

Ilona Guzowska

Higiena zbiorników wodociągowych

Bez wody nie można sobie wyobrazić nie tylko życia biologicznego na ziemi, ale także bez niej nie może się obejść praktycznie żadna dziedzina przemysłu. Dlatego też jej ilość i jakość to główne warunki zaspokojenia zapotrzebowania na wodę przez ludność i przemysł. Wodzie stawiane są określone wymagania, w zależności od jej przeznaczenia. Warunki, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze ujęte są w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [1] oraz w dyrektywach Unii Europejskiej [2], w których podane są cechy i wymagany skład fizyczno-chemiczny i bakteriologiczny wody. Ogólnie, woda przeznaczona do picia i na potrzeby gospodarcze nie może zawierać składników lub domieszek szkodliwych dla zdrowia, powinna być klarowna, orzeźwiająca, bez zapachu i bez nieprzyjemnego smaku, nie może mieć również cech wskazujących na jej zanieczyszczenie.

Ważnym zagadnieniem – obok ochrony ujęć i stacji uzdatniania wody – jest odpowiednie wykonanie i zabezpieczenie urządzeń wodociągowych służących do przesyłania i magazynowania wody przed możliwością