

ROBERT MALMUR, ADAM KISIEL, MACIEJ MROWIEC, JAKUB KISIEL\*

## HYDRAULICZNE SPOSOBY DZIAŁANIA ZBIORNIKA RETENCYJNO-PRZERZUTOWEGO

### HYDRAULIC OPERATION PRINCIPLES OF THE TRANSFER RESERVOIR

#### Streszczenie

Intensywne opady deszczu, a także szybkie topnienie śniegu powodują często podtapianie terenów chronionych i przepełnianie istniejących sieci kanalizacyjnych. Sytuacje takie są uciążliwe dla mieszkańców, a także powodują znaczne straty materialne. Jednym z możliwych rozwiązań technicznych zapewniających niezawodny odpływ ścieków do odbiornika jest przedstawiony w artykule zbiornik retencyjno-przerzutowy.

Zbiornik retencyjno-przerzutowy ma za zadanie gromadzić odpowiednią ilość ścieków, a następnie przerzucić je do odbiorników wodnych w przypadku, gdy niemożliwy jest ich odpływ grawitacyjny. Natomiast grawitacyjne odprowadzanie ścieków do odbiornika realizowane jest przez ich tranzytowy przepływ przez komory zbiornika.

*Słowa kluczowe: zbiorniki przerzutowe, zbiorniki kanalizacyjne, przerzut ścieków, retencja, kanalizacja deszczowa*

#### Abstract

Intensive rainfalls and snow melting often cause floods of protected terrains and overflowing of existing sewage systems. Such situations are burdensome for inhabitants, and also may cause considerable material losses. Presented in the paper construction of the transfer reservoir may be efficient solution to assure desired outflow rate of wastewaters. When the gravitational outflow is limited, the transfer reservoir store the certain volume of wastewaters and discharge them to the receiving waters. During low flows the wastewaters are conveyed gravitationally to receiving waters through the transit chamber.

*Keywords: transfer reservoirs, sewage reservoirs, sewage transfer, retention, drainage system*

---

\* Dr inż. Robert Malmur, prof. dr hab. inż. Adam Kisiel, dr inż. Maciej Mrowiec, dr inż. Jakub Kisiel, Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska, Politechnika Częstochowska.

## 1. Wstęp

Rozwój cywilizacji spowodował, że ośrodki miejskie pozbawione zostały naturalnej retencji, zwłaszcza w odniesieniu do ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych. Istniejące systemy kanalizacyjne w większości przypadków nie są w stanie odprowadzić ścieków o dużym natężeniu przepływu i dlatego podejmowane są różnego rodzaju zabiegi techniczne, zmierzające do przechwycenia i czasowego zatrzymania tej nadwyżki przepływu [2].

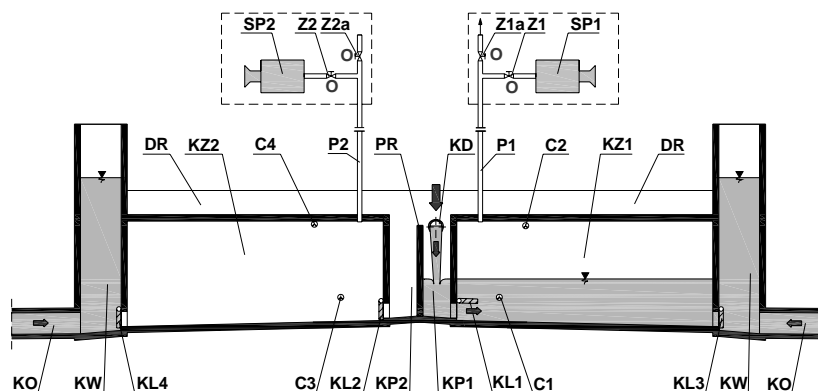
Przeгляд stosowanych sposobów przerzutu ścieków opadowych z chronionej zlewni do odbiornika w okresach jego wysokich napień nie wyłonił rozwiązania uniwersalnego i niezawodnego, które mogłoby mieć szerokie zastosowanie w praktyce.

Podjęty został zatem problem opracowania takiego rozwiązania hydraulicznego sposobu odprowadzania ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika, które zapewniłoby ich swobodny, grawitacyjny odpływ w okresach stanów niskich i średnich napień w rzece, a w okresie wezbrań ich wymuszony przerzut. Takim rozwiązaniem sposobu przerzutu ścieków opadowych do odbiornika wodnego są zbiorniki retencyjno-przerzutowe [3, 5, 7]. Wspólną cechą rozwiązań tych zbiorników jest to, że są zlokalizowane od strony terenu odwadnianego. Takie rozwiązanie zapewnia ewentualne awaryjne naprawy nawet wówczas, gdy w odbiorniku – rzece występują wysokie stany napień.

Zbiornik retencyjno-przerzutowy ma komorę przepływową, połączoną w górnej strefie z kanałem dopływowym cieczy, i komorę przelewową. Komora przepływowa i komora przelewowa oddzielone są od siebie przegrodą z przelewem szczytowym. Komory przepływowa i przelewowa połączone są przez zamknięcia klapowe z gazoszczelnymi komorami zbiorczymi. Obie komory zbiorcze przez kolejne zamknięcia klapowe są połączone z komorą wieżową. Komora wieżowa o wysokości większej od rzędnej korony wału przeciwpowodziowego jest połączona z ciekim wodnym za pośrednictwem kolektora odpływowego. W stropie komór zbiorczych osadzone są przewody rurowe łączące za pośrednictwem zaworów odcinających strefę podstropową tych komór ze sprężarkami lub atmosferą. Działanie zaworów odcinających oraz sprężarek jest sterowane czujnikami poziomu cieczy w komorach zbiorczych.

## 2. Opis modelowego działania zbiornika retencyjno-przerzutowego

Kiedy w cieku wodnym C wystąpią wysokie stany napienia, uniemożliwiające grawitacyjny odpływ cieczy do odbiornika na skutek parcia hydrostatycznego od strony komory wieżowej KW, zamknięte zostają klapy KL3 i KL4, które łączą obie komory zbiorcze KZ1 i KZ2 z komorą wieżową KW (rys. 1). W takiej sytuacji ciecz dopływająca kolektorem dopływowym KD do komory przepływowej KP1 zbiornika przez otwarcie klapy KL1 napienia komorę zbiorczą KZ1. Podczas napienia komory zbiorczej KZ1 zawory Z1 i Z1a na przewodzie P1 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery.

