

WALENTYNA IGNATCZYK

STATYSTYCZNA ANALIZA ZUŻYCIA I ZAPOTRZEBOWANIA NA WODĘ KOMUNALNĄ

Mimo że woda wkroczyła we wszystkie dziedziny życia gospodarczego, problemy z nią związane nie są dostatecznie i wyczerpująco zbadane. Zwłaszcza dotychczasowy stan badań nad czynnikami i strukturą zużycia wody, zarówno w ujęciu retrospektywnym jak perspektywicznym, jest niezadowalający. Jest to problem szczególnej wagi, gdyż zasoby wodne Polski przypadające na jednego mieszkańca są coraz skromniejsze. Wskaźnik określający ilości wody przepływającej w Polsce rzekami w ciągu roku na jednego mieszkańca według danych z 1967 r. wynosił 1 920 m³, a w 1980 wyniesie tylko 1 450 m³. Natomiast przykładowo w Egipcie w 1967 r. — 3 330 m³¹. Dlatego zagadnienie gospodarki wodnej w rozwoju i życiu miast jest szczególnie istotne, zwłaszcza że w niektórych miastach powstaje niebezpieczeństwo braku równowagi bilansu wodnego na skutek zużywania większej ilości wody od możliwości naturalnego uzupełnienia jej w gruncie.

1. Pojęcia i kryteria klasyfikacji. W gospodarce wodnej wyodrębniamy dwie grupy odbiorców: użytkową, która wymaga odpowiedniego magazynowania wody oraz konsumpcyjną, powodującą zmiany w ilości, jakości i stanie wody. Ponieważ użytkowanie wody przez konsumentów odbywa się w skupiskach ludzi (miasta, osiedla) — grupa konsumpcyjna stanowi zakres komunalnej gospodarki wodnej. Woda komunalna, czyli wodociągowa, to woda, którą ze względu na jej przeznaczenie powinny cechować stale te same właściwości. Woda ta po wyprodukowaniu zostaje przesłana do sieci miejskiej, można więc mówić o jej produkcji i zużyciu. Podmiotem potrzeb komunalnych w zakresie wody są mieszkańcy miasta, zakłady, instytucje oraz miasto jako skupisko. Natomiast przedmiotem potrzeb komunalnych jest woda wodociągowa. Przedmiot — woda zawiera konieczny element usługowości,

¹ K. Dębski, *Węzłowe problemy opanowania i rozrzędu wód w Polsce dla celów zaopatrzenia ludności i gospodarki narodowej w wodę odpowiedniej jakości*, Gospodarka Wodna 1967, nr 9.

tn. rozdział, dostawa i zbyt odbiorcom „wytworzonej” wody przez wodociągi. Wodę komunalną dzielimy na wytworzoną, przesłaną i zużytą. Może ona pochodzić z produkcji własnej wodociągu lub z importu; jest jednak dobrem tylko częściowo mobilnym ze względu na wysokie koszty budowy rurociągu. Produkcja wody komunalnej oraz jej zużycie przez odbiorców determinuje w znacznym stopniu rozwój ekonomiczny i społeczny każdego regionu. Dlatego do istotnych zagadnień związanych z komunalną gospodarką wodną należy ocena wielkości i struktury zużycia wody, ustalenie determinantów rozmiarów zużycia oraz ocena potrzeb wody komunalnej, jak i możliwość ich zaspokojenia.

Przez komunalne potrzeby wodne rozumiemy te ilości wody, które są niezbędne dla zaspokojenia wszystkich potrzeb życiowych i kulturalnych mieszkańców miast danego regionu. Zaspokojenie tych potrzeb odbywa się drogą konsumpcji. Analiza struktury i dynamiki zużycia wody komunalnej powinna być przeprowadzona w odniesieniu do miasta lub grupy miast w regionie administracyjnym.

Klasyfikacji zużycia wody komunalnej należy dokonać według wielu kryteriów. Podstawą grupowania może być grupowanie wariancyjne lub typologiczne. W pierwszym przypadku należy dokonać agregacji miast według kryterium: liczba mieszkańców. Wydaje się, że celowa będzie agregacja miast według założeń planu perspektywicznego. W drugim przypadku należy dokonać agregacji miast według funkcji, jakie dane miasto pełni. Kierując się tym kryterium klasyfikacji wyodrębnimy w regionie miasta rolnicze, przemysłowe, rolniczo-przemysłowe, przemysłowo-rolnicze, rekreacyjne. Bardzo istotnym kryterium klasyfikacji będzie dezagregacja miast regionu według kryterium: uzbrojenia terenu w sieć wodociągowo-kanalizacyjną. Pozwoli to wyodrębnić w regionie grupy miast (miasto):

- a) o wysokim stopniu wyposażenia w urządzenia wodno-kanalizacyjne,
- b) o średnim stopniu wyposażenia w te urządzenia,
- c) o niskim stopniu wyposażenia.

Dla analizy zużycia wody komunalnej w mieście (grupach miast), regionu należy przyjąć kryterium: podział zużycia wody ze względu na rodzaj użytkownika i konsumenta, czyli odbiorców. Wyodrębnimy następujące grupy odbiorców wody komunalnej: gospodarstwa domowe, przemysł i usługi, urzędy i administracja, potrzeby ogólnokomunalne, potrzeby własne wodociągów, inne potrzeby. W grupie gospodarstw domowych zużycie wody zależy od liczby mieszkańców, ilości izb i powierzchni mieszkań, wyposażenia mieszkania w urządzenia sanitarne i technologii czynności domowych (przygotowanie posiłków, pranie, utrzymanie higieny osobistej, sprzątanie mieszkania, splukiwanie WC).

Jeżeli chodzi o przemysł, to zakładamy, że potrzeby przemysłu znajdującego się na terenie miast będą zaspokajane z ujęć własnych. Jedynie wyjątkowo przemysł może korzystać z wody komunalnej. Komunalne

potrzeby przemysłu powinny być związane z zatrudnieniem ludności miejskiej i dotyczyć drobnego przemysłu i warsztatów rzemieślniczych.

Odbiorcami wody komunalnej są również ośrodki usługowe²:

- szkoły, przedszkola (oświata),
- domy kultury, kina, biblioteki (kultura),
- ośrodki zdrowia, apteki, szpitale, żłobki (zdrowie, opieka społeczna),
- sklepy (handel detaliczny),
- gastronomia,
- rzemiosło usługowe,
- urządzenia pocztowo-telekomunikacyjne (łączność),
- baseny kryte, ośrodki sportowe, boiska (sport),
- hotele, łaźnie (usługi komunalne),
- parkingi, stacje paliw, garaże miejskie (komunikacja).

W grupie potrzeb urzędów i administracji rozróżniamy zapotrzebowanie na wodę dla celów bytowych pracowników, gospodarczych (urzędów i przedsiębiorstw nieprzemysłowych). Potrzeby wodne ogólnokomunalne wiążą się z utrzymaniem czystości miasta oraz z nawadnianiem zieleni miejskiej. W grupie własnych potrzeb wodociągów znajdują się potrzeby dla celów uzdatniania, płukania sieci itp., przecieki w sieci (straty własne), woda nie wykazana przez wodomierze (straty pozorne).

