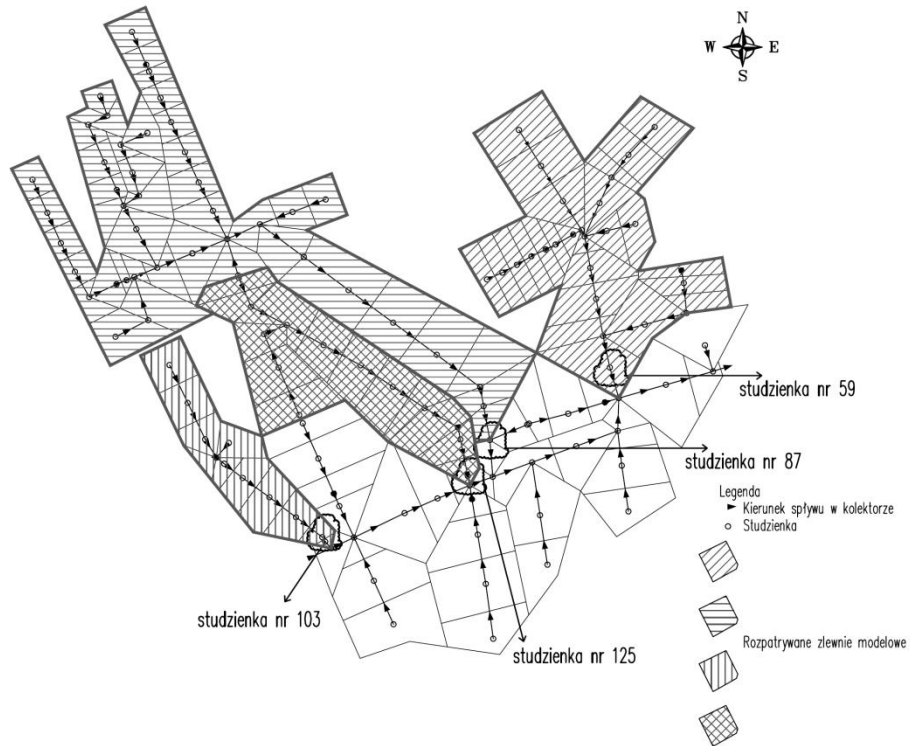
W programie SWMM przyjęto założenie, że model zlewni jest podzielny na dowolną ilość podzlewni o znanych parametrach hydrologicznych i znanym obszarze. Kształt zlewni jest bez znaczenia z uwagi na sytuację, że modelowanie zjawiska opad – odpływ odbywa się przy wykorzystaniu modelu zbiornika nieliniowego. Ważna jest znajomość parametrów hydrologicznych każdej zlewni. Spośród najważniejszych można wymienić: stopień uszczelnienia, szerokość pasa spływu wody, wielkość retencji terenowej, nachylenie w kierunku spływu wody, współczynnik szorstkości Manninga i charakterystyka gruntu pod względem szybkości infiltracji wody. Istnieje również możliwość zadeklarowania części zlewni uszczelnionej o zerowej retencji. W myśl tej sytuacji należy sobie wyobrazić że powierzchnia jest idealnie gładka. Każda z podzlewni jest łączona z jednym węzłem sieci kanalizacyjnej lub do innej podzlewni umożliwiając odpływ z powierzchni do kanału lub dalszej powierzchni utworzonej w modelu.

Bilans wody z opadu i infiltracji zlewni nieuszczelnionych można modelować w każdym kroku czasowym wzorami Hortona, Greena-Ampta lub metodą SCS.