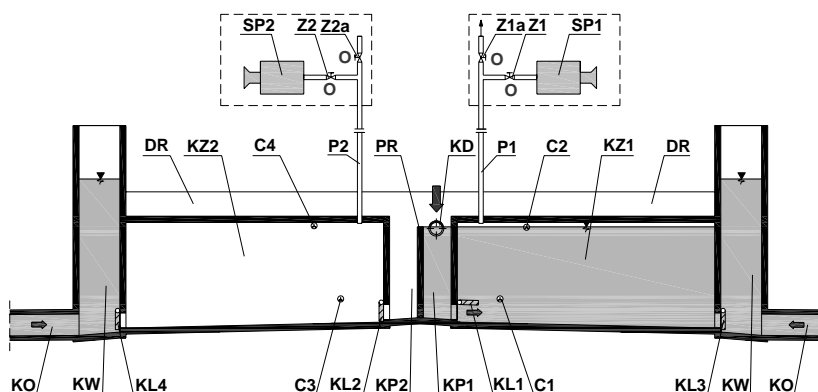


Rys. 1. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: faza napełniania komory zbiorczej KZ1

Fig. 1. Schematic diagram of transfer reservoir – filling the first storage chamber and filling the flow-through chamber

W określonym czasie zależnym od pojemności obydwu równocześnie wypełnianych komór, przepływowej KP1 i zbiorczej KZ1, oraz od natężenia dopływu cieczy do zbiornika obie komory przy całkowitym napełnieniu osiągają – odpowiednio – poziomy:

- w komórce przepływowej KP1 do rzędnej korony przelewu szczytowego,
- w komórce zbiorczej KZ1 do rzędnej górnej czujnika C2 (rys. 2).

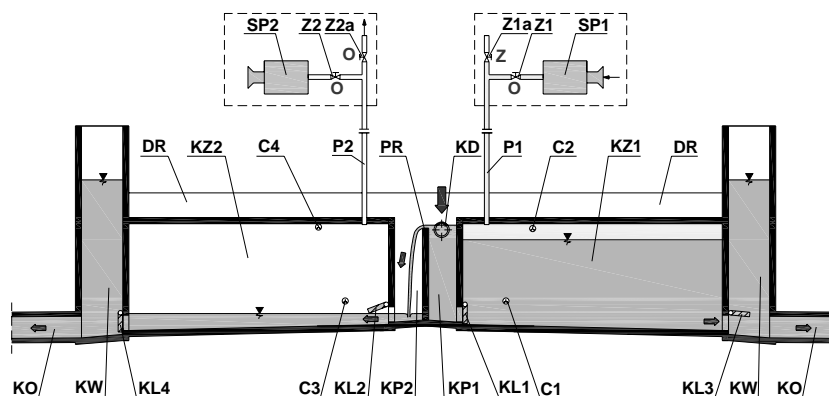


Rys. 2. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: całkowite napełnienie komory zbiorczej KZ1

Fig. 2. Schematic diagram of transfer reservoir – complete filling the first storage chamber

Osiągnięcie maksymalnego stanu napełnienia w komórce zbiorczej KZ1 spowoduje skutek zadziałania czujnika C2 jednoczesne włączenie sprężarki SP1 oraz zamknięcie zaworu Z1a, który odetnie całkowicie wypełnioną komorę zbiorczą od atmosfery (rys. 3). Rozpoczyna się wówczas proces opróżniania komory zbiorczej KZ1, podczas którego kłapa KL1 pozostaje zamknięta, natomiast kłapa KL3 otwarta. Wzrost ciśnienia powietrza wtłaczanego przez sprę-

żarękę SP1 do wnętrza opróżnianej komory zbiorczej KZ1 powodować będzie, zgodnie z przyjętymi założeniami, odpływ cieczy z tej komory równy przepływowi miarodajnemu.

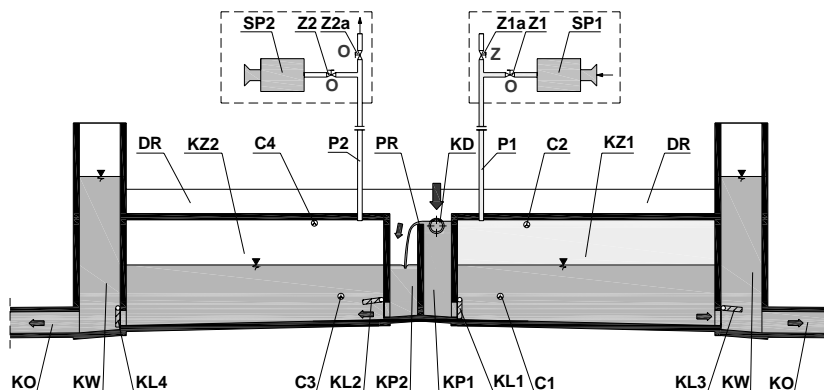


Rys. 3. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: rozpoczęcie procesu opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 3. Schematic diagram of transfer reservoir – the beginning of emptying the first storage chamber and filling the second storage chamber

Zapoczątkowanie procesu opróżniania komory zbiorczej KZ1 rozpoczyna równocześnie proces napełniania cieczą drugiej komory zbiorczej KZ2 (rys. 3). Ponieważ w tej fazie działania zbiornika kłapa KL1 zamyka otwór komory zbiorczej KZ1, dopływająca ciecz do zbiornika przez przelew szczytowy napełnia komorę przelewową KP2 oraz przez otwartą kłapę KL2 komorę zbiorczą KZ2.

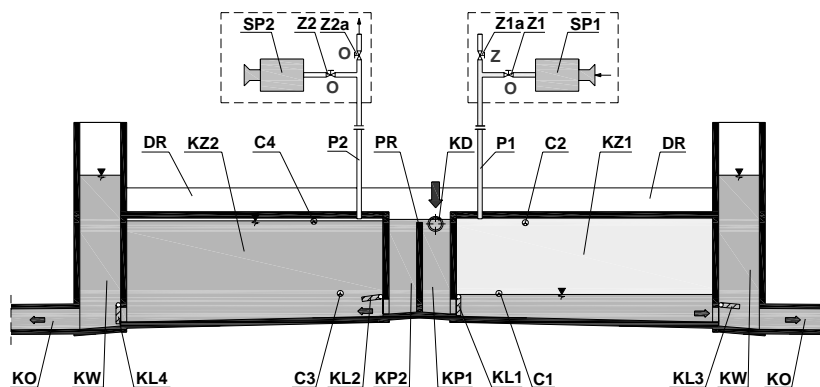
Napełniane są wówczas jednocześnie obie komory: zbiorcza KZ2 i przelewowa KP2. Podczas napełniania komory zbiorczej KZ2 zawory Z2 i Z2a na przewodzie P2 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery (rys. 4).



Rys. 4. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: opróżnianie komory zbiorczej KZ1 i napełnianie komory zbiorczej KZ2

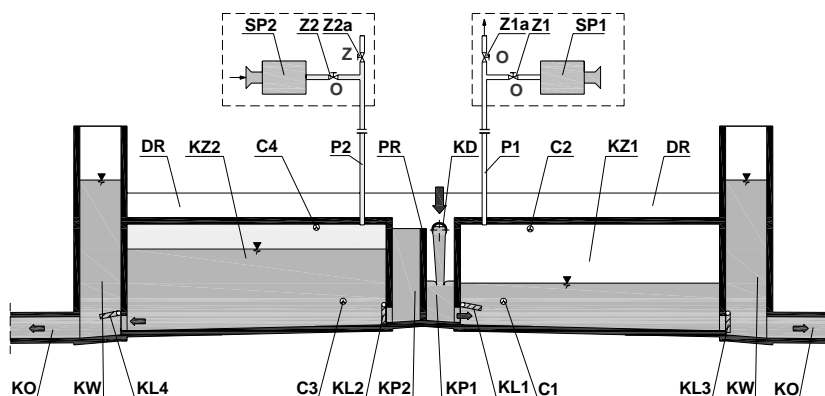
Fig. 4. Schematic diagram of transfer reservoir – the process of emptying the first storage chamber and filling the second storage chamber

W modelowym działaniu zbiornika całkowitemu wypełnieniu komory zbiorczej KZ2 odpowiada całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 (rys. 5).