W grupie „inne potrzeby” znajduje się woda dla centralnej ciepłowni, gromad lub jednostek przemysłowych (udzielenie pomocy).

Zużycie wody komunalnej można podzielić na zużycie netto i brutto. Przez zużycie brutto rozumiemy sumę zużycia netto i strat w sieci. Natomiast zużycie netto to ilość wody odebranej przez użytkowników łącznie ze zużyciem własnym wodociągów. Czyli także istotne będzie wyodrębnienie jako kryterium klasyfikacji, bilansowego zużycia wody. Przy tym przez bilans sprawozdawczy (istotny dla celów analizy) rozumiemy wielkość zużycia wody przez miasto (miasta), a z drugiej strony wielkość produkcji wody danego zakładu komunalnego (wodociągi).

2. *Determinanty*. W celu określenia zapotrzebowania na wodę komunalną w perspektywie konieczna jest znajomość zmian, którym podlegają potrzeby wodne. Dopiero poznanie wpływu splotu czynników na wielkość zużycia wody pozwoli w sposób właściwy przewidzieć przyszłe potrzeby wodne odbiorców wody komunalnej. Dla przeanalizowania ewolucji potrzeb konieczna jest weryfikacja lub wypracowanie wskaźników i współczynników. Powinno się je ustalić drogą badań materiałów źródłowych o przeszłych i aktualnych warunkach użytkowania wody i samej wielkości zużycia. Jest to problem szczególnej wagi, gdyż stosowane w wielu krajach normy dla szacowania przyszłych potrzeb

² *Zagadnienie zapotrzebowania w wodę miast i wsi*, Poznań 1967.

cechuje ograniczona dokładność; nie uwzględniają one wpływu wielu istotnych czynników, kształtujących zużycie wody.

Dokonamy wyodrębnienia determinantów kształtujących zużycie wody. Dzielimy je na grupę czynników podstawowych i pomocniczych. Zmiennymi podstawowymi są: mieszkańcy, urbanizacja terenu, uzbrojenie w sieć wodociągowo-kanalizacyjną, gospodarstwa domowe, stanowiska pracy.

Zawsze o wielkości miasta przesądza liczba mieszkańców. Czynniki ludzki wpływa więc decydująco na wielkość zużycia wody. Wiąże się z nim ściśle liczba i wielkość gospodarstw domowych oraz liczba stanowisk pracy (powinno się także uwzględniać ludność dojeżdżającą do pracy spoza miasta). Przy danej liczbie mieszkańców najistotniejszym z kolei czynnikiem jest stopień uzbrojenia terenu w sieć wodno-kanalizacyjną. Niedostatecznie rozbudowany system wodociągowo-kanalizacyjny lub zupełny jej brak wpływa na stosunkowo niewielkie zużycie wody w takich miastach.

Zmienne pomocnicze to czynniki, które w sposób mniej lub bardziej istotny wpływają na wielkość zużycia wody komunalnej. Są to:

a) Infrastruktura techniczna. Stopień wyposażenia sanitarnego obiektów i rodzaj stosowanych urządzeń w istotnym stopniu przesądza o wielkości zużycia wody. W mieszkaniach posiadających łazienką (wanna, prysznic), WC, zlewozmywak, o tzw. wysokim standardzie, zużycie wody będzie większe niż w mieszkaniach o niższym standardzie. Wydaje się, że również decyduje sposób uzyskania wody ciepłej. W przypadku indywidualnego przygotowania wody (junkersy) zużycie wody będzie bardziej oszczędne (opłata za gaz) niż przy centralnym zaopatrzeniu z elektrociepłowni.

b) Warunki klimatyczne (temperatura). Skrajnie wysokie i niskie temperatury wywołują zmiany w poborze wody. Należy się liczyć ze zwiększeniem poboru wody w dni gorące i odpowiednio ze zmniejszeniem zużycia wody w dni chłodne i zimne (wyraźna nierównomierność poboru wody w ciągu pór roku i doby).

c) Przyzwyczajenie ma wpływ na tygodniową nierównomierność poboru wody. Obserwuje się przyzwyczajenie wykonywania generalnego sprzątanía mieszkania, kąpieli itp. w określone (końcowe) dni tygodnia.

d) Cywilizacja, czyli stan kultury materialnej osiągnięty przez społeczeństwo w danej epoce historycznej. Rozwój techniczny i materialny danego społeczeństwa będzie rzutował na poziom zużycia wody. Przy założeniu, że stopień cywilizacji ulega zmianie, w miarę upływu czasu (lat) rośnie, to w perspektywie należy liczyć się z coraz większym oddziaływaniem tego czynnika na wzrost zużycia wody.

e) Jakość wody: zła woda powoduje zmniejszenie jej zużycia (i odwrotnie). Np. w wielu miastach Polski woda dostarczana konsumentom jest smakowo zła (chlorowana).

f) Marnotrawstwo jest wynikiem nieszczelności sieci wodno-kanalizacyjnej oraz instalacji domowych. Instalacje domowe są ostatnim odcińkiem drogi, jaką przebywa woda do konsumenta. Są one często nieszczelne.

g) Ciśnienie. Wysokie ciśnienie zwiększa zużycie wody (i odwrotnie).

h) Wiek miasta. Miasta stare, ustabilizowane zużywają mniej wody niż miasta rozwijające się, gdyż na ogół miasta stare mają stopień wyposażenia w urządzenia sanitarne niższy niż miasta, gdzie przeważa nowe budownictwo.

i) Opłata taryfowa. Dotychczas brak sprecyzowanej ceny wody jako surowca. Płacimy za rodzaj wody, czyli za wodę przygotowaną do konsumpcji i dostarczoną odbiorcy. Opłata, którą się pobiera zawiera tylko koszty produkcji (ujęcie, uzdatnianie, transport). Obowiązujące taryfy są zróżnicowane w zależności od grupy odbiorców (często deficytowe). Badania wykazały, że jedną z istotnych przyczyn nieoszczędnego gospodarowania wodą przez konsumentów jest to, że opłata za nią jest zryczałtowana. Zainstalowanie wodomierzy w każdym mieszkaniu spowodowałoby duże oszczędności w zużyciu wody. Tym się tłumaczy np. niewielkie zużycie wody w Brukseli (188 l/m/d)³. Należałoby wtedy zwrócić uwagę na wpływ dochodów na wielkość poboru wody; przypuszczalnie grupy ludności o niskich dochodach dążyłyby do oszczędnego zużycia wody.

Dla ustalenia przyszłego zapotrzebowania na wodę komunalną powinno się dążyć do ustalenia siły i kierunku współzależności między zużyciem wody a zmiennymi podstawowymi i istotniejszymi pomocniczymi. Metoda badań będzie uzależniona od tego, czy są to zmienne wymierne czy też nie oraz możliwości uzyskania wiarogodnego materiału źródłowego.

3. Wyniki analizy danych statystycznych. Celem badań statystycznych nad komunalną gospodarką wodną jest ustalenie tendencji zmian w strukturze i dynamice zużycia wody komunalnej łącznie i przez poszczególne grupy jej odbiorców, a w dalszej kolejności prognoza zapotrzebowania na nią przez tychże odbiorców.