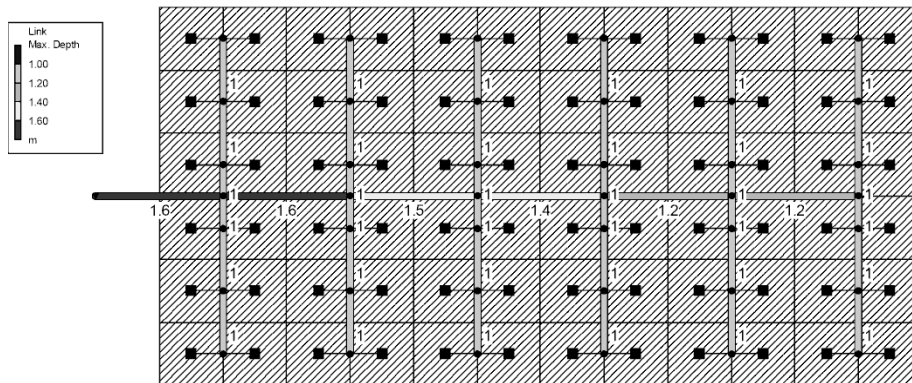
CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI MODELOWYCH W NOWEJ SOLI

Do analizy wykorzystano cztery zlewnie miejskie zlokalizowane na terenie Nowej Soli (rysunek 1). Zlewnia studni nr 59 o powierzchni 7,88 ha o rozgałęzionej strukturze kanałów. Zlewnia studni nr 87 o powierzchni 11,93 ha o nieregularnej strukturze przechodzącej w długi odcinkiem prosty. Zlewnia studni nr 103 o powierzchni 2,38 ha o wydłużonym kształcie. Zlewnia studni nr 125 o powierzchni 4,54 ha o wydłużonym kształcie z jednym kanałem bocznym. Przyjęto odprowadzanie ścieków deszczowych tylko z ulic i placów uszczelnionych, stąd współczynnik spływu założono w wysokości 0,95.

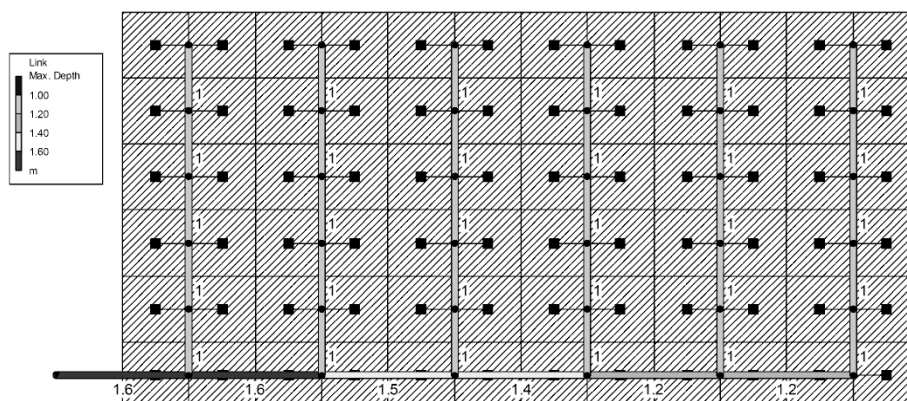
Uzyskane rezultaty skonfrontowano z wynikami analiz w zlewniach modelowych [Nowogoński, Banaś 2010] o powierzchni 288 ha, z podziałem na 72 zlewnie cząstkowe o powierzchni 4 ha każda. Zlewnie modelowe wyposażone zostały w symetryczny (rysunek 2) i asymetryczny (rysunek 3) układ zbieraczy.



Rys. 1. Lokalizacja analizowanych zlewni
 Fig. 1. Analyzed catchments location



Rys. 2. Schemat zlewni modelowej II [Nowogoński, Banaś 2010]
 Fig. 2. Theoretical catchment II [Nowogoński, Banaś 2010]



Rys. 3. Schemat zlewni modelowej III [Nowogoński, Banaś 2010]

Fig. 3. Theoretical catchment III [Nowogoński, Banaś 2010]

PARAMETRY DESZCZY

Analiza przeprowadzona została w oparciu o rezultaty o pomiary pluwiograficzne zarejestrowane na terenie Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Zielonej Górze. Wybrano 6 zjawisk atmosferycznych z okresu 1980-1988.