Rys. 5. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 i całkowite napełnienie komory zbiorczej KZ2

Fig. 5. Schematic diagram of transfer reservoir – complete emptying of the first storage chamber and complete filling of the second storage chamber



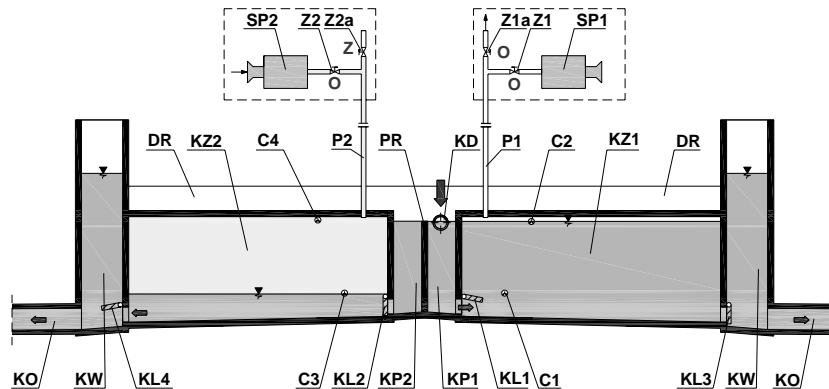
Rys. 6. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: rozpoczęcie procesu opróżniania komory zbiorczej KZ2 i ponownego napełniania komory zbiorczej KZ1

Fig. 6. Schematic diagram of transfer reservoir – the beginning of emptying the second storage chamber and filling the first storage chamber

W tym stanie chwilowym następuje równoczesne zadziałanie dwóch czujników:

- w komorze zbiorczej KZ1 dolny czujnik C1 spowoduje wyłączenie sprężarki SP1 i otwarcie zaworu Z1a, w wyniku czego zawarte w tej komorze powietrze zostaje rozprężone do ciśnienia atmosferycznego, przy którym ponownie zostaje zamknięta kłapa KL3, a otwarta z kolei kłapa KL1. W tej komorze zbiorczej rozpocznie się powtórny proces napełniania cieczą (rys. 6),

- w komorze zbiorczej KZ2 górny czujnik C4 spowoduje włączenie sprężarki SP2 i odcięcie tej komory od atmosfery przez zamknięcie zaworu Z2a. Równocześnie zostaje zamknięta kłapa KL2 i otwarta kłapa KL4, rozpoczynając tym samym proces opróżniania tej komory z cieczy (rys. 6).



Rys. 7. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: ponowne całkowite napełnienie komory zbiorczej KZ1 i całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ2

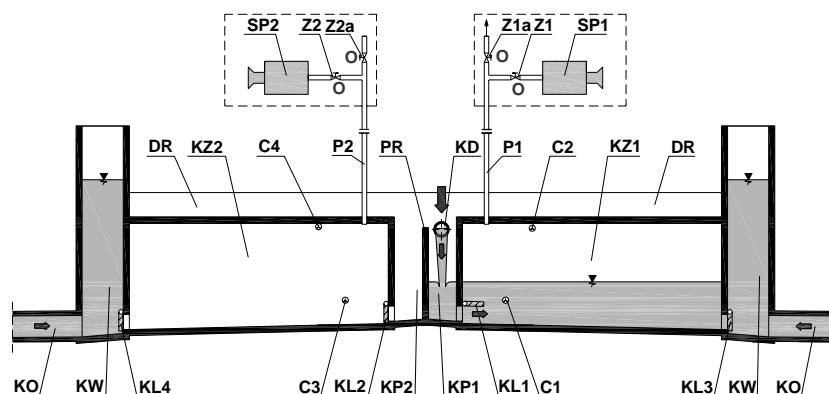
Fig. 7. Schematic diagram of transfer reservoir – repeated complete filling the first storage chamber and complete emptying the second chamber

W wyniku naprzemiennego działania komór zbiorczych zbiornika procesy ich napełniania i opróżniania będą powtarzane, dopóki ciecz będzie dopływać do zbiornika (rys. 7).

### 3. Opis działania zbiornika retencyjno-przerzutowego rekomendowanego do stosowania w praktyce inżynierskiej

Modelowe rozwiązanie zbiornika retencyjno-przerzutowego do zastosowania w eksploatacyjnych warunkach nie jest możliwe, ponieważ w praktyce nie do spełnienia są tak rygorystyczne warunki jego działania. Według przyjętych założeń modelowe działanie zbiornika wyróżnia się tym, że zapewnia idealne i efektywne, naprzemienne działanie komór zbiorczych zbiornika. Opracowano zatem rekomendowany do stosowania w praktyce inżynierskiej sposób działania zbiornika retencyjno-przerzutowego, który zakłada, że po całkowitym opróżnieniu jednej z komór zbiorczych utrzymywane jest w niej sprężone powietrze (ciśnienie), które uniemożliwia napływ do niej cieczy aż do czasu całkowitego wypełnienia drugiej komory zbiorczej.

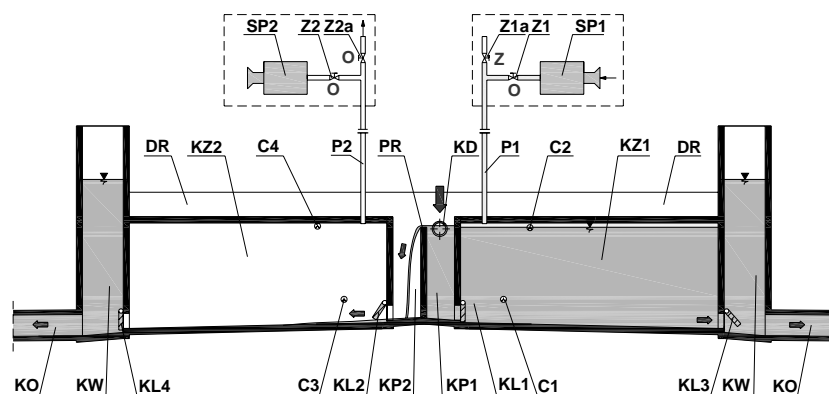
Ciecz dopływająca kolektorem dopływowym KD lub rowem dopływowym do komory przepływowej KP1 zbiornika przez otwartą kłapę KL1 wypełnia komorę zbiorczą KZ1. Wypełnianiu komory zbiorczej KZ1 towarzyszy równoczesne napełnianie komory przepływowej KP1. Podczas wypełniania komory zbiorczej KZ1 zawory Z1 i Z1a na przewodzie P1 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery (rys. 8).