Ponieważ lata pięćdziesiąte wykształciły dopiero określone sfery zadań gospodarki komunalnej jako działu gospodarki narodowej (co dało początek badaniom statystycznym w tym zakresie), stąd sprawozdawczość statystyczna dla naszych badań nie jest szczegółowo prowadzona. Niniejsze badania dotyczą minionego dwudziestolecia, a w niektórych przypadkach tylko ostatniego dziesięciolecia.

Zmiany jakie dokonały się w miastach Polski w zakresie stanu urządzeń wodociągowo-kanalizacyjnych najlepiej zobrazuje tabela 1.

³ Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i osiedli. PZliTS — Poznań 1965.

Tabela 1

Miasta, w których istnieją urządzenia wodociągowo-kanalizacyjne

Lata	Miasta w których istnieje sieć				
	ogółem	wodociągowa	kanalizacyjna	wodociągowa	kanalizacyjna
				w %	
1950	706	367	324	51,9	45,9
1955	815	513	498	62,9	61,1
1960	893	598	561	66,9	62,8
1965	891	669	640	75,1	71,8
1970	889	714	677	80,3	76,2

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1951, 1956, 1961, 1966, 1971.

W stosunku do podstawowego okresu badania (1950 = 100) do 1970 r. nastąpił przyrost wyposażenia miast w sieć wodociągową o 94,5%, a w sieć kanalizacyjną o 108%, Mimo względnie dużej rozbudowy urządzeń komunalnych, 19,7% ogółu miast nie posiada jeszcze sieci wodociągowej, a 23,8% — sieci kanalizacyjnej.

Analiza miast według liczby mieszkańców, czyli według grup miast, wyjaśni omawiany problem (tabela 2).

Tabela 2

Miasta, w których istnieje sieć wodociągowa i kanalizacyjna

Miasta o liczbie ludności w tys.	Miasta									
	1959					1970				
	ogółem	z siecią				ogółem	z siecią			
		wodo- ciągowa	kanali- zacyjną	wodo- ciągowa	kanali- zacyjną		wodo- ciągowa	kanali- zacyjną	wodo- ciągowa	kanali- zacyjną
				w %					w %	
Poniżej 5	395	184	156	46,6	39,5	359	216	188	60,2	52,4
5 - 10	239	176	163	73,6	68,2	220	199	191	90,5	86,8
10 - 20	133	114	103	85,7	77,4	162	152	151	89,9	89,4
20 - 50	69	65	66	94,2	95,7	97	96	96	98,0	99,0
50 - 100	20	20	20	100,0	100,0	27	27	27	100,0	100,0
100 i więcej	22	22	22	100,0	100,0	24	24	24	100,0	100,0
Razem	877	581	530	×	×	889	714	677	×	×

Źródło: Opracowano na podstawie Roczników Statystycznych GUS za lata 1960, 1971.

Okazuje się, że już w 1959 r. miasta o liczbie mieszkańców powyżej 50 tys. charakteryzowało pełne wyposażenie w urządzenia wodociągowo-kanalizacyjne. Należy przypuszczać, że grupa miast o liczbie mieszkańców powyżej 20 tys. w niedługim czasie osiągnie 100% wyposażenia (tzn. wszystkie miasta posiadać będą sieć wodociągowo-kanalizacyjną). Natomiast duży niedobór urządzeń występował i nadal występuje w grupie miast poniżej 5 tys. mieszkańców.

Wiadomo, że wyposażenie w omawiane urządzenia rzutuje na zużycie wody. Zastanówmy się, czy istnieje zależność między jednostkowym zużyciem a wielkością miasta. Jednostkowe zużycie wody (l/M/d) rozpatrzmy w odniesieniu do wody zużywanej przez gospodarstwa domowe w miastach (tabela 3).

Tabela 3

Zużycie wody w miastach Polski w 1970 r.

Miasta o liczbie ludności w tysiącach	Zużycie wody l/M/d
poniżej 5	58,7
5 - 10	68,0
10 - 20	80,6
20 - 50	108,0
50 - 100	127,0
100 i więcej	147,0

Uwaga: Obliczeń dokonano na podstawie doby maksymalnej, tj. $\frac{1}{365}$.
Źródło: Rocznik Statystyczny GUS 1971.

Zauważamy wyraźną zależność między zużyciem wody przez mieszkańca na cele konsumpcyjne (gospodarstwa domowe) a wielkością miasta. Nasuwa się pytanie, dlaczego ta zależność występuje. Odpowiedź znajdziemy w dokonanej analizie stanu wyposażenia w urządzenia wodociągowo-kanalizacyjne w grupach miast. Właśnie w grupie miast posiadających niepełne wyposażenie w tę sieć, jednostkowe średnie zużycie wody (l/M/d) jest minimalne, a w miarę przechodzenia do grup miast o większym zaludnieniu, zużycie jednostkowe odpowiednio wzrasta. Dwie ostatnie grupy miast, mimo że są w pełni wyposażone w sieć, charakteryzują się także zróżnicowanym średnim jednostkowym zużyciem wody. Na to zróżnicowanie mają wpływ inne już omawiane czynniki: rodzaj i wysokość zabudowy miasta (stare, nowe) oraz standard użytkowy mieszkania. Gdyby wszystkie miasta bez względu na stan zaludnienia odznaczały się jednorodnością w zakresie wyposażenia w sieć wodociągowo-kanalizacyjną i jednakowym standardem mieszkań, to wtedy przynależność do grupy miast nie miałaby większego wpływu na średnie jednostkowe zużycie wody.

Uzbrojenie miasta w sieć wodociągowo-kanalizacyjną nie jest równoznaczne z tym, że wszyscy mieszkańcy danego miasta korzystają z tych urządzeń; część ludności zamieszkuje budynki nie podłączone do sieci.

W stosunku do 1960 r. (1960 = 100) nastąpił wzrost ludności miast o 20,5%, przy czym w miastach wyposażonych w sieć wodociągową o 27,3%, a kanalizacyjną o 28,0%. Natomiast liczba ludności faktycznie korzystającej z sieci wodociągowej wzrosła o 34,7%, a z kanalizacyjnej —

Tabela 4

Ludność w miastach

Lata	Ludność w miastach						
	ogółem	wyposażonych w sieć		korzystająca z sieci w stosunku			
				do ogółu ludności miast		do ludności zamiesz- kującej miasta wypo- sażone w sieć	
		wodocią- gową	kanaliza- cyjną	wodocią- gową	kanaliza- cyjną	wodocią- gową	kanaliza- cyjną
	w tys.	w %					
1960	14 112	90,9	89,9	62,2	52,6	69,9	58,1
1965	15 681	94,4	93,8	66,9	56,4	70,8	60,1
1970	17 031	96,1	95,2	70,7	59,4	73,1	62,4

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1961, 1966, 1971.

o 34,2%. Z materiałów statystycznych wynika, że obecnie 4,9% ludności miejskiej mieszka w miastach pozbawionych urządzeń wodociągowych, a jednocześnie 26,3% ludności mieszkającej w miastach wyposażonych w tę sieć nie korzysta z niej, gdyż zamieszkuje budynki nie podłączone do sieci wodociągowej.

