

Jerzy GREŁA, Aleksander KRUSZEWSKI

INSTYTUT METEOROLOGII  
I GOSPODARKI WODNEJ  
KRAKÓW

WYMAGANIA SYSTEMU STEROWANIA FAŁĄ POWODZIOWĄ DLA  
HYDROLOGICZNYCH MODELI PROGNOSTYCZNYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono założenia dotyczące wymagań, jakie stawia się modelom prognostycznym z punktu widzenia systemu sterowania falą powodziową. Omówiono powiązania systemu sterowania z hydrologicznymi modelami prognostycznymi, w szczególności dotyczące długości okresu prognostycznego, dokładności prognoz i doboru elementów prognostycznych. Zaprezentowano wstępną koncepcję modeli prognostycznych dla systemu realizowanego dla warunków dorzecza górnej Wisły, zwracając uwagę na ich związek z przestrużną strukturą systemu.

1. Wstęp

W roku 1980 rozpoczęto w ramach problemu rządowego PR-7-08 prace nad systemem sterowania falą powodziową w dorzeczu górnej Wisły z zamiarem wdrożenia go do próbnej eksploatacji około roku 1985. Celem utworzenia takiego systemu jest zmniejszenie strat z tytułu występowania powodzi na drodze sformalizowania i optymalizacji zasad sterowania obiektami czynnej ochrony przeciwpowodziowej, opracowania odpowiednich prognoz dopływów i modeli transformacji fal powodziowych, a także wyposażenia w takie środki łączności, które w połączeniu z możliwościami obliczeniowymi pozwolą na wydatne skrócenie czasu spływu i obróbki informacji oraz czasu potrzebnego na podejmowanie decyzji.

W opracowaniu [1] zawarto ogólną koncepcję systemu sterowania traktowanego jako element wydzielony z istniejącego systemu ochrony przeciwpowodziowej. W pierwszej fazie prac postanowiono ograniczyć roz-  
wazania do obszaru górnej Wisły, zakończonego przekrojem Karsy poniżej

ujęcia Dunajca, zaliczając do podstawowych obiektów sterowania następujące zbiorniki retencyjne: Tresna, Porąbka, Rożnów /obiekty istniejące/ oraz Świnna Poręba, Dobczyce i Czorsztyń /obiekty projektowane/. Głównym środkiem do poprawy sterowania falą powodziową jest skoordynowanie odpływów z tych obiektów w ten sposób, aby zmniejszać kulminację nie tylko na karpaccich dopływach /Sole, Skawie, Rabie i Dunajcu/ ale i w samym korycie Wisły. Oprócz zbiorników retencyjnych, które stwarzają możliwości koordynacji w układzie tak szeregowym jak i równoległym, rozważać się będzie również inne obiekty mogące odgrywać istotną rolę, tzn. jazy wchodzące w skład drogi wodnej Wisły oraz ewentualne poldery.

Ograniczenie strat powodziowych możliwe jest pod warunkiem spełnienia wielu czynników, z których do najistotniejszych należy problem prognozowania. Niezależnie od postaci ostatecznych algorytmów sterowania, które opracowywane będą w najbliższym czasie, można już obecnie sformułować pewne wymagania natury ogólnej pod adresem modeli prognostycznych. Wymagania te postaramy się przedstawić w dalszej części artykułu.

## 2. Ogólna charakterystyka powiązań systemu sterowania falą powodziową z hydrologicznymi modelami prognostycznymi

Poza pewnymi prostymi systemami sterowania falą powodziową, podstawą prawidłowego ich funkcjonowania są hydrologiczne modele prognostyczne. Nie oznacza to niewykorzystywania modeli hydrologicznych w systemach obejmujących niewielkie zlewnie lub takich, w których sformułowanie funkcji kryterium użycia takiego modelu nie wymaga. W tych przypadkach również stosuje się modele hydrologiczne lecz raczej w ich wersji symulacyjnej. Powiązania systemu sterowania falą powodziową z hydrologicznymi modelami prognostycznymi zależą przede wszystkim od dodatkowych celów, jakim dany system ma służyć, jak i od układu hydrograficznego, będącego w zakresie działania systemu. Należy również na wstępie zwrócić uwagę, że powiązania te są dwukierunkowe i może się zdarzyć, że projektowany system sterowania nie może funkcjonować prawidłowo z uwagi na aktualny stan możliwości prognostycznych modeli.