Rys. 8. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: faza napełniania komory zbiorczej KZ1

Fig. 8. Schematic diagram of transfer reservoir – filling the first storage chamber

Komora zbiorcza KZ1 będzie wypełniana do poziomu górnego czujnika C2, natomiast komora przepływowa KP1 do poziomu rzędnej korony przelewu szczytowego (rys. 9). Osiągnięcie takiego stanu chwilowego spowoduje na skutek zadziałania czujnika C2 jednoczesne włączenie sprężarki SP1 oraz zamknięcie zaworu Z1a, który odetnie wypełnioną cieczą komorę zbiorczą KZ1 od atmosfery. Rozpocznie się tym samym proces opróżniania tej komory zbiorczej, podczas którego kłapa KL1 zostaje zamknięta, natomiast kłapa KL3 otwarta (rys. 9).



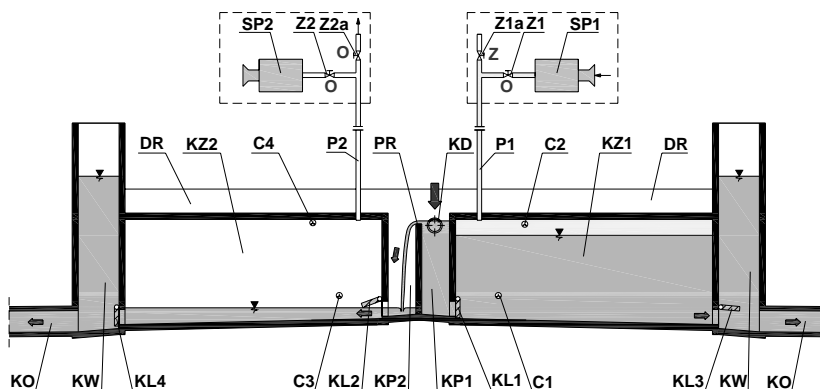
Rys. 9. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: rozpoczęcie procesu opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 9. Schematic diagram of transfer reservoir – the beginning of emptying the first storage chamber and filling the second storage chamber

Wzrost ciśnienia powietrza włączanego przez sprężarkę SP1 do wnętrza opróżnianej komory zbiorczej KZ1 będzie powodować odpływ cieczy z tej komory do komory wieżowej KW. Proces opróżniania komory zbiorczej KZ1 trwa do chwili, gdy zwierciadło

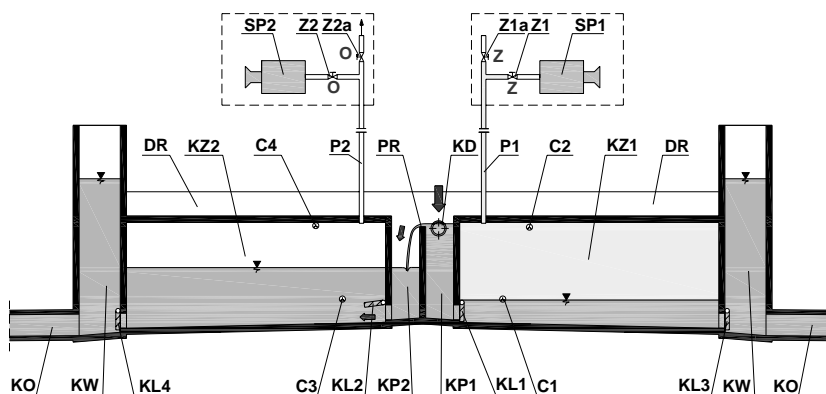
cieczy osiągnie poziom dolnego czujnika C1. Po osiągnięciu tego poziomu wyłączona zostaje sprężarka SP1 i zamknięty zawór Z1, dzięki czemu utrzymane zostanie w niej sprężone powietrze (ciśnienie).

Zapoczątkowanie procesu opróżniania pierwszej komory zbiorczej KZ1 równocześnie powoduje rozpoczęcie procesu napełniania drugiej komory zbiorczej KZ2. Ponieważ w tej fazie działania zbiornika kłapa KL1 zamyka otwór dopływowy do komory zbiorczej KZ1, dopływająca ciecz do zbiornika przez przelew szczytowy wypełnia komorę przelewową KP2, a przez otwartą kłapę KL2 również komorę zbiorczą KZ2. Podczas wypełniania cieczą komory zbiorczej KZ2 zawory Z2 i Z2a na przewodzie P2 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery (rys. 10).



Rys. 10. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: proces opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 10. Schematic diagram of transfer reservoir – the process of emptying the first storage chamber and filling the second storage chamber



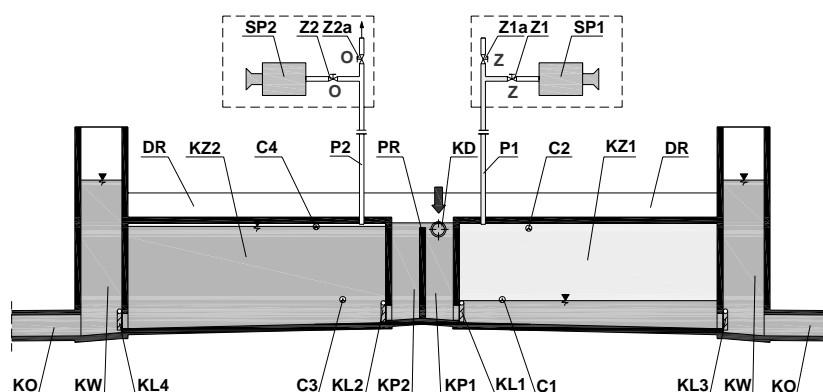
Rys. 11. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 i zatrzymanie w niej sprężonego powietrza oraz dalsze napełnianie komory zbiorczej KZ2

Fig. 11. Schematic diagram of transfer reservoir – complete emptying the first storage chamber and stop in her the compressed air and filling the second storage chamber



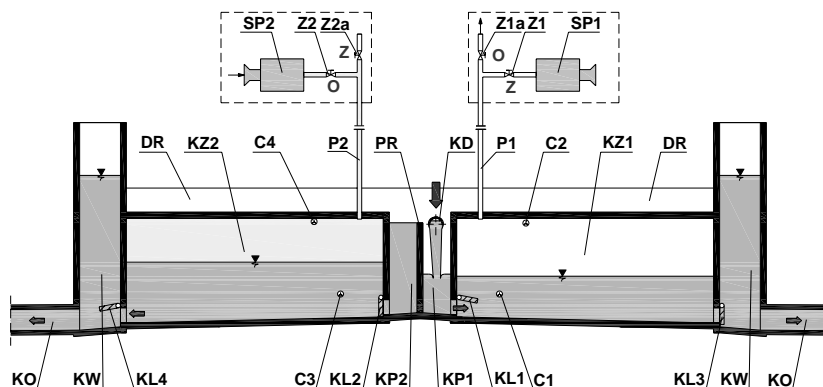
Całkowite wypełnienie drugiej komory zbiorczej KZ2 umożliwiające jest przez utrzymanie sprężonego powietrza (ciśnienia) w pierwszej komorze zbiorczej KZ1 (rys. 11).