Przechodząc do analizy zużycia wody komunalnej zakładamy, że przez przychód wody komunalnej rozumiemy produkcję własną wodociągów oraz wodę pochodzącą z zakupu hurtowego⁴.

Tabela 5
Struktura przychodu wody w Polsce w wodociągach publicz-
nych (w odsetkach)

Lata	Ogółem	Produkcja własna	Zakup hurtowy
1955	100,00	87,13	12,87
1960	100,00	85,80	14,20
1965	100,00	82,50	17,50
1970	100,00	83,20	16,80

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1956, 1961, 1966, 1971.

Ogólny przychód wody (w stosunku do 1955 = 100) w 1970 r. wyniósł 237,8%, co było możliwe dzięki systematycznej rozbudowie istniejących ujęć i budowie nowych.

Przez rozchód wody ogółem rozumiemy zużycie razem, straty w sieci i sprzedaż hurtową. Natomiast zużycie razem, to zużycie na cele produkcyjne, gospodarstw domowych i inne, czyli zużycie przez podstawowe

⁴ Zakup hurtowy to obrót między wodociągami publicznymi i przemysłowymi oraz obrót między wodociągami publicznymi.

grupy użytkowników (odbiorców) wody komunalnej. Udział grup odbiorców wody komunalnej w globalnym zużyciu wody komunalnej w Polsce (miasta) obrazuje tabela 6.

Tabela 6

Rozchód wody przez wodociągi publiczne w Polsce

Rok	Ogółem	Zużycie wody				Straty w sieci	Sprzedaż hurtowa
		razem	w gospodarstwach domowych	na cele pro- dukcyjne	na inne cele		
		w %					
1955	100,0	78,7 100,0	44,0	41,8	14,2	10,2	11,1
1960	100,0	77,24 100,0	47,8	33,4	18,8	10,0	12,8
1965	100,0	74,1 100,0	49,8	31,6	18,6	8,7	17,3
1970	100,0	76,3 100,0	51,7	29,5	18,8	7,4	16,3

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1956, 1961, 1966, 1971.

Szczegółowo dynamikę zmian zużycia wody komunalnej w miastach Polski charakteryzuje tabela 7.

Tabela 7

Dynamika zużycia wody komunalnej w latach 1955 - 1970

Lata	Ludność w miastach z czynną siecią wodociągową	Zużycie wody		
		razem	w gospodarstwach domowych	na cele produkcyjne
1955	100,0	100,0	100,0	100,0
1956	107,9	107,2	105,1	101,2
1957	111,2	118,1	118,0	108,3
1958	116,5	127,8	131,2	112,3
1959	120,3	133,8	139,8	112,7
1960	125,0	137,9	149,7	110,6
1961	129,9	146,5	160,2	115,1
1962	133,7	150,3	167,4	144,3
1963	133,6	153,9	170,1	117,8
1964	140,5	160,2	181,6	120,7
1965	142,5	170,7	192,9	129,3
1966	145,3	183,2	202,1	136,8
1967	147,3	195,9	225,6	144,0
1968	152,1	208,3	241,7	150,9
1969	154,9	219,2	255,0	157,3
1970	157,8	233,8	270,6	169,9

Źródło: Opracowano na podstawie Roczników Statystycznych GUS za lata 1956- 1971.

Tabela 8

Dynamika zużycia wody

Wyszczególnienie	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Rozchód wody w mln m ³	754,6	818,5	902,9	973,8	1027	1062	1126	1172
Rok poprzedni=100		108,5	110,3	107,9	105,4	103,4	106,0	104,1
Zużycie wody razem w mln m ³	594,0	636,6	701,7	759,1	794,9	819,6	870,4	892,7
Rok poprzedni=100		107,2	110,2	108,2	104,7	103,1	106,2	102,6
Zużycie wody przez gospodarstwa domowe w mln m ³	261,5	274,8	308,7	343,1	365,5	391,5	418,9	437,7
Rok poprzedni=100		105,1	112,3	111,1	106,5	107,1	106,9	104,5
Zużycie wody na cele produkcyjne w mln m ³	248,1	251,1	268,8	278,6	2679,6	274,4	285,5	283,5
Rok poprzedni=100		101,2	108,3	103,7	100,3	98,2	103,9	99,3

cd. tab. 8

Wyszczególnienie	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Rozchód wody w mln m ³	1209	1252	1369	1472	1555,9	1645,9	1718,2	1794,8
Rok poprzedni=100	103,1	103,6	109,3	107,5	105,7	105,8	104,4	104,5
Zużycie wody razem w mln m ³	914,7	951,6	1014,3	1088,3	1163,8	1237,4	1302,6	1389,3
Rok poprzedni=100	102,5	104,0	106,6	107,3	106,9	106,3	105,3	105,1
Zużycie wody przez gospodarstwa domowe w mln m ³	446,4	474,9	504,7	546,8	590,1	632,2	667,0	707,6
Rok poprzedni=100	102,0	106,4	106,1	108,3	107,9	107,1	105,5	106,1
Zużycie wody na cele produkcyjne w mln m ³	292,2	299,5	320,9	339,4	357,3	374,4	390,3	404,1
Rok poprzedni=100	103,1	102,5	107,1	105,8	105,8	104,8	104,2	103,5

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1956-1971.

Straty w sieci dotyczą strat powstałych na drodze dostarczania wody i mieszczą się w granicach dopuszczalnych (10%). Nie omawia się strat wynikłych z marnotrawstwa użytkowania, czy też wadliwych urządzeń w budynkach. Zużycie razem wzrosło w stosunku do 1955 r. o 133,8%. W strukturze odbiorców nastąpiły także istotne przesunięcia na korzyść gospodarstw domowych.

Obok wzrostu ludności w miastach z czynną siecią wodociągową nastąpiła progresja zużycia wody wśród wszystkich grup użytkowników, przy czym najsilniejsza w grupie gospodarstw domowych. Spójrzmy, jakie zmiany w zużyciu wody dokonywały się z roku na rok w omawianym okresie (tabela 8).

W każdej grupie odbiorców obserwujemy wzrost zużycia, a tym samym wzrost rozchodu wody i zużycia razem. Obliczone różnice

($x_{\max} - x_{\min}$) są następujące:

rozchód wody

$$1\,794,8 - 754,6 = 1\,040,2 \text{ mln m}^3$$

zużycie razem

$$1\,389,3 - 594,0 = 795,3 \text{ mln m}^3$$

zużycie przez gospodarstwa domowe	$707,6 - 261,5 = 446,1 \text{ mln m}^3$
zużycie na cele produkcyjne	$404,1 - 248,1 = 156,0 \text{ mln m}^3$

Natomiast średnioroczny przyrost stosunkowy w okresie 1955 - 1970 wynosił dla:

ludności w miastach	— 3,1%
zużycia wody razem	— 5,7%
zużycia wody przez gospodarstwa domowe	— 6,7%
zużycia wody na cele produkcyjne	— 3,2%

Dla ustalenia przyszłych potrzeb wody komunalnej najistotniejsze jest zwrócenie uwagi na zużycie wody przez gospodarstwa domowe, zwłaszcza, że dla tej grupy użytkownika obserwujemy największy średnioroczny przyrost stosunkowy. W 1970 r. średnie jednostkowe zużycie wody (w gospodarstwie domowym) w miastach z siecią wodociągową wynosiło w przeliczeniu na mieszkańca — 119,1 l/M/d, a w odniesieniu do liczby gospodarstw domowych — 368,2 l/G/d, natomiast w przeliczeniu na izby — 154,8 l/I/d.