W przypadku sterowania falą powodziową, przy analizowaniu powiązań z modelami hydrologicznymi, nie bez znaczenia jest fakt, iż roz-

mieszczenie obiektów sterujących jest z góry określone i w zasadzie przy analizie możliwości modeli nie jesteśmy w stanie znaleźć ich optymalnego układu. W tej sytuacji staramy się wyciągnąć maksymalną ilość informacji z modeli prognostycznych. Modele te oprócz dokładności /w sensie dopasowania do rzeczywistości/ charakteryzuje drugi czynnik, tzw. okres prognostyczny. Istnieje bardzo wyraźna odwrotna proporcjonalność między tymi charakterystykami. Występują ponadto znaczne ograniczenia związane zarówno z możliwością wykorzystania dostępnych danych wejściowych i ilościowych prognoz meteorologicznych, jak również z doborem elementów prognozowanych. Systemy sterowania falą powodziową formułują swoje wymagania w stosunku do modeli hydrologicznych w odniesieniu do wszystkich wymienionych czynników, a więc:

- długości okresu prognostycznego,
- doboru elementów prognozowanych,
- dokładności prognoz.

W stosunku do wymienionych czynników można sformułować wymagania już we wstępnej fazie projektowania systemu sterowania. Późniejsze uściślenia tych wymagań, wynikające z przyjmowanych na bieżąco ustaleń co do np. struktur sterowania czy horyzontu optymalizacyjnego, powinny być efektem pewnego procesu iteracyjnego doprowadzającego do zoptymalizowania systemu jako całości. Rozważenie praktycznych możliwości modeli pod tym kątem może również, przy z góry założonym rozmieszczeniu obiektów, wykazać niecelowość wprowadzania systemu. Można też na podstawie takiej analizy sugerować zmiany zasięgu działania systemu, jego dekompozycji lub w pewnych szczególnych przypadkach wykazać konieczność rozważenia budowy nowych obiektów sterowania.

W dalszej części zostaną omówione pokrótce wymienione czynniki, charakteryzujące modele hydrologiczne oraz przykład wymagań, jakie stawia przed nimi projektowany system sterowania falą powodziową w dorzeczu Górnej Wisły.

### 3. Długość okresu prognostycznego

Długość okresu prognostycznego jest pierwszym czynnikiem, który podlega analizie przy rozważaniu danego systemu sterowania, pod kątem formułowania wymagań dla modeli prognostycznych. Na długość tego okresu

składają się trzy elementy: czas przejścia fali powodziowej, horyzont sterowania oraz czas potrzebny na zebranie danych do modeli, obliczenie prognozy i wypracowanie sterowań.

a/ Czas przejścia fali powodziowej ma podstawowy wpływ na określenie wymaganego wyprzedzenia prognozy. Czas ten jest bezpośrednio związany z układem hydrograficznym dorzecza, jego cechami morfologicznymi oraz rozmieszczeniem obiektów sterowania. Czasy przejścia fali powodziowej odnoszą się do przejścia kulminacji tej fali i z uwagi na dużą ilość czynników nań wpływających są trudne do precyzyjnego określenia. O ile dla wybranych odcinków koryt, bez znaczących dopływów, można znaleźć w miarę precyzyjną zależność między czasem przejścia kulminacji a jej wielkością, to w systemie koryt zależność taka jest problematyczna, gdyż warunkują ją wielkości i czasy wystąpienia kulminacji w poszczególnych zlewniach cząstkowych. Jednak ze względu na praktyczną konieczność szacowania czasów przejścia opracowuje się je na podstawie materiałów historycznych, a wynikiem tych analiz są minimalne, przeciętne i maksymalne czasy przejścia pomiędzy poszczególnymi przekrojami kontrolnymi [3]. Takie określenie czasów stwarza dodatkowe kłopoty, gdyż w analizie należy rozważyć różne możliwe ich układy, w szczególności zaś wybrać najniekorzystniejsze. Trudnością jest również to, iż wyznaczone wielkości czasów przejścia, a na ich podstawie okresy prognostyczne, nie mogą być traktowane jako stałe, chociażby ze względu na zmiany zagospodarowania zlewni wpływające na warunki przejścia fali. Potwierdzeniem tego może być zaobserwowanie w okresie powojennym faktu niemal dwukrotnego przyspieszenia czasu przejścia fali na Wiśle na odcinku ujścia Skawy - ujście Raby, w porównaniu z obliczeniami przeprowadzonymi w latach 1911 i 1938 /por. [3] /. Należy także zwrócić uwagę, że sterowanie zmieni warunki naturalne, dla których czasy przejścia były określone. O ile jest to zauważalne w przypadku sterowania pojedynczymi obiektami, to tym bardziej może wystąpić w przypadkach skoordynowanych oddziaływań kilku obiektów jednocześnie.