Osiągnięcie całkowitego napełnienia w drugiej komorze zbiorczej KZ2 spowoduje za pośrednictwem górnego czujnika C4 równoczesne włączenie sprężarki SP2 oraz zamknięcie zaworu Z2a, który odetnie tę komorę od atmosfery, a także otwarcie zaworu Z1a, który z kolei umożliwi rozprężenie powietrza w komorze KZ1 do ciśnienia atmosferycznego. W drugiej komorze zbiorczej KZ2 rozpocznie się zatem proces jej opróżniania, natomiast w komorze pierwszej KZ1 ponowny proces jej napełniania (rys. 12).



Rys. 12. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: opróżnienie komory zbiorczej KZ2 i ponowne napełnianie komory zbiorczej KZ1

Fig. 12. Schematic diagram of transfer reservoir – complete filling the second storage chamber and complete emptying the first storage chamber and stop in its the compressed air



Rys. 13. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-T: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ2 i zatrzymanie w niej sprężonego powietrza oraz napełnianie komory zbiorczej KZ1

Fig. 13. Schematic diagram of transfer reservoir – complete emptying the second storage chamber and stop in its the compressed air and repeated filling the first storage chamber

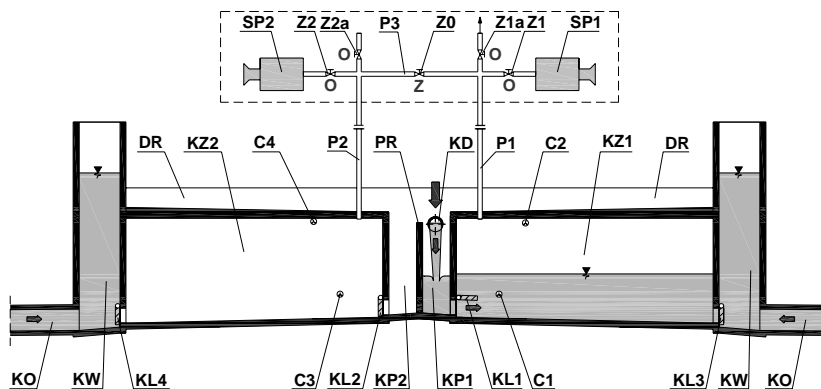
Powtórne napełnianie cieczą pierwszej komory zbiorczej KZ1 będzie następowało przy utrzymanym sprężonym powietrzu (ciśnieniu) w drugiej komorze zbiorczej KZ2, które niezbędne było do jej całkowitego opróżnienia (rys. 13).

Takie naprzemienne działanie obydwu komór zbiorczych zbiornika gwarantować będzie nieprzerwane przyjmowanie cieczy dla każdego zmiennego natężenia ich dopływu.

#### 4. Opis działania zbiornika retencyjno-przerzutowego w wersji energooszczędnej

Energooszczędna wersja działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET wymaga instalacji dodatkowego przewodu rurowego P3 wraz z zaworem odcinającym Z0, łączącym obie komory zbiorcze KZ1 i KZ2 w ich strefach stropowych.

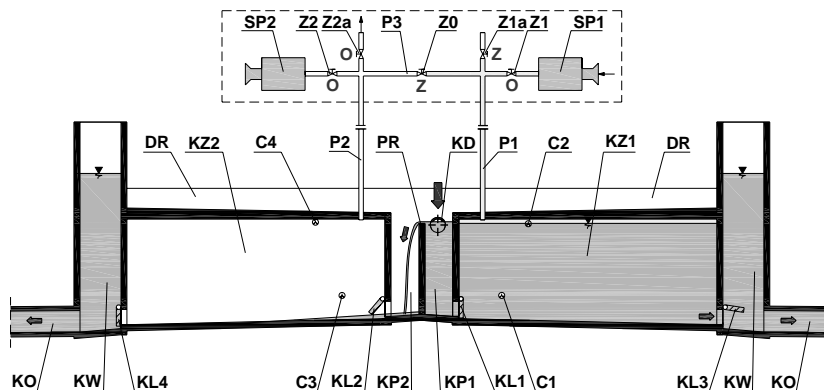
Ciecz dopływająca kolektorem dopływowym KD lub rowem dopływowym do komory przepływowej KP1 zbiornika przez otwartą klapę KL1 napełnia komorę zbiorczą KZ1. Podczas wypełniania komory zbiorczej KZ1 zawory Z1 i Z1a na przewodzie P1 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery, natomiast zawór odcinający Z0 na przewodzie P3 jest zamknięty (rys. 14).



Rys. 14. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: faza napełniania komory zbiorczej KZ1

Fig. 14. Schematic diagram of transfer reservoir – filling the first storage chamber and filling the flow-through chamber

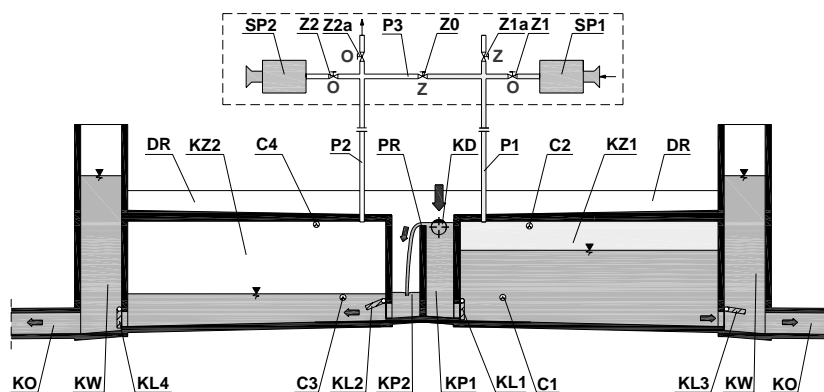
Proces napełniania komory zbiorczej KZ1 zakończony zostaje przy całkowitym jej wypełnieniu cieczą, czyli do poziomu górnego czujnika C2, natomiast komora przepływowa KP1 wypełniona jest wówczas do poziomu rzędnej korony przelewu szczytowego. Osiągnięcie takich stanów napełnienia spowoduje włączenie sprężarki SP1 wskutek zadziałania czujnika C2 oraz zamknięcie zaworu Z1a, przyczyniając się do odcięcia od atmosfery całkowicie wypełnionej cieczą komory zbiorczej KZ1. Rozpocznie się zatem proces opróżniania komory zbiorczej KZ1, podczas którego klapa KL1 zostaje zamknięta, natomiast klapa KL3 otwarta (rys. 15).