Badanie zużycia wody komunalnej w ujęciu przestrzennym wykazuje duże zróżnicowanie tegoż zużycia (tabela 9). Mimo upływu czasu, przestrzenne zróżnicowanie średniego jednostkowego zużycia wody wzrosło i w 1970 r. wyniosło 157,3 l/M/d. Natomiast województwo łódzkie, które cechowało najniższe zużycie jednostkowe, mimo że nadal zajmuje ostatnie miejsce, wykazało wzrost zużycia wody na cele gospodarstw domowych w przeliczeniu na dobę i mieszkańca o 168%. Aby badania były pełne, należy dążyć do uzyskania materiałów źródłowych w odniesieniu do budownictwa nowego i starego z uwzględnieniem wyposażenia mieszkań w urządzenia sanitarne. Na marginesie rozważań należy zaznaczyć, że rzeczywiste jednostkowe zużycie wody jest niższe, gdyż nie uwzględniliśmy strat wynikłych z nieszczelności urządzeń w budynkach mieszkalnych. W 1969 r. wyniosły one 32,4% zużycia⁵. Tak duży procent strat wiązać należy z opłatą za wodę, która nie zawsze odpowiada kosztom „produkcji”. W miastach, gdzie cena sprzedaży wody odpowiada kosztom, zużycie wody razem w m³/M/R wynosi: Haga — 55, Londyn — 77, Kopenhaga — 93, natomiast w Warszawie 107 m³, skąd wniosek, że poprzez właściwą cenę można by uzyskać likwidację wadliwych urządzeń w mieszkaniach, a tym samym oszczędne zużycie wody.

⁵ *Zagadnienie zaopatrzenia w wodę miast i wsi*, Materiały konferencji naukowo-technicznej NOT, Poznań 1971.

Tabela 9

Zużycie wody przez gospodarstwa domowe w Polsce według województw w l/M/d

Województwo	1959	1970	1959 = 100
m. Warszawa	123,6	204,4	165
m. Kraków	85,2	123,3	145
m. Łódź	49,9	125,8	259
m. Poznań	77,7	110,9	143
m. Wrocław	116,5	132,9	114
Białostockie	37,8	65,7	147
Bydgoskie	50,1	96,9	193
Gdańskie	89,6	121,6	135
Katowickie	102,1	158,1	155
Kieleckie	49,9	93,2	187
Koszalińskie	81,9	117,3	143
Krakowskie	59,6	96,4	161
Lubelskie	49,9	72,9	146
Łódzkie	17,2	46,1	268
Olsztyńskie	80,7	106,3	132
Opolskie	100,6	124,9	124
Poznańskie	38,9	74,5	220
Rzeszowskie	60,3	97,5	162
Szczecińskie	105,9	132,1	125
Warszawskie	23,2	53,9	232
Wrocławskie	89,8	114,8	128
Zielonogórskie	81,9	11,5	136

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1960- 1961.

W ramach prognoz konsumpcyjnego zaopatrzenia w wodę wyodręb-
nia się trzy typy zapotrzebowania na mieszkańca⁶: rosnące, niezmiennie,
malejące.

Spójrzmy, jaką tendencję rozwojową wykazuje zużycie wody komu-
nalnej w miastach Polski. Materiał empiryczny dotyczy lat 1956 - 1970,
a dla ludności korzystającej z sieci wodociągowej tylko ostatnich ośmiu
lat (1963 - 1970). Są to materiały publikowane, zawarte w rocznikach
statystycznych. Analizie poddano zużycie wody komunalnej (w mln m³):
a) razem, b) na cele gospodarstw domowych, c) na cele produkcyjne,
d) ludność korzystającą z sieci wodociągowej (w tys.).

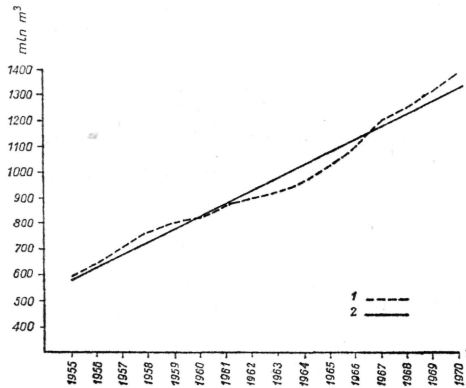
Rozrzut danych empirycznych oraz bezwzględne przyrosty przypadają-
ce na jeden rok (w przybliżeniu stałe) pozwoliły założyć, że do punktów
opisujących rozwój zjawisk w czasie dobrze będzie odpowiadał trend li-
niowy. Poniżej prezentujemy uzyskane metodą analityczną równania
trendu ($y = a + bt$), wykresy oraz błędy aproksymacji.

⁶ *Problemy rozwoju regionalnego i zagospodarowania przestrzennego w Euro-
pie i Stanach Zjednoczonych*, KPZK PAN z. 54, Warszawa 1970.

ad a)

$$y = 529,4 + 48,9 t$$

$$S_y = 35$$



Ryc. 1. Zużycie wody razem w miastach w l. 1955 - 1970

1 — empiryczne, 2 — teoretyczne

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1955 - 1971

ad b)

$$y = 215,2 + 29 t$$

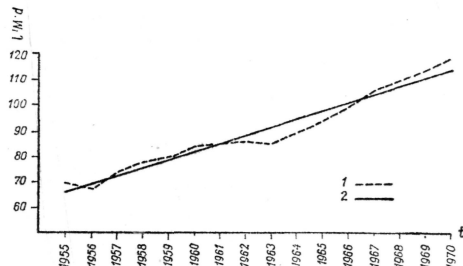
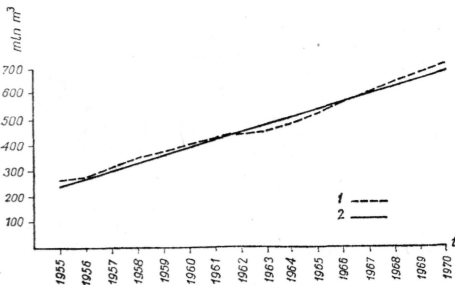
$$y = 22,7 + 1,17 t$$

$$y = 62 + 3,2 t$$

$$S_y = 1,7$$

$$S_y = 1,1 \quad (m^3/M/R)$$

$$S_y = 3 \quad (l/M/d)$$



Ryc. 2. Zużycie wody przez gospodarstwa domowe w l. 1955 - 1970

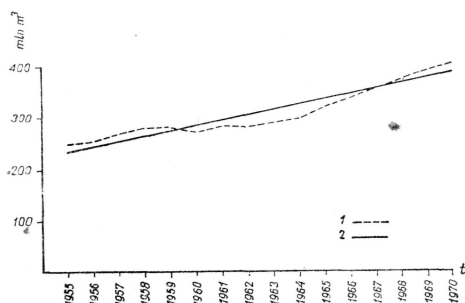
1 — empiryczne, 2 — teoretyczne

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za lata 1955 - 1971

Równania trendu obrazują proces zmian badanych wielkości w czasie (t). Omijamy wpływ zmian sezonowych i przypadkowych. Uzyskane we wszystkich równaniach dodatnie znaki przy współczynniku kierunkowym trendu potwierdzają, że występują tendencje rosnące, a moduł współczynnika informuje nas, o ile zmieniał się z roku na rok poziom zużycia wody i liczba ludności korzystającej z sieci. W zakresie zużycia wody na cele gospodarstw domowych w miastach Polski średnioroczny przyrost zużycia w l. 1950 - 1970 wynosił 3 l na jednego mieszkańca.