Tab. 1. Dane analizowanych opadów

Tab. 1. Analyzed rainfall data

Data opadu	23.07.81	19.05.82	22.05.82	16.07.82	11.08.84	27.05.86	
Godzina rozpoczęcia zjawiska	15:10	12:20	13:00	19:00	23:20	22:20	
Wysokość opadu [mm] po czasie [min]	+10	2,3	9	0,8	3	6,2	6,8
	+20	1,8	2,5	7,2	16	3,6	3,6
	+30	2,8	0,4	7	8,5	4	6,4
	+40	0,2	0,1	0,3	-	10,2	2,6
	+50	-	0,1	-	-	9,9	2
	+60	-	0,1	-	-	12,5	2,3
	+70	-	3,4	-	-	4	-
	+80	-	0,1	-	-	0,3	-
	+90	-	0,1	-	-	0,1	-
	+100	-	0,1	-	-	-	-
	+110	-	1,1	-	-	-	-
	+120	-	0,1	-	-	-	-
+130	-	0,6	-	-	-	-	

Zjawiska wybrano w oparciu o analizę archiwalnych danych pluwiograficznych wykonywana jest w ramach badań własnych pracowników Instytutu Inżynierii Środowiska.

Jednym z ważniejszych zagadnień jest wybór zakresu prędkości przemieszczania się opadu względem analizowanej zlewni. Przyjęto dla wszystkich zjawisk opadowych prędkości zbliżone do prędkości przemieszczania się frontów ciepłych, tzn. 8, 16 i 40 m/min. Dla opadów powodujących największe odpływy wód deszczowych analizę rozszerzono o prędkości którymi charakteryzują się fronty chłodne (240 i 400 m/min).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Dla wszystkich wariantów obliczeniowych za warunki porównawcze przyjęto odpływ z opadu równomiernego, w którym opad rozpoczyna się o tej samej godzinie, jako zjawiska zbliżonego do klasycznej metody projektowania sieci kanalizacyjnej.

W przypadku najmniejszej prędkości przemieszczania się opadu nad zlewnią maksymalne odpływy ze zlewni były znacznie zmniejszone w stosunku do odpływu uzyskiwanego dla opadu równomiernego. Wpływ kierunku przemieszczania się opadu ma zauważalnie mniejsze znaczenie w stosunku do rezultatów uzyskiwanych w przypadku zlewni modelowej [Nowogoński, Banaś 2010].

W miarę wzrostu prędkości przemieszczania się „pola” opadu w stosunku do zlewni występuje zjawiska zmniejszania się różnic między wartościami w analizowanych warunkach i zjawisku porównawczym. Jedynie w zlewni węzła obliczeniowego nr 87 i częściowo w zlewni węzła 125 trend ten jest zdecydowanie zaburzony.

W przypadku zlewni węzła 59 i 87 zauważalny jest wzrost maksymalnego natężenia odpływu powyżej poziomu porównawczego wynikający z kumulowania się odpływu przy współprądowym kierunku przemieszczaniu się deszczu i odpływu kanałem. Zjawisko to ma również zauważalnie mniejsze znaczenie w stosunku do rezultatów uzyskiwanych w przypadku zlewni modelowej [Nowogoński, Banaś 2010].

Oczywistym jest, że proporcjonalnie do wysokości maksymalnego natężenia odpływu uzyskano rozciągnięcie lub zwężenie histogramu odpływu w czasie.

Porównując wykorzystane modele zlewni odpływ maksymalny powstający z opadu równomiernego zależał od schematu połączeń w sieci na danej zlewni. Najmniej przewidywalne rezultaty uzyskuje się dla zlewni wydłużonych lub mieszanych w których zlewnia zwarta przechodzi w zlewnię wydłużoną o małym obciążeniu. Przewidywalne rezultaty uzyskuje się dla zlewni zwartych o równomiernym rozkładzie kanałów bocznych.