Rys. 15. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: rozpoczęcie opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 15. Schematic diagram of transfer reservoir – the beginning of emptying the first storage chamber and filling the second storage chamber

Wzrost ciśnienia powietrza włączanego przez sprężarkę SP1 do wnętrza opróżnianej komory zbiorczej KZ1 będzie powodować odpływ cieczy z tej komory do komory wieżowej KW (rys. 16). Proces opróżniania komory zbiorczej KZ1 trwa do czasu osiągnięcia poziomu dolnego czujnika C1. Po osiągnięciu tego poziomu zostaje wyłączona sprężarka SP1 i zamknięty zawór Z1, dzięki czemu utrzymane zostanie sprężone powietrze (ciśnienie) w opróżnionej komórce (rys. 17).



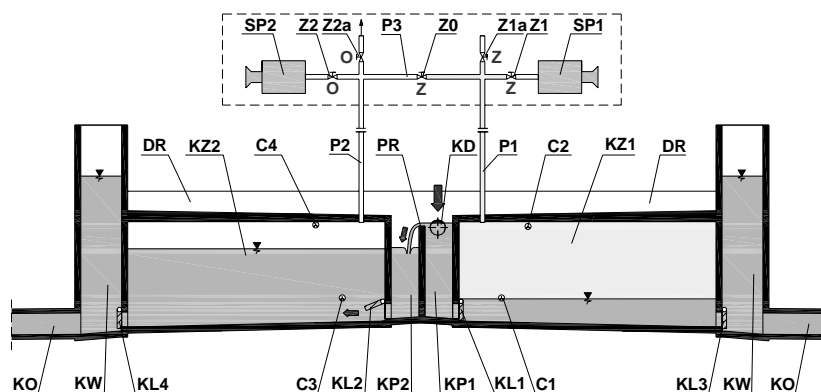
Rys. 16. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: proces opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 16. Schematic diagram of transfer reservoir – the process of emptying the first storage chamber and filling the second storage chamber

Proces opróżniania pierwszej komory zbiorczej KZ1 oraz proces napełniania drugiej komory zbiorczej KZ2 rozpoczynane są równocześnie. Ponieważ w tej fazie działania zbiornika kłapa KL1 zamyka otwór dopływowy do komory zbiorczej KZ1, dopływająca

ciecz do zbiornika przez przelew szczytowy napelnia komorę przelewową KP2 i dalej przez otwartą klapę KL2 komorę zbiorczą KZ2. Podczas napełniania drugiej komory zbiorczej KZ2 zawory Z2 i Z2a na przewodzie P2 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery. Napełnianie komory zbiorczej KZ2 i komory przelewowej KP2 dokonywane jest jednocześnie (rys. 16). Istotne jest dla prawidłowego działania zbiornika, by proces opróżniania w każdym przypadku jednej z komór zbiorczych zbiornika odpowiednio wyprzedzał proces napełniania drugiej komory.

Całkowite wypełnienie cieczą drugiej komory zbiorczej KZ2 jest możliwe dzięki utrzymaniu sprężonego powietrza (ciśnienia) pozostającego w pierwszej komorze zbiorczej KZ1 po jej opróżnieniu (rys. 17).

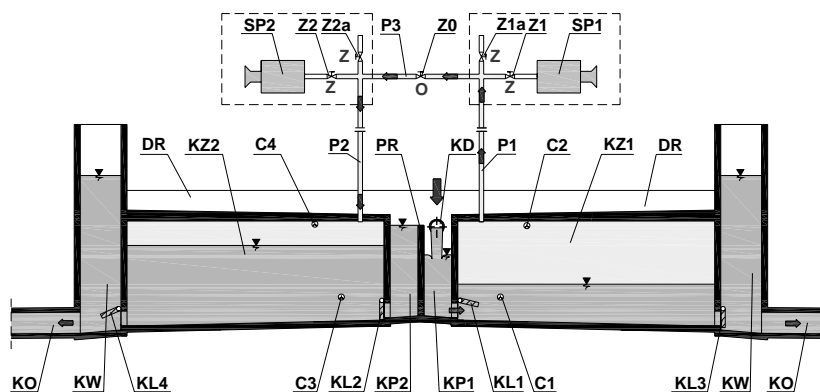


Rys. 17. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 i dalsze napełnianie komory zbiorczej KZ2

Fig. 17. Schematic diagram of transfer reservoir – complete emptying of the first storage chamber and filling the second storage chamber

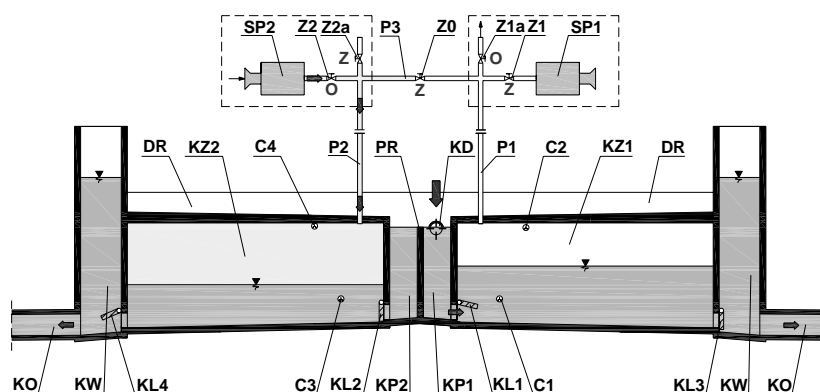
Osiągnięcie całkowitego napełnienia w drugiej komorze zbiorczej KZ2 spowoduje za pośrednictwem górnego czujnika C4 zamknięcie zaworów Z2 i Z2a i odcięcie tej komory od atmosfery. Równoczesne otwarcie zaworu odcinającego Z0 umożliwi przepływ sprężonego powietrza z pierwszej komory zbiorczej KZ1, które zostało tu zatrzymane po całkowitym jej opróżnieniu, do komory drugiej KZ2. Zapoczątkowany zostaje zatem proces częściowego opróżnienia komory zbiorczej KZ2 za pośrednictwem sprężonego powietrza, którego ciśnienie wyrównywane jest wówczas w obydwu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych (rys. 18).

Wzrost ciśnienia powietrza w komorze zbiorczej KZ2 powoduje zamknięcie klapy KL2 z jednoczesnym otwarciem klapy KL4, umożliwiając tym samym przepływ cieczy z komory zbiorczej KZ2 do komory wieżowej KW (rys. 18). Wyrównanie ciśnienia powietrza w obydwu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych powoduje częściowe opróżnienie komory KZ2. W dalszym etapie do całkowitego opróżnienia tej komory z cieczy niezbędne jest włączenie sprężarki SP2 z jednoczesnym otwarciem zaworu Z2 i zamknięciem zaworu Z0 oraz otwarciem zaworu Z1a, który łączy komorę zbiorczą KZ1 z atmosferą (rys. 19). Sprężarka SP2 opróżnia wówczas komorę zbiorczą KZ2 do czasu, gdy poziom zwierciadła cieczy zrówna się z położeniem dolnego czujnika C3.