ad c)
 $y = 225,2 + 9,8 t$

$$S_y = 4,5$$

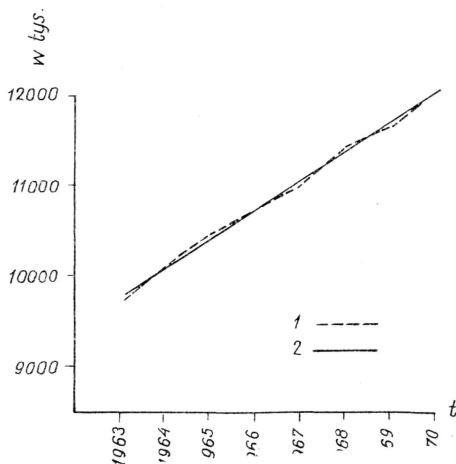


Ryc. 3. Zużycie wody na cele produkcyjne w miastach w l. 1955 - 1970
 1 — empiryczne, 2 — teoretyczne

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS za Lata 1955 - 1971

ad d)
 $y = 9469 + 324,8 t$

$$S_y = 14,8$$



Ryc. 4. Ludność w miastach korzystająca z sieci wodociągowej w l. 1963 - 1970
 1 — dane empiryczne, 2 — dane teoretyczne

Źródło: Roczniki Statystyczne GOS za lata 1964 - 1971

W celu porównania kierunku i siły tendencji rozwojowej zużycia przez gospodarstwa domowe miast Polski z zaludnieniem miast posiadających sieć wodociągową ustaliliśmy metodą indeksową równania:

$$y_{zw} = 0,94 + 0,110 t,$$

$$y_{zw} = 1,05 + 0,037 t, \text{ gdzie}$$

zw — zużycie wody,

$l+$ — ludność w miastach
 z siecią wodociągową.

Zauważamy, że $b_{zw} = 0,110 > b_{zw} = 0,037$, czyli siła trendu zużycia wody przez gospodarstwa domowe miast jest znacznie wyższa od siły trendu zaludnienia.

Z dokonanej analizy dynamiki wynika, że ludność miast Polski charakteryzuje rosnące zużycie wody. Jest to zrozumiałe, jeżeli przyjąć, że zużycie to jest miarą postępu społecznego — jednym z czynników cywilizacji. Nasuwa się równocześnie pytanie, do jakich granic powinno ono rosnąć i czy wobec trudności zaopatrzenia nie należałoby stymulować zużycie wody za pomocą np. odpowiednich cen. Nie zmienione zużycie wody może wystąpić w sytuacji, gdy poziom zużycia osiągnął stan nasycenia, czyli może dotyczyć mieszkańców miast wysoce zurbanizowanych⁷.

Przedstawione równania trendu są modelem, w którym zmienną objaśniającą jest czas. Sam wpływ czasu nie może być jednak przyczyną zmiany badanych wielkości — trendy nie wyjaśniają nam, dlaczego omawiane wielkości zużycia wody uległy zmianom. Przy rosnącym zużyciu wody konieczna jest analiza czynników determinujących je oraz wpływu ich na to zużycie. Dopiero gdy wiemy, że i w przyszłości będą działać te same przyczyny główne, decydujące o rozmiarach zużycia, wolno nam będzie zdecydować się na ekstrapolację trendu.

O wielkości zużycia wody decyduje wiele czynników. Poniżej przedstawiono próbę ukazania wpływu ich na wielkość zużycia przez gospodarstwo domowe. Badania przeprowadzono dla 1970 r. na podstawie materiałów zawartych w roczniku statystycznym. Ponieważ dysponowano materiałem w ujęciu przestrzennym (miasta w województwach), stąd aby materiał był porównywalny, odniesiono wielkości zmiennych do liczby gospodarstw domowych.

Za zmienną objaśnianą przyjęto:

x_1 — zużycie wody komunalnej na cele gospodarstw domowych w tys. m³ na 100 gospodarstw domowych,

a zmiennymi objaśniającymi są:

x_2 — ludność w gospodarstwach domowych (liczba osób na 100 gospodarstw domowych),

x_3 — powierzchnia użytkowa mieszkań w m² na 100 gospodarstw domowych,

x_4 — liczba izb na 100 gospodarstw domowych,

x_5 — zużycie gazu sieciowego przez gospodarstwa domowe w tys. m³ na 100 gospodarstw domowych,

x_6 — gospodarstwa domowe.

Dla określenia zależności między zmiennymi, obliczono współczynniki ko-

⁷ Taki rodzaj zużycia przyjęto w prognozach *Resources for the Future* (dla miast USA).

Tabela 10

Parametry opisowe zmiennych wykorzystanych w badaniu współzależności między zużyciem wody przez gospodarstwa domowe miast a wybranymi czynnikami

Numer zmiennej	Średnia	Wariancja	Dyspersja
x_1	12,4	14,3	3,7
x_2	316,0	296,0	17,2
x_3	4 003,6	93 706,0	306,1
x_4	239,0	270,8	16,4
x_5	33,2	454,7	21,3
x_6	2,5	2,9	1,7

relacji całkowitej, cząstkowej i wielorakiej oraz równanie regresji wielu zmiennych. Wyniki obliczeń prezentujemy w tabeli 10.

Współzależność zużycia wody przez gospodarstwa domowe miast Polski z wybranymi czynnikami:

a) Współczynnik korelacji całkowitej:

$$\begin{aligned} r_{12} &= -0,3657 & r_{15} &= 0,5103 \\ r_{13} &= -0,3163 & r_{16} &= 0,4031 \\ r_{14} &= 0,2029 \end{aligned}$$

Liczba par obserwacji: 22.