Tab. 2. Maksymalne natężenia przepływu ścieków ze zlewni węzła 59
 Tab. 2. Maximum flow rate of sewage – junction 59 catchment

Data	Prędkość „pola” opadu [m/min]	Maksymalne natężenie przepływu ścieków				Błąd określenia maksymalnego natężenia przepływu ścieków		
		N-S	W-E	E-W	J	N-S	W-E	E-W
1981. 07.23	8,0	5,87	4,98	5,43	5,93	1,01	16,02	8,43
	16,0	6,17	5,61	5,76		-4,05	5,40	2,87
	40,0	6,05	5,85	5,87		-2,02	1,35	1,01
1982. 05.19	8,0	18,8	17,45	17,47	20,62	8,83	15,37	15,28
	16,0	20,71	18,64	19,31		-0,44	9,60	6,35
	40,0	21	20,5	20,1		-1,84	0,58	2,52
1982. 05.22	8,0	30,85	24,99	29,23	37,09	16,82	32,62	21,19
	16,0	37	31,36	33,39		0,24	15,45	9,98
	40,0	30,39	35,72	35,94		18,06	3,69	3,10
1982. 07.16	8,0	82,72	70,73	73,88	85,82	3,61	17,58	13,91
	16,0	98,43	80,48	87,47		-14,69	6,22	-1,92
	40,0	101,18	78,91	93,52		-17,90	8,05	-8,97
	240,0	94,66	79,71	96,07		-10,30	7,12	-11,94
	400,0	93,22	79,89	96,6		-8,62	6,91	-12,56
1984. 08.11	8,0	142,25	147,7	146,36	158,4	10,20	6,76	7,60
	16,0	170,07	159,27	169,16		-7,37	-0,55	-6,79
	40,0	166,58	158,78	169,29		-5,16	-0,24	-6,87
	240,0	158,72	158,69	158,53		-0,20	-0,18	-0,08
	400,0	158,38	158,59	158,44		0,01	-0,12	-0,02
1986. 05.27	8,0	46,65	46,27	45,85	47,78	2,37	3,16	4,04
	16,0	48,44	46,69	47,57		-1,38	2,28	0,44
	40,0	48,64	45,1	48,12		-1,80	5,61	-0,71

Czas rozpoczęcia odpływu jest zależny od kierunku przemieszczania się opadu. Największe opóźnienie względem czasu rozpoczęcia opadu równomiernego na zlewnię uzyskano dla wariantu wschód-zachód dla zlewni węzłów 87 i 103 i kierunku zachód-wschód dla zlewni węzła 59. W przypadku zlewni węzła 125 nie jest możliwe wskazanie kierunku o największym opóźnieniu maksymalnego odpływu chociaż w przeważa kierunek wschód-zachód. W miarę wzrostu prędkości przemieszczania się „pola” opadu, różnice zdecydowanie maleją.