b/ Horyzont sterowania stanowiący drugi składnik okresu wyprzedzenia utożsamiać można z horyzontem optymalizacji, jaki przyjmuje się dla rozwiązywania problemu ustalania na najbliższy okres optymalnych stero-

wań z poszczególnych obiektów. Jest on kompromisem między możliwie najdłuższym /np. obejmującym całą powódź/, który daje największe prawdopodobieństwo optymalnego zasterowania fali powodziowej oraz najkrótszym, przy którym realne jest spełnienie wymogu dokładnych prognoz. Horyzont sterowania, podobnie jak czasy przejścia fal, pozostaje w ścisłym związku z charakterystyką hydrologiczną wzebrań w rozważanym dorzeczu, a ponadto przy jego doborze należy mieć na uwadze parametry techniczne obiektów sterowanych oraz ich podstawowe funkcje. Ponieważ ten element okresu prognostycznego jest we wstępnej analizie systemu przyjmowany najbardziej subiektywnie, można go potraktować jako parametr i określić w drodze kolejnych przybliżeń, z uwzględnieniem zmian dokładności modeli hydrologicznych przy zmianie długości okresu prognostycznego.

c/ Czas operacyjny, a więc czas potrzebny na zebranie wyników obserwacji, obliczenie prognoz i wypracowanie sterowań, mimo że może się wydawać elementem mniej znaczącym w określaniu okresu prognostycznego, to jednak zasługuje na uwagę ze względu na operacyjne powiązanie z pracą systemu sterowania. Skrócenie czasu operacyjnego pozwala w danych warunkach, przy możliwym do przyjęcia stałym czasie przejścia między najbardziej odległymi, w sensie czasowym, punktami systemu na wydłużenie horyzontu sterowania bez zwiększenia wymagań w stosunku do modeli hydrologicznych. Czas ten można skrócić poprzez:

- automatyzację zbierania i przekazywania wyników obserwacji,
- automatyzację wstępnego przetwarzania i kontroli danych,
- automatyzację obliczania prognoz,
- stosowanie prostszych modeli hydrologicznych skracających obliczenia /pozwalających jednak otrzymywać wymagane elementy prognozowane przy nieznacznym zmniejszeniu dokładności/,
- automatyzację wypracowywania prognozy sterowań,
- automatyzację przekazywania optymalnych sterowań i ich realizację.

Na czas operacyjny nakłada także ograniczenia cykliczny reżim pracy systemu sterowania, który z kolei pozostaje w związku z horyzontem sterowania.

Przedstawione charakterystyki elementów okresu prognostycznego wskazują na dalsze powiązania systemu sterowania z modelami hydrologicznymi.

ny, jak i na wymagania wynikające z tych powiązań w stosunku do systemów informatycznych.