Uwaga: Współczynniki korelacji dwu zmiennych są istotne, gdy

$$r_{0,05} \geq 0,404;$$

b) Współczynniki korelacji cząstkowej obliczono dla określenia stopnia zależności między wybieranymi dwiema zmiennymi przy wyłączeniu wpływu pozostałych czynników.

c) Współczynniki korelacji wielorakiej:

$$\begin{aligned} R_{1,23} &= 0,6461, \\ R_{1,234} &= 0,7249, \\ R_{1,2345} &= 0,8182, \end{aligned}$$

Tabela 11

Współczynnik korelacji cząstkowej		Współczynnik korelacji cząstkowej	
$r_{12,3}$	-0,5900	$r_{14,2}$	0,6713
$r_{12,34}$	-0,6781	$r_{14,23}$	0,4305
$r_{12,345}$	-0,7162	$r_{14,235}$	0,6121
$r_{13,2}$	0,5722	$r_{15,2}$	0,4605
$r_{13,24}$	0,0503	$r_{15,23}$	0,3042
$r_{13,245}$	-0,2756	$r_{15,234}$	0,5509

Tabela 12

Równanie regresji wybranych czynników względem zużycia wody na cele gospodarstw domowych

Symbole współczynnika i błąd regresji	Wartość	Błąd standardowy	Wartość dla t
	współczynnika		
a	25,7049		
b	−0,1929	0,0455	−4,2317
c	−0,0046	0,0038	−2,1823
d	0,2654	0,0831	3,1920
e	0,0824	0,0302	2,7218
S_{x_1}	1,4791		Współczynniki są istotne, gdy $(t) \geq 2,0740$

Uwaga: Współczynnik R jest istotny, gdy ${}_{22}R_{0,05} \geq 0,582$. Wartość obliczonego R jest wysoka, stąd wybrane zmienne objaśniają dość dobrze zużycie wody przez gospodarstwa domowe. Natomiast $R^2 = 0,67$ wyjaśnia, że inne czynniki mają wpływ na zużycie w 33%, stąd zmienne x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_6 mogą wejść do równania regresji liniowej:

$$x_1 = a + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5.$$

W badaniu nie uwzględniono wpływu wszystkich czynników, które mają wpływ na wielkość zużycia. Było to niemożliwe z uwagi na brak jednorodności uzyskanych materiałów empirycznych. Ponadto sprawozdawczość statystyczna w interesującym nas zakresie jest bardzo skromna. Dlatego przedstawione wyżej wyniki badania są obciążone błędem wypływającym z faktu, że zmienne objaśniające dotyczyły wszystkich gospodarstw domowych miast, czyli i takich, które z sieci wodociągowej nie korzystają. Uzyskany model (statyczny) nie może być podstawą prognozowania. Wyniki badania należy traktować jako próbę uchwycenia kształtujących się współzależności między zużyciem wody przez gospodarstwa domowe a czynnikami je determinującymi.

Dla celów prognozy należy przeprowadzić podobne badania dla kilku wybranych miast regionu (dynamiczne) lub grupy miast w regionie (dynamiczne i statyczne). Proponujemy wyodrębnienie następujących zmiennych objaśniających i uzyskanie dla nich materiałów źródłowych:

- ludność korzystająca z sieci wodociągowej,
- liczba gospodarstw domowych objętych siecią wodociągową,
- ludność gospodarstw domowych objętych siecią wodociągową,
- izby w budownictwie objętym siecią wodociągową,
- zaludnienie na 1 izbę w budownictwie objętym siecią wodociągową,
- powierzchnia użytkowa mieszkań w budownictwie objętym siecią wodociągową,

— wyposażenie w urządzenia sanitarne w budownictwie objętym siecią wodociągową,

— zużycie gazu przez gospodarstwa domowe w budownictwie objętym siecią wodociągową,

przy czym zebranie danych powinno odbyć się odrębnie dla budownictwa starego (sprzed 1950 r.) i nowego.

Należałoby zwrócić także uwagę na nierównomierność poboru wody przez mieszkańców miast w ciągu roku. Tu interesujące byłoby ustalenie wpływu pór roku i temperatury na wielkość tego zużycia.

3. Metody określania przyszłego zużycia. Stan badań nad przyszłym zużyciem wody przez odbiorców gospodarki komunalnej jest niezadowalający. Brak jest opracowań wskazujących metody prognozy w interesującym nas przedmiocie. W Polsce szeroko stosowaną metodą jest system norm Ministerstwa Gospodarki Komunalnej. Od 1966 r. obowiązujący normatyw techniczny projektowania wielkości wodociągów publicznych, podaje sposób ustalania wielkości zużycia wody przez grupy użytkowników w zależności od rodzaju i wielkości miasta⁸. Ponieważ rzeczywiste zużycie znacznie różni się od obowiązujących norm — konieczne staje się wypracowanie właściwych metod prognozy lub weryfikacja i adaptacja stosowanych za granicą.

Jedną z najprostszych metod jest ekstrapolacja trendu. Ponieważ jednak zużycie wody uzależnione jest od wielu równocześnie czynników, powinno się dążyć do wypracowania modelu, wiążącego wszystkie istotne czynniki.

Poniżej prezentujemy metodę, którą opracowano w kraju w ramach planu operacyjnego „Wisła”⁹. Gdybyśmy dokonali uproszczeń i założyli, że w dalekiej przyszłości standard użytkowy mieszkań będzie jednakowy (WC, łazienka, prysznic, woda ciepła), to dla gospodarstw domowych o wielkości zużycia decydowałaby głównie ludność regionu, a tylko pośrednio takie czynniki, jak cywilizacja, temperatura itp. Ponieważ sytuacja w budownictwie mieszkaniowym (standard użytkowy) jest daleka od idealnej, wydaje się właściwe dla wypracowania jednostkowego współczynnika zużycia wody, dokonanie podziału ludności na grupy w zależności od standardu użytkowego zajmowanego mieszkania. Kierując się kryterium wyposażenia mieszkań w urządzenia wodno-kanalizacyjne, wydzielono:

- grupa 1 — ludność uzyskuje wodę z poboru wody z ujęć własnych,
- grupa 2 — ludność posiadająca mieszkania bez urządzeń kąpielowych,

⁸ T. Gabryszewski, *Wodociągi*, Warszawa 1967.

⁹ Instytut Gospodarki Wodnej, Zakład Planów Perspektywicznych, Warszawa 1969.

grupa 3 — ludność posiadająca mieszkania z WC i łazienką, ale z indywidualnym przygotowaniem wody ciepłej,

grupa 4 — ludność posiadająca mieszkania z WC, łazienką i centralnym zaopatrzeniem w wodę ciepłą.

Po ustaleniu dla każdej grupy zużycia jednostkowego i wyodrębnieniu liczby ludności przynależnej do każdej z grup:

s_1, s_2, s_3, s_4 — współczynniki zapotrzebowania wody przez 1 mieszkańca na dobę,

p_1, p_2, p_3, p_4 — liczba ludności w każdej grupie (%),

sumaryczny współczynnik wyniesie:

$$S = s_1 p_1 + s_2 p_2 + s_3 p_3 + s_4 p_4.$$

Dane do wyprowadzenia tego współczynnika będzie można uzyskać na podstawie badań rachunków za wodę poszczególnych grup. Z punktu widzenia przyszłych potrzeb istotne będzie przeanalizowanie zużycia wody przez grupy 3 i 4, gdyż takie budownictwo będzie przeważać w przyszłości.