Tab. 3. Maksymalne natężenia przepływu ścieków ze zlewni węzła 87

Tab. 3. Maximum flow rate of sewage – junction 87 catchment

Data	Prędkość „pola” opadu [m/min]	Maksymalne natężenie przepływu ścieków				J	Błąd określenia maksymalnego natężenia przepływu ścieków		
		N-S	W-E	E-W	N-S		W-E	E-W	
1981. 07.23	8,0	7,96	7,71	7,12	8,08	1,49	4,58	11,88	
	16,0	8,26	8,59	7,52		-2,23	-6,31	6,93	
	40,0	8,19	8,33	7,82		-1,36	-3,09	3,22	
1982. 05.19	8,0	24,51	24,07	23,24	26,55	7,68	9,34	12,47	
	16,0	24,02	26,30	24,00		9,53	0,94	9,60	
	40,0	27,08	27,84	25,29		-2,00	-4,86	4,75	
1982. 05.22	8,0	33,81	29,13	29,49	39,23	13,82	25,75	24,83	
	16,0	40,32	40,75	33,24		-2,78	-3,87	15,27	
	40,0	30,82	41,85	36,44		21,44	-6,68	7,11	
1982. 07.16	8,0	64,61	64,17	55,28	68,34	5,46	6,10	19,11	
	16,0	69,47	67,82	58,52		-1,65	0,76	14,37	
	40,0	71,28	68,47	59,57		-4,30	-0,19	12,83	
	240,0	69,19	68,06	63,55		-1,24	0,41	7,01	
	400,0	68,53	68,12	63,83		-0,28	0,32	6,60	
1984. 08.11	8,0	96,26	81,85	77,88	78,93	-21,96	-3,70	1,33	
	16,0	97,63	89,82	80,67		-23,69	-13,80	-2,20	
	40,0	96,34	90,42	80,29		-22,06	-14,56	-1,72	
	240,0	78,32	78,77	79,27		0,77	0,20	-0,43	
	400,0	78,65	79,08	79,29		0,35	-0,19	-0,46	
1986. 05.27	8,0	54,90	51,83	48,39	55,15	0,45	6,02	12,26	
	16,0	55,19	54,95	52,04		-0,07	0,36	5,64	
	40,0	55,54	55,81	54,15		-0,71	-1,20	1,81	

Wpływ zmiany prędkości przejścia opadu powodował zmianę w czasie rozpoczęcia odpływu. W miarę wzrostu prędkości histogram odpływu jest coraz bardziej zbliżony do histogramu porównawczego i odpowiednio czas rozpoczęcia odpływu dąży do wartości uzyskanej przy jednoczesnym pojawieniu się opadu we wszystkich zlewniach.

Podczas wzrostu prędkości przejścia opadu czasy trwania odpływu znacznie malały i dążyły do czasu odpływu dla opadu równomiernego.

Tab. 4. Maksymalne natężenia przepływu ścieków ze zlewni węzła 103

Tab. 4. Maximum flow rate of sewage – junction 103 catchment

Data	Prędkość „pola” opadu [m/min]	Maksymalne natężenie przepływu ścieków				Błąd określenia maksymalnego natężenia przepływu ścieków		
		N-S	W-E	E-W	J	N-S	W-E	E-W
1981. 07.23	8,0	1,69	1,71	1,41	1,65	-2,42	-3,64	14,55
	16,0	1,74	1,78	1,51		-5,45	-7,88	8,48
	40,0	1,69	1,69	1,59		-2,42	-2,42	3,64
1982. 05.19	8,0	6,06	6,16	5,31	6,3	3,81	2,22	15,71
	16,0	6,49	6,58	5,67		-3,02	-4,44	10,00
	40,0	6,47	6,51	6,02		-2,70	-3,33	4,44
1982. 05.22	8,0	10,38	10,57	9,18	11,85	12,41	10,80	22,53
	16,0	12,13	12,39	10,17		-2,36	-4,56	14,18
	40,0	12,37	12,48	11,04		-4,39	-5,32	6,84
1982. 07.16	8,0	28,67	29,73	24,1	34,08	15,87	12,76	29,28
	16,0	35,02	34,02	28,79		-2,76	0,18	15,52
	40,0	36,43	35,11	31,86		-6,90	-3,02	6,51
	240,0	35,45	34,33	35,38		-4,02	-0,73	-3,81
	400,0	35,36	33,92	35,77		-3,76	0,47	-4,96
1984. 08.11	8,0	48,38	52,73	53,37	61,09	20,81	13,68	12,64
	16,0	55,43	43,13	54,96		9,27	29,40	10,03
	40,0	59,27	59,6	58,47		2,98	2,44	4,29
	240,0	60,87	60,94	60,9		0,36	0,24	0,31
	400,0	61,11	61,11	61,21		-0,03	-0,03	-0,20
1986. 05.27	8,0	14,99	15	13,69	15,19	1,32	1,25	9,87
	16,0	15,4	15,52	14,51		-1,38	-2,17	4,48
	40,0	15,27	15,32	14,91		-0,53	-0,86	1,84