#### 4. Dobór elementów prognostycznych

W wyniku wstępnej analizy systemu sterowania, jesteśmy w stanie dość dokładnie określić wymogi w stosunku do modeli hydrologicznych w zakresie elementów prognozowanych, niezbędnych dla działania tego systemu. Doboru tych elementów dokonujemy na podstawie charakterystyk hydrologicznych wezbrań, układu hydrograficznego cieków oraz rozmieszczenia i charakteru obiektów systemu. Wymagania te idą w kierunku określenia rodzaju prognozowanego elementu, podstawowego przedziału czasu, jakiego prognoza ma dotyczyć oraz charakteru prognozowanej wartości /chwilowa lub średnia w przedziale/. W rozważaniach nie można pominąć spraw związanych z dokładnością prognoz oraz wpływu poszczególnych elementów prognozowanych na globalny efekt sterowania, gdyż zbyt duże wymagania w zakresie prognozowanych elementów mogą implikować konieczność stosowania skomplikowanych modeli, co wydłuży czas operacyjny, a tym samym skróci horyzont sterowania. Podstawowym elementem wymaganym przez systemy sterowania falą powodziową są hydrogramy przepływów chwilowych o różnym kroku czasowym. W przypadku zlewni nizinnych, a więc zlewni wolniej reagujących na opady, mogą to być wartości średnie w większych przedziałach. Hydrogramy przepływów wymagane są dla profili zamykających zlewnie, zbiorników retencyjnych, większych dopływów oraz dla określenia dopływu bocznego na odcinkach, gdzie ma on szczególne znaczenie. Dla odcinków, na których dopływ boczny ma mniejsze znaczenie, a jednocześnie nie powinno się go pominąć, można ograniczyć się do prognozy wartości średnich w większych przedziałach czasowych. Następnym wymaganym elementem prognozowanym są hydrogramy przepływów i stanów wody /rzędnych zwierciadła/ na odcinkach cieków między obiektami systemu i przekrojami kontrolnymi /wykorzystanie modeli transformacji fali w korycie/. Może zająć również konieczność prognozowania kształtu zwierciadła w zbiornikach retencyjnych, gdyż ma to dodatkowy wpływ na określenie przedziału możliwych sterowań /wykorzystanie modeli transformacji fali przez zbiornik/.

W konkretnym przypadku systemu sterowania sformułowanie wymagań w zakresie elementów prognozowanych automatycznie bardzo zmniejsza liczbę modeli hydrologicznych, możliwych do zastosowania we współpracy z tym systemem. Przeważnie dyskwalifikuje się modele prostsze o niewielkich wymaganiach w zakresie danych wejściowych.

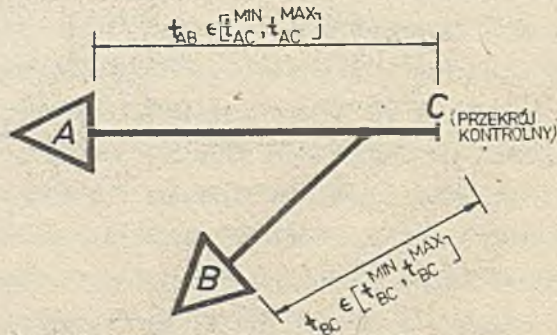
##### 5. Dokładność prognoz

Sformułowanie wymagań co do dokładności prognoz na etapie wstępnym, jest zadaniem trudnym, gdyż stanowi ona wypadkową wszystkich czynników omówionych wcześniej. W praktyce projektowania systemu sterowania nie nakłada się warunku na dokładność prognozowania danego elementu, a raczej we wstępnych obliczeniach dokonuje się analizy wpływu błędów prognoz na efekty sterowania, dążąc do uzyskania nie tyle prognozy dokładnej, ile użytecznej dla danej metody sterowania. Można tego dokonać na podstawie analizy danych hydrologicznych, określając maksymalny dopuszczalny błąd prognozy dla danego profilu kontrolnego, przy którym korzyści ze sterowania są jeszcze znaczące. W przypadku niemożności spełnienia wymagań stawianych przez system sterowania jedną z możliwości jest jego dekompozycja, która przez zmniejszenie okresu prognostycznego oraz skrócenie odległości między obiektami sterującymi i profilami kontrolnymi pozwala osiągnąć zwiększenie dokładności prognoz.