Rys. 18. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: opróżnianie komory zbiorczej KZ2 sprężonym powietrzem podczas wyrównywania jego ciśnienia w obu komorach zbiorczych przy równoczesnym napływie cieczy do komory KZ1

Fig. 18. Schematic diagram of transfer reservoir – the process of partial emptying of the second storage chamber by compressed air and filling the first storage chamber

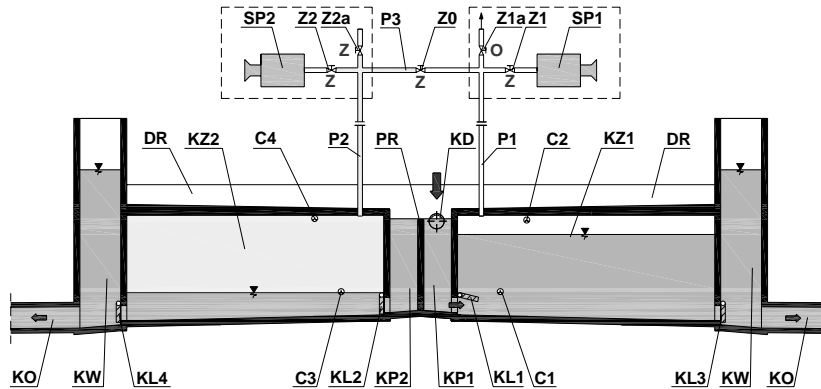


Rys. 19. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: kontynuacja opróżniania komory zbiorczej KZ2 za pomocą sprężarki SP2 przy ponownym napełnianiu komory zbiorczej KZ1

Fig. 19. Schematic diagram of transfer reservoir – continuation of emptying the second storage chamber at the participation the air-compressor and repeated filling the first storage chamber

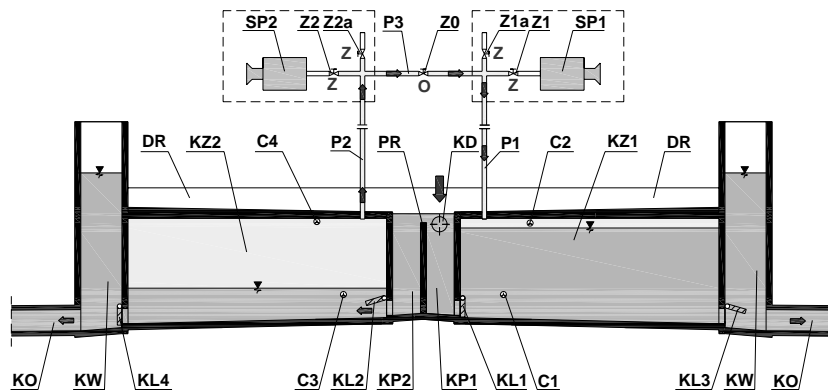
Po osiągnięciu poziomu dolnego czujnika C3 wyłączona zostaje sprężarka SP2 i jednocześnie zamknięty zawór Z2, dzięki czemu w komorze zbiorczej KZ2 zostaje zachowane sprężone powietrze (ciśnienie) (rys. 20).

Podczas pneumatycznego opróżniania komory zbiorczej KZ2 ciecz dopływająca do zbiornika napełnia ponownie komorę zbiorczą KZ1, która zawsze podczas działania sprężarki SP2 jest otwarta do atmosfery przez zawór Z1a. Zasada ta obowiązuje również w sytuacji odwrotnej, to znaczy, gdy następuje pneumatyczne opróżnianie komory zbiorczej KZ1 za pośrednictwem sprężarki SP1, a otwarty zawór Z2a łączy z atmosferą napełnianą w tym czasie komorę zbiorczą KZ2.



Rys. 20. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: stan całkowitego opróżnienia komory zbiorczej KZ2 i kontynuacja napełniania cieczą otwartej do atmosfery komory zbiorczej KZ1

Fig. 20. Schematic diagram of transfer reservoir – complete emptying of the second storage chamber and continuation of filling the first storage chamber



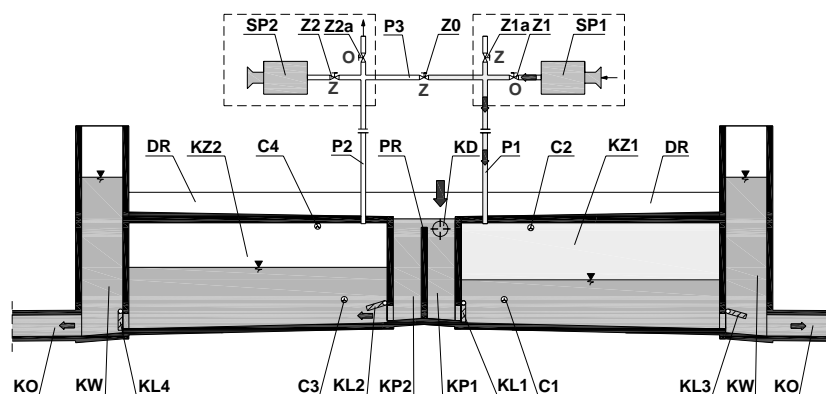
Rys. 21. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: opróżnianie komory zbiorczej KZ1 przez wyrównywanie ciśnienia powietrza w obydwu komorach zbiorczych zbiornika

Fig. 21. Schematic diagram of transfer reservoir – the process of the partial emptying of the first storage chamber through the balancing the air pressure in both separated from the atmosphere the storage chambers

Osiągnięcie stanu całkowitego napełnienia w pierwszej komorze zbiorczej KZ1 spowoduje za pośrednictwem górnego czujnika C2 zamknięcie zaworu Z1a i odcięcie jej od atmosfery. Równocześnie nastąpi otwarcie zaworu Z0, umożliwiając przepływ sprężonego powietrza z drugiej komory zbiorczej KZ2 do komory pierwszej KZ1. Tak zapoczątkowany zostaje proces częściowego opróżniania komory zbiorczej KZ1 przez wyrównywanie ciśnienia powietrza w obydwu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych (rys. 21).

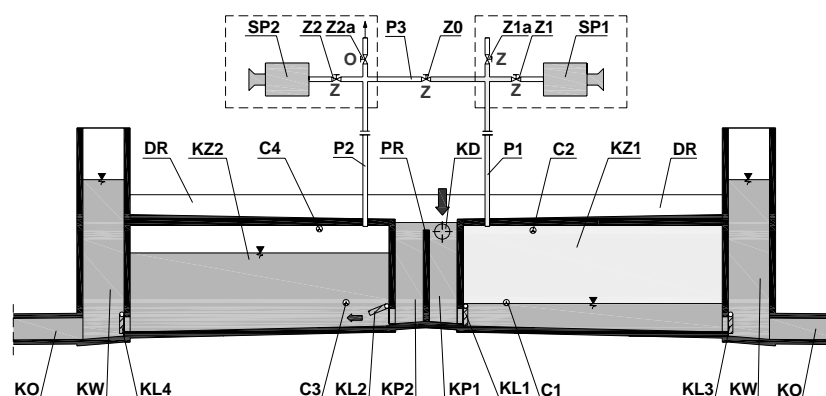
Wzrost ciśnienia powietrza w komorze zbiorczej KZ1 spowoduje zamknięcie kłapy KL1 i otwarcie kłapy KL3, umożliwiając tym samym przepływ cieczy z komory zbiorczej KZ1 do komory wieżowej KW (rys. 22).