Analizowane rezultaty potwierdzają częściowo wyniki uzyskane przy użyciu modelu Alfa [Kowalska i in. 1998] i uzyskane dla zlewni modelowej. Jednak nie jest możliwe wskazanie tak jednoznacznych wniosków jak dla zlewni teoretycznych. Analiza zmienności napełnienia kanałów w profilu kolektora głównego, potwierdza wystąpienie kumulacji fali odpływu w kanałach. Miejsce wystąpienia zależy jednak od schematu połączeń kanałów zlokalizowanych na terenie zlewni. Przedstawione wyniki wskazują na konieczność przeprowadzenia analizy dla całej analizowanej zlewni, ponieważ analiza zlewni cząstkowych może dać rezultaty sprzeczne.

Tab.5. Maksymalne natężenia przepływu ścieków ze zlewni węzła 125
 Tab. 5. Maximum flow rate of sewage – junction 125 catchment

Data	Prędkość „pola” opadu [m/min]	Maksymalne natężenie przepływu ścieków				Błąd określenia maksymalnego natężenia przepływu ścieków		
		N-S	W-E	E-W	J	N-S	W-E	E-W
1981. 07.23	8,0	3,21	3,29	2,73	3,22	0,31	-2,17	15,22
	16,0	3,28	3,46	2,94		-1,86	-7,45	8,70
	40,0	3,24	3,33	3,09		-0,62	-3,42	4,04
1982. 05.19	8,0	10,99	10,44	9,93	11,33	3,00	7,86	12,36
	16,0	11,65	11,29	9,93		-2,82	0,35	12,36
	40,0	11,5	11,96	10,7		-1,50	-5,56	5,56
1982. 05.22	8,0	17,28	16,66	13,43	18,65	7,35	10,67	27,99
	16,0	18,96	20,04	15,62		-1,66	-7,45	16,25
	40,0	13,94	19,99	17,24		25,25	-7,18	7,56
1982. 07.16	8,0	38,74	41,36	28,89	44,39	12,73	6,83	34,92
	16,0	44,39	41,24	34,99		0,00	7,10	21,18
	40,0	44,80	43,08	41,36		-0,92	2,95	6,83
	240,0	43,84	42,61	38,32		1,24	4,01	13,67
	400,0	43,68	42,24	38,15		1,60	4,84	14,06
1984. 08.11	8,0	58,65	56,2	48,54	56,4	-3,99	0,35	13,94
	16,0	57,62	52,84	52,95		-2,16	6,31	6,12
	40,0	58,45	55,79	53,06		-3,63	1,08	5,92
	240,0	56,78	55,17	53,48		-0,67	2,18	5,18
	400,0	56,69	56,59	55,54		-0,51	-0,34	1,52
1986. 05.27	8,0	26,70	27,21	23,29	26,78	0,30	-1,61	13,03
	16,0	26,89	27,24	26,33		-0,41	-1,72	1,68
	40,0	26,77	27,07	26,75		0,04	-1,08	0,11

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W rezultacie przeprowadzonych symulacji potwierdzono możliwość zwiększenia natężenia na odpływie dla określonych warunków w stosunku do zakładanego największego odpływu dla opadu równomiernego. Wzrost ten może wynosić nawet 22% odpływu porównawczego. Z uwagi na to, że zjawisko występuje głównie przy małych prędkościach przemieszczania się opadu w stosunku do zlewni można przyjąć, że związane jest z długotrwałymi opadami

o małym natężeniu. W przypadku opadów o znacznym natężeniu i wysokiej prędkości przemieszczania się (miarodajnych do projektowania kanalizacji) zjawisko to praktycznie nie występuje. Fakt wykazania zmiany natężenia na odpływie w zależności od prędkości i kierunku przemieszczania się opadu zasługuje na dalszą ocenę dla zlewni o powierzchni większej od 100 ha i wydłużonych w kierunku wschód-zachód.