##### 6. Wymagania dla modeli prognostycznych w systemie sterowania falą powodziową górnej Wisły

Rezultatem dotychczasowych ustaleń jest przyjęcie założenia, że prognozy hydrologiczne dla tego systemu obejmować będą w zakresie elementów prognozowanych hydrogramy dopływów do zbiorników i hydrogramy wytypowanych punktowych bądź obszarowych dopływów bocznych. w przedziałach 1-lub 3-godzinowych, stawiane cyklicznie co trzy godziny<sup>[2]</sup>. W celu wyznaczenia dla każdego elementu odpowiedniego okresu prognostycznego przeanalizowane zostały czasy dobiegu fal do przekrojów kontrolnych, opracowane statystycznie dla dorzecza górnej Wisły w pracy [3], w szczególności zaś wzięto pod uwagę wartości ekstremalne tych czasów.

Wychodząc z założenia, że podstawowym celem sterowania zbiornikami na przekrój kontrolny położony na recepiencie, jest zapobieżenie małoważeniu się kulminacji, prognoza winna być na tyle długa, aby objąć wszystkie możliwe przypadki potencjalnego wystąpienia takiego zjawiska. Najniekorzystniejszymi przypadkami, od których zależą długości okresów prognostycznych, są /dla układu obiektów jak na rys.1/ zjawiska równoczesnego zachorowania na dopływach odmiennych /co do znaku/ ekstremów, tj.  $t_{AC}^{MIN}$  i  $t_{BC}^{MAX}$ , bądź  $t_{AC}^{MAX}$  i  $t_{BC}^{MIN}$



Rys.1. Schemat dla obliczenia okresów prognostycznych.

Pierwszy z tych przypadków determinuje długość okresu prognostycznego dla hydrogramu dopływów do zbiornika A, drugi zaś analogiczną wielkość dla zbiornika B, według następujących równań:

$$T_A = t_{BC}^{MAX} - t_{AC}^{MIN} + t_h + t_p$$

$$T_B = t_{AC}^{MAX} - t_{BC}^{MIN} + t_h + t_p$$

gdzie:  $T_A$  - długość okresu prognostycznego dla zbiornika A

$T_B$  - " " " " " B

$t_h$  - długość przyjętego horyzontu sterowania

$t_p$  - czas wymagany na przygotowanie prognozy i podjęcie decyzji

$t_{AC}^{MIN}$ ,  $t_{BC}^{MIN}$  - zaobserwowane minimalne czasy przejścia fali na odcinkach

$t_{AC}^{MAX}$ ,  $t_{BC}^{MAX}$  - zaobserwowane maksymalne czasy przejścia fali na odcinkach.



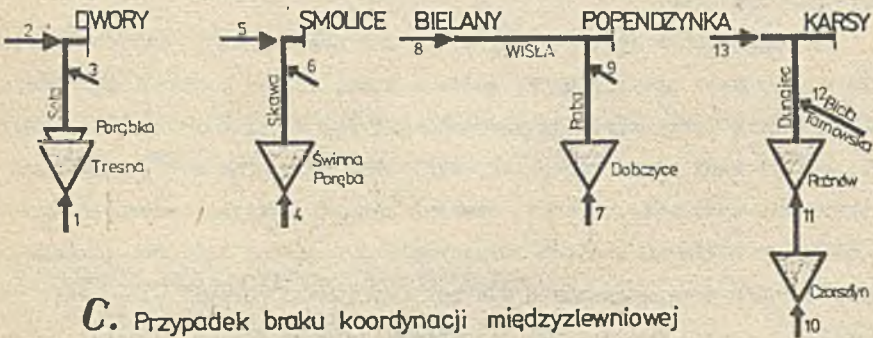
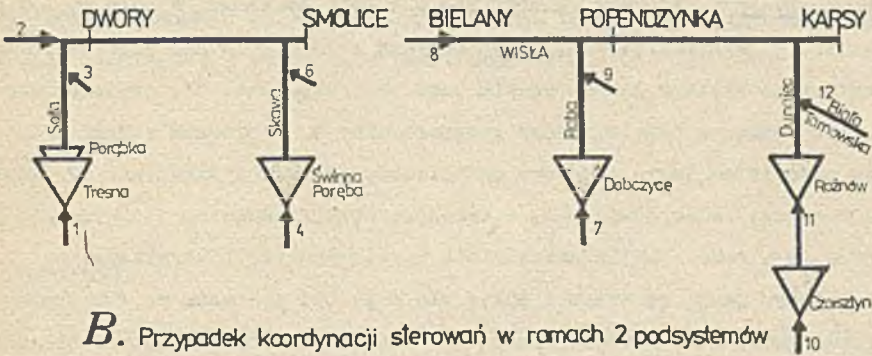
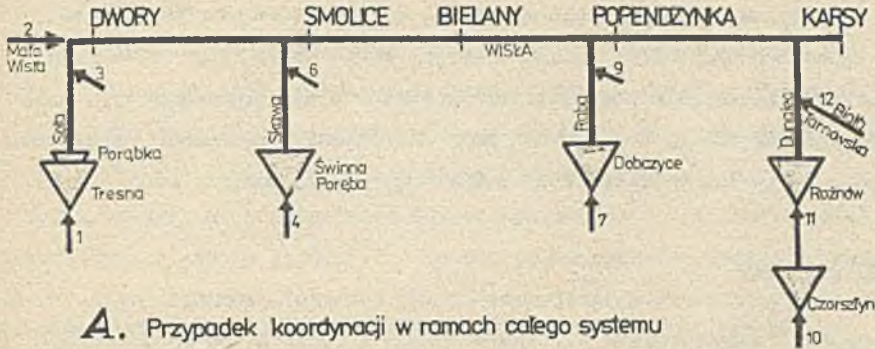
W systemie wieloobiekowym dla wyznaczenia okresu prognostycznego wybranego elementu teoretycznie należałoby zbadać wszystkie układy obiektów według schematu z rys. 1. Zwykle jednak istnieje w takim systemie obiekt, w stosunku do którego wyznaczane okresy są najdłuższe; obiekt taki jest więc punktem odniesienia do obliczeń nie tylko dla pozostałych zbiorników, ale również dopływów bocznych.