Próbę ustalenia współczynnika zużycia wody przez gospodarstwa domowe dają Galecki i Ronisz¹⁰. Uważają oni, że analizując jednostkowe współczynniki zużycia w kraju i za granicą (rzeczywiste) można będzie ustalić współczynniki dla perspektywy (przy założeniu, że w przyszłości straty wody zmniejszą się o 50%). Zakładają, że istnieje liniowa zależność między wzrostem współczynnika zużycia wody a procentem przyrostu liczby mieszkań wyposażonych w pełne instalacje sanitarne. Wtedy średni współczynnik zużycia wody w gospodarstwie domowym w n-tym roku perspektywy w 1/M/d wyniesie:

$$x_n = L(A_n - A_{n_1}) + x_{n_1},$$

gdzie:

$$L = \frac{x_{n_1} - x_{n_2}}{A_{n_1} - A_{n_2}}$$

$i \ x_{n_1} - x_{n_2}$ — współczynniki zużycia wody przez gospodarstwo domowe objęte statystyką w latach skrajnych badania 1/M/d/,

$A_n(\%)$ — stosunek liczby mieszkań z podstawowym wyposażeniem w instalacje sanitarne do liczby mieszkań posiadających te instalacje w ogóle w n-tym roku perspektywy (w n-tym roku perspektywy $A_n = 100\%$).

Metoda ta nie została zweryfikowana, ale wydaje się ciekawa, ze względu na to, że łączy zużycie wody przez gospodarstwa domowe z istotnym czynnikiem — wyposażeniem mieszkań w urządzenia sanitarne.

¹⁰ S. Galecki, S. Ronisz, *Metoda statystyczno-analityczna określania wskaźnika zapotrzebowania wody w mieście w latach perspektywy*. Przegląd Informacyjny IGK, Wodociągi i Kanalizacja 1964, nr 4.

Natomiast na podstawie metod statystyki matematycznej Brombierny¹¹ dokonuje analizy i prognozy obciążenia wodociągu miejskiego w pięciu miastach RSFR. Badanie przeprowadzono dla roku, analizując obciążenie godzinowego rozbiórki wody w ciągu doby. Zużycie wody dzieli on na przemysłowe, bytowe i razem. Zużycie przemysłowe wiąże się z ilością i rodzajem produkcji, a bytowe z ilością mieszkańców i przyrostem powierzchni mieszkań. Następnie wskazuje na konieczność ustalenia zależności między wielkością zużycia wody a czynnikami je określającymi (współzależność) oraz ustalenia zależności między zużyciem razem a zużyciem przemysłowym i bytowym. Według Brombiernego zależność ta jest krzywoliniowa (hiperbola).

Inny kierunek badań podjął Reinbeck¹². Wiaże on średnie zużycie wody na jednego mieszkańca z cywilizacją, przy założeniu, że średnie jednostkowe zużycie wody jest funkcją czynnika cywilizacji. Przez czynnik cywilizacji (dokładniej — jeden z czynników) rozumie:

$$z = \frac{k_t}{k_o}, \text{ gdzie: } k_t \text{ — zużycie w badanym okresie (rzeczywiste),}$$

$$k_o \text{ — zużycie w podstawowym okresie,}$$

czyli:

$$q = f/z \quad q \text{ — zużycie.}$$

Wykorzystuje on oszacowanie według Dietericha¹³, że $q=104$ z. Oszacowanie to zostało dokonane opierając się na analizie jednostkowego zużycia wody w 1/dobę w 650 okręgach NRF w okresie 60 lat. Dopuszczalne maksymalne z ustalono na podstawie średniego jednostkowego zużycia wody w miastach najbardziej zurbanizowanych w świecie, wynoszącego 520 1/M/d. Tym samym przyjęta maksymalna wartość z może być:

$$a) 1 \leq z \leq 5$$

$$b) 0 \leq z \leq 1; \text{ oznacza to, że w regionie występuje zużycie wody niższe od średniego, a } z=0 \text{ brak zużycia wody komunalnej.}$$

Reinbeck zdaje sobie sprawę, że w przyszłości nie wszystkie miasta uzyskają zużycie 520 1/M/d. dlatego wprowadza ograniczenie 350 1/M/d. Założył on, że tak pojęty czynnik z jest docelową miarą rozwoju regionu i ulega zmianom w miarę upływu czasu oraz wzrostu cywilizacji, czyli:

$$z = f(t),$$

przy czym jest to funkcja stopnia drugiego:

$$z = a t^2.$$

¹¹ F. N. Brombierny, *Statische metody analiza i prognozirowanija grafikow nagruzki sistem wodosnabzenija*, Wodosnabzenije i Sanitarnaja Tiechnika 1969, nr 7.

¹² B. Reinbeck, *Zur Frage der Vorausberechnung des zukünftigen Wasserbedarfs*, Wasser-Abwasser 1969, nr 6, s. 154 - 160.

¹³ B. Dieterich, *Die Einordnung des Oberflächenwassers in die Wassergüte-Wirtschaft*, I, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, München 1958.

Oszacowania parametru paraboli dokonano, zakładając że w 2300 r. średni punkt nasycenia wyniesie $z=3,5$, a max. $z=5,0$. Następnie, uwzględniając zbyt odległy horyzont czasu w 2300 r., kiedy trudno mówić o prognozie, a raczej hipotezie zjawiska, dokonano oszacowania wartości z do r. 2000 w NRF, dla określonych typów „gmin” — regionów. Wypróbowana w NRF metoda prognozy jest godna uwagi i bliższej analizy, gdyż pozwala przy wykorzystaniu metod matematyczno-statystycznych ustalić jednostkowe zużycie wody, przy założonym stopniu perspektywicznego rozwoju regionu.

Zasygnalizowane wyżej kierunki badań nad przyszłym zużyciem wody nie są pełne. Należy więc dążyć do poznania metod prognozowania stosowanych za granicą, a następnie opierając się na materiałach empirycznych wypracować taką metodę, która pozwoli prognozować zużycie wody przy uwzględnieniu wpływu (jednoczesnego) wielu istotnych czynników, decydujących o zużyciu wody komunalnej.

STATISTICAL ANALYSIS OF CONSUMPTION AND DEMAND FOR MUNICIPAL WATER

Summary

In the paper ideas and criteria of classification concerning an analysis of consumption of municipal water (tap water) by consumers were presented and the basic and auxiliary determinants of the consumption were specified. Based on the data provided by the Central Statistical Office and with help of tables and diagrams an analysis of the structure and dynamics of water consumption and equipment of town groups in Poland with water supply and sewage system in the period of 1955 - 1970 was made. Special attention was given to water consumption in households and an attempt was made to establish interrelation between water consumption and chosen variables: population, living space, dwelling units, gas consumption. The calculated coefficient of multiple correlation was significant; it made possible to establish an equation of regression of several variables.

Development of a region is determined to a considerable degree by production and consumption of municipal water; therefore an estimation of future consumption of water is an important matter. Actual consumption differs from to-day's standards and it is indispensable to work out suitable prognosis methods or to adapt methods used abroad. In the paper mathematical and statistical methods of forecasting consumption were discussed while the necessity of a verification of those methods was emphasized.