Analizowane zlewnie miały zbyt małą powierzchnię, aby w sposób jednoznaczny potwierdzić wpływ kierunku i prędkości przemieszczania się opadu na prawidłowość założeń przyjętych do opracowania projektu kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej.

W miarę komplikowania układu odpływowego wykazane różnice zacierają się. Najmniej zauważalne są w przypadku zlewni jednorodnych o kształcie wpisanym w okrąg. Najbardziej nieprzewidywalne są zlewnie nieregularne, np. duże regularne zlewnie przechodzące w długie odcinki o małym obciążeniu i zlewnie wydłużone.

Na podstawie pracy można wyciągnąć następujące wnioski:

- na wielkość błędów obliczeń nie ma znaczącego wpływu prędkość przemieszczania się pola opadu lecz jego parametry,
- czas wystąpienia maksymalnego odpływu jest zależny od kierunku nadejścia i prędkości opadu,
- wraz ze wzrostem prędkości przemieszczania się opadu wielkość odpływów wzrasta,
- korzystniej jest projektować rozbudowane sieci kanalizacyjne a niżeli same proste długie odcinki,
- monitoring parametrów meteorologicznych powinien być prowadzony przed budową lub rozbudową i w czasie samej eksploatacji układu,
- problemem w uzyskaniu dokładnych wyników jest brak pomiarów kierunku i prędkości przemieszczania się opadów w stosunku do analizowanej zlewni,
- im więcej miejsc pomiarowych w miejscu deklarowanej zlewni modelowej tym większa dokładność w procesie kalibracji modelu,
- na podstawie badań przepływów ścieków łatwo ustalić rezerwy retencyjne sieci oraz wskazać miejsca zagrożone podtopieniem w czasie intensywnych deszczy,
- wdrażanie modeli obliczeniowych może posłużyć spółkom zajmującym się eksploatacją sieci oraz projektantom doprojektowującym kolejne przykanaliki,
- dane symulacyjne mogą stanowić podstawę informacji służących podczas przebudowy sieci i kierowaniu ścieków w sposób początkowo założony.

LITERATURA

1. GREINERT A.: *Ochrona i rekultywacja terenów zurbanizowanych*. Wyd. Politechniki Zielonogórskiej 2000
2. GREINERT H., DRAB M.: *Możliwość wykorzystania kory sosnowej w uprawie pomidorów szklarniowych*. Zeszyty Naukowe WSI w Zielonej Górze, Nr 74, 117-130, 1984
3. KOWALSKA W., PRYSTAJ A., WIECZYSTY A.: *Odptyw kolektorem deszczowym przy czasoprzestrzennej zmienności opadu*, 1998, Wrocław, *Ochrona Środowiska* 2(69)/98, 3-6
4. NOWOGOŃSKI I.: *Zmienność opadu a kalibracja modelu symulacyjnego*. Wodociągi – kanalizacja, nr 11/2008, 44-47
5. NOWOGOŃSKI I.: *Odptyw ze zlewni deszczowej przy uwzględnieniu czasoprzestrzennej zmienności opadu*. *Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych*. Tom 2, Red. nauk. Z. Sadecka i in. Oficyna Wydaw. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra, 15-24
6. EN 752-4:2001. *Zewnętrzne systemy kanalizacyjne – Obliczenia hydrauliczne i oddziaływanie na środowisko*
7. ROSSMAN L.A.: *Storm Water Management Model. User's Manual*. Version 5, Cincinnati, US EPA 2005

**IMPACT OF SPACETIME VARIABILITY
ON DRAINAGE VIA COMBINED SEWAGE SYSTEMS
ON THE EXAMPLE OF THE TOWN OF NOWA SÓL**

S u m m a r y

In the article have been presented issues related to the phenomenon of rainfall-runoff. As additional factors affecting the results of the simulation were identified: the speed and direction of movement of precipitation in the ratio of the catchment. The results obtained for the actual catchment area have been compared with the results of model simulations in the catchments. Calculations were performed using Epa SWMM 5.0.

Key words: storm water drainage, simulation models