Dla zilustrowania skali problemu w warunkach systemu górnej Wisły, w tabl.1 podano, obliczone w wyżej zaprezentowany sposób, wymagane okresy prognostyczne dla wybranych elementów i różnych przypadków dekompozycji przestrzennej problemu sterowania. Przyjęto do obliczeń ustalone wartości  $t_n = 12$  godzin oraz  $t_p = 3$  godziny. Na rys.2 zilustrowano niektóre przypadki, z jakimi można mieć do czynienia w warunkach omawianego systemu, różniące się stopniem koordynacji sterowań, począwszy od pełnej koordynacji 6 zbiorników /A/, poprzez rozbitcie na 2 niezależne podsystemy /B/, aż do układu, w którym zbiorniki każdej głównej zlewni karpackiej sterują w sposób niezależny na różne przekroje kontrolne na Wiśle /C/.

Wartości wymaganych okresów prognostycznych zawarte w kolumnach 6, 10 i 14 stanowiąc mogą podstawę szerszych analiz. Oprócz oczywistych spostrzeżeń, że najdłuższych prognoz wymaga się od elementów położonych blisko przekroju kontrolnego /np. prognoza hydrogramu ujściowego Białej Tarnowskiej czy prognoza hydrogramu na Wiśle bezpośrednio przed ujściem Dunajca/, względnie że dekompozycja systemu górnej Wisły pozwala na skracanie okresów prognostycznych na bazis zaprezentowanych wartości wysuwać można sugestie dotyczące np. położenia nacisku na modele hydrologiczne w określonych częściach zlewni. Zdecydowanie największą uwagę wypadaloby w tym konkretnym przykładzie poświęcić modelom hydrologicznym w zlewni Dunajca. Ponadto, wyraźniejszą korzyść mierzoną skróceniem okresu prognostycznego zauważa się przy przejściu z koordynacji pełnej do częściowej niż przy przejściu z koordynacji częściowej do jej braku między zlewniami. W pierwszym przypadku zyskujemy 15-16 godzin dla Soły i Skawy lub prawie dobę dla Raby i Dunajca, w drugim zaś 1 godzinę dla Soły, 9-12 godz. dla Skawy i 5-8 godzin dla Raby, natomiast w przypadku Dunajca nie obserwuje się żadnych korzyści wynikających z rozpa-