Po zakończeniu procesu wyrównywania ciśnienia powietrza zamkniętego w obydwu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych zbiornika zostaje jednocześnie włączona sprężarka SP1, otwarty zawór Z1, zamknięty zawór Z0 i otwarty zawór Z2a (rys. 22). Sprężarka SP1 opróżnia już tylko częściowo napełnioną komorę zbiorczą KZ1 do czasu, gdy zwierciadło cieczy zrówna się z poziomem dolnego czujnika C1.



Rys. 22. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: kontynuacja opróżniania komory zbiorczej KZ1 za pomocą sprężarki SP1 i ponowne napełnianie cieczą połączonej z atmosferą komory zbiorczej KZ2

Fig. 22. Schematic diagram of transfer reservoir – continuation of emptying the first storage chamber at the participation the air-compressor and repeated filling the second storage chamber



Rys. 23. Schemat ideowy zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 i dalsze napełnianie otwartej do atmosfery komory zbiorczej KZ2

Fig. 23. Schematic diagram of transfer reservoir – complete emptying the first storage chamber and filing the second storage chamber

Podczas pneumatycznego opróżniania komory zbiorczej KZ1 następuje ponowne, równoczesne napełnianie cieczą komory zbiorczej KZ2, która jest połączona z atmosferą za pośrednictwem otwartego zaworu Z2a (rys. 22).

W chwili osiągnięcia przez ciecz poziomu dolnego czujnika C1 sprężarka SP1 zostaje wyłączona, a zawór Z1 zamknięty, przez co w komorze zbiorczej KZ1 ponownie zachowane zostaje sprężone powietrze (ciśnienie) (rys. 23).

Po całkowitym wypełnieniu cieczą komory zbiorczej KZ2 proces jej opróżniania, jak poprzednio, zostaje wznowiony. Takie naprzemienne napełnianie i opróżnianie komór zbiorczych zbiornika pozwala na przetrzucenie dopływającej do niego cieczy do odbiornika wodnego.

## 5. Podsumowanie

Opisany w niniejszym artykule zbiornik retencyjno-przerzutowy cieczy [7] stanowi alternatywne rozwiązanie w stosunku do przepompowni [1]. Zapewnia on oczekiwaną efektywność i niezawodność w działaniu. Jest rozwiązaniem prostym, które umożliwia właściwe jego wkomponowanie w otoczenie naturalnego środowiska. Pozwala na odprowadzenie ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika, niezależnie od chwilowego stanu jego napełnienia. Rozwiązanie tego typu może również znaleźć zastosowanie w przetrzucie ścieków do zlewni o wyższym położeniu wysokościowym, a także stanowić zbiorczy zbiornik przed oczyszczalnią, z którego ścieki odprowadzane będą do technologicznego procesu ich oczyszczania.

Początkowa wersja działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS zakładała prawie idealne warunki jego działania [4, 6, 8]. Złożony w tej wersji przemienne cykl napełniania i opróżniania komór zbiorczych wymagał zachowania równowagi tych procesów. Chodziło o utrzymanie stałej wartości natężenia dopływu ścieków do aktualnie wypełnianej komory i zapewnienie takiego samego odpływu z komory opróżnianej. Miało to gwarantować niezakłócone cykliczne działania zbiornika. W innym ujęciu tego problemu należało zrównać czas napełniania i opróżniania komór zbiorczych zbiornika. W praktyce uzyskanie takich warunków jest niemożliwe, dlatego musiał wystąpić efekt niecyklicznego działania komór zbiornika. Przy zróżnicowanych i mniejszych od nominalnej wartości natężeniach dopływu ścieków do zbiornika nie następuje całkowite, a jedynie częściowe wypełnienie drugiej komory w czasie opróżnienia komory pierwszej. Powoduje to, że po rozprężeniu powietrza w komorze pierwszej ponownie zostaje ona napełniana, a komora druga pozostaje tylko napełniona częściowo. Będzie się to powtarzało, dopóki komora druga w takich etapach nie napełni się całkowicie, włączając za pośrednictwem czujnika sprężarkę powietrza, która dokona jej opróżnienia. Prawdziwym jednak problemem jest zablokowanie możliwości akumulacyjnych komór zbiorczych. Może to wystąpić wówczas, kiedy następuje dopełnienie niewielką objętością komory drugiej, a w komorze pierwszej rozpoczął się proces jej opróżniania. Tworzy wówczas taki stan, że obie komory są w trakcie procesu opróżniania i nie mogą przyjmować ścieków do akumulacji. Następuje wówczas spiętrzenie stanu napełnienia w komorach przepływowej i przelewowej i tworzenie się retencji naturalnej w kanale dopływowym do zbiornika. Jeżeli naturalne warunki pozwalają na utworzenie bezpiecznej, choć krótkotrwałej retencji kanałowej, powodując spiętrzenie napełnienia w dopływie, to takie działanie zbiornika przerzutowego jest dopuszczalne. Jeśli



zaś warunki nie pozwalają na utworzenie krótkotrwałej cofki, to wówczas niezbędne jest zastosowanie dodatkowej komory retencyjnej w zbiorniku, np. na stropach komór zbiorczych.

Zastosowanie zbiornika w praktyce wymaga dokładnego przeanalizowania danych o zlewni, sieci kanalizacyjnej, urządzeniach i obiektach z nią współdziałających, aby na ich podstawie można było uzyskać minimalizację kosztów poniesionych na realizację rozważanej inwestycji [7].

*Praca naukowa finansowana w ramach badań statutowych nr BS-401-301/05.*

#### Literatura

- [1] Fidala-Szope M., *Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami ścieków opadowych z kanalizacji deszczowej i półrozdzielczej*, IOŚ, Warszawa 1997.
- [2] Geiger W., Dreiseitl H., *Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych*, Warszawa 1999.
- [3] Kisiel A., *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych – GEMINUS-T*, Biuletyn Urzędu Patentowego UP P 331776, Warszawa 03 III 1999.
- [4] Kisiel A., Mrowiec M., *Zbiornik przerzutowy ścieków deszczowych*, *Gospodarka Wodna* 12/2001, 511-514.
- [5] Kisiel A., *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych – PLUVIUS-P*, UP RP 190004, Warszawa 14 X 2005.
- [6] Malmur R., Kisiel A., *Energooszczędny zbiornik przerzutowy ścieków opadowych GEMINUS-ET*, Biuletyn Urzędu Patentowego UP P 373875, Warszawa 23 III 2005.
- [7] Malmur R., *Teoretyczno-eksperymentalna analiza hydraulicznego działania zbiorników retencyjno-przerzutowych*, rozprawa doktorska, Częstochowa 2006.
- [8] Mrowiec M., Malmur R., *Zbiornik przerzutowy ścieków deszczowych typu SKORPION z układem sprężarkowym*, *Gospodarka Wodna* 3/2004, 114-116.