Wymagane długości okresów prognostycznych w systemie górnej Wisły dla celów sterowania falą powodziową

| Lp. | Element prognozy                 | A. Koordynacja pełna             |  |   |  | B. Koordynacja częściowa         |  |   |  | C. Brak koordynacji międzyzlewniowej |  |   |  |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|--|---|--|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------------|--|---|--|
|     |                                  | Prze-<br>krój<br>kontro-<br>-lny | Mini-<br>malny<br>czas<br>dobie-<br>gu 1 | Maksy-<br>malny<br>czas<br>dobie-<br>gu 2 | Wymaga-<br>ny<br>okres<br>progno-<br>styczny | Prze-<br>krój<br>kontro-<br>-lny | Mini-<br>malny<br>czas<br>dobie-<br>gu 2 | Maksy-<br>malny<br>czas<br>dobie-<br>gu 3 | Wymaga-<br>ny<br>okres<br>progno-<br>styczny | Prze-<br>krój<br>kontro-<br>-lny     | Mini-<br>malny<br>czas<br>dobie-<br>gu 2 | Maksy-<br>malny<br>czas<br>dobie-<br>gu 3 | Wymaga-<br>ny<br>okres<br>progno-<br>styczny |
| 1   | Dopływ do zb. Fresna             | Karsy                            | 33                                       | 55  | 31   | Smolice                          | 6  | 15  | 15   | Dwory                                | 3  | 11  | 15   |
| 2   | Wisła przed ujściem Soły         | "                                | 27                                       | 48  | 43   | "                                | 3  | 6   | 27   | "                                    | 0  | 2   | 26   |
| 3   | Dopływ boczny Porąbka-Osnięcim   | "                                | 27                                       | 19  | 43   | "                                | 3  | 6   | 27   | "                                    | 0  | 2   | 26   |
| 4   | Dopływ do zb. Swinna Poręba      | "                                | 28                                       | 49  | 42   | "                                | 3  | 6   | 27   | Smolice                              | 3  | 6   | 15   |
| 5   | Wisła przed ujściem Skawy        | "                                | -  | -   | -  | "                                | -  | -   | -  | "                                    | 0  | 2   | 21   |
| 6   | Dopływ boczny Sw. Poręba-Zator   | "                                | 24                                       | 42  | 40   | "                                | 0  | 2   | 30   | "                                    | 0  | 2   | 21   |
| 7   | Dopływ do zb. Dobczyce           | "                                | 20                                       | 29  | 50   | Karsy                            | 20                                       | 29  | 27   | Popędzyna-<br>ka                     | 13                                       | 17  | 22   |
| 8   | Wisła w przekroju Białany        | "                                | -  | -   | -  | "                                | 20                                       | 30  | 27   | "                                    | 13                                       | 20  | 19   |
| 9   | Dopływ boczny Dobczyce-Proszówki | "                                | 9  | 18  | 61   | "                                | 9  | 18  | 38   | "                                    | 5  | 7   | 30   |
| 10  | Dopł. do zb. Czorsztyn           | "                                | 18                                       | 32  | 52   | "                                | 18                                       | 32  | 27   | Karsy                                | 18                                       | 32  | 27   |
| 11  | Dopł. do zb. Rożnów              | "                                | 14                                       | 23  | 56   | "                                | 14                                       | 23  | 33   | "                                    | 14                                       | 23  | 33   |
| 12  | Biała Parnowska - ujście         | "                                | 5  | 8   | 65   | "                                | 5  | 8   | 42   | "                                    | 5  | 8   | 42   |
| 13  | Wisła przed ujściem Dunajca      | "                                | -  | -   | -  | "                                | -  | -   | -  | "                                    | 3  | 4   | 44   |



UWAGA: numeracja elementów prognozy zgodna z tabelą 1

Rys. 2. Warianty dekompozycji systemu sterowania falą powodziową

trywania go niezależnie od zlewni Raby.

Przyjmując za wiarygodną opinię, że o użytecznych prognozach w warunkach omawianego dorzecza możemy mówić wtedy, gdy  $T < 48$  godz, powyższe rozważania sugerowałyby /gdybyśmy brali pod uwagę wyłącznie spodziewane efekty koordynacji przy dokładnych prognozach/. arbitralny podział systemu sterowania na podsystemy według wariantu B.

### Podsumowanie

Najwięcej uwagi przy omawianiu wymagań, jakie stawia przed modelami prognostycznymi system sterowania falą powodziową, poświęcono okresom prognostycznym. Zostało to zrobione w sposób świadomy, w celu uwypuklenia roli, jaką ten element może odgrywać w kształtowaniu struktury przyszłego systemu już na etapie jego projektowania. Nie gwarantujące dobrych prognoz długie okresy prognostyczne w połączeniu z drugim istotnym czynnikiem, jakim mogą być ograniczone zasięgi oddziaływań obiektów sterowania, zadecydować mogą o dekompozycji przestrzennej sterowania powodzią w ramach kilku niezależnie rozwiązywanych podsystemów. Oczywiście jest, że wnioski takie nie mogą być wysuwane we wstępnych rozważaniach nad systemem, muszą być one bowiem poprzedzone odpowiednio dobranymi próbnymi eksperymentami numerycznymi, analizującymi szereg aspektów zjawiska.

Niewykluczona jest również możliwość dobierania struktury sterowania w warunkach operacyjnych, gdzie w dużej mierze bazować się będzie na prognozie faktycznych czasów dobiegów fal do przekrojów kontrolnych /stawianej bądź przez synoptyka, bądź ~~za~~ pomocą modelu/. Strukturę sterowania może więc narzucić również natura. W czasie rzeczywistym pozwoli to także na bieżące korygowanie użytecznej długości poszczególnych okresów prognostycznych dla warunków danej powodzi, lub nawet danej chwili czasowej. Można nawet zaryzykować stwierdzenie, że czasy podane w tabeli dotyczą ekstremalnych warunków przemieszczania się fal na dopływach i korycie głównym, których wystąpienie w praktyce jest mało prawdopodobne. Tym niemniej skoordynowane oddziaływania obiektów mogą spowodować wystąpienie nietypowych warunków transformacji fal i z tych

względów warto zachować pewną rezerwę możliwości prognozowania na dłuższy okres.

W perspektywie system sterowania falą powodziową obejmował będzie terytorialnie obszary wchodzące w skład systemu wodno-gospodarczego Śląska oraz systemu wodno-gospodarczego Makroregionu Południowo-Wschodniego. Przy założeniu, że charakter problemów sterowania w skali dorzecza nie pozwoli na przestrzenną dekompozycję sterowania /która umożliwiłaby rozwiązywanie zagadnień w ramach poszczególnych systemów/ należy liczyć się z koniecznością stworzenia odpowiedniego statusu dla systemu sterowania falą powodziową. Z uwagi na możliwe występowanie w przyszłości konfliktowych interesów w zakresie sterowania powodzią pomiędzy zarządami systemów, należy stworzyć warunki uniemożliwiające osiąganie innych korzyści niż globalne w całym dorzeczu.

#### LITERATURA

- [1] Warunki działania systemu ochrony przeciwpowodziowej w dorzeczu górnej Wisły. IMGW Kraków, 1980 /maszynopis/.
- [2] Zasady opracowywania prognoz przepływów dla potrzeb systemu sterowania falą powodziową górnej Wisły. IMGW Kraków, 1980 /maszynopis/.
- [3] Postęp fal wezbraniowych na górnej Wiśle i jej karpackich dopływach, IMGW Kraków, 1974 /maszynopis/.

#### ТРЕБОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАВОДНЕНИЕМ ДЛЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В докладе представлено предположения касающиеся требований прогностических моделей с точки зрения системы управления наводнением. Обсуждены связи системы управления с гидрологическими прогностическими моделями, а особенно : длину прогностического периода, точность прогнозов и выбор прогнозируемых элементов.

REQUIREMENTS OF FLOOD WAVE CONTROL SYSTEM  
IN HYDROLOGIC PROGNOSTIC MODELS

---

The paper presents the assumptions related to requirements which should be met by prognostic models in terms of flood wave control systems. The relationship between a control system and hydrologic prognostic model, especially respecting the duration of the prognostic period, the reliability of forecasts and the selection of forecasted elements are also discussed. A preliminary concept of prognostic models for the system adapted to the conditions characterizing the Upper Vistula basin, emphasizing their relation to spatial control structure, constitutes the core of the present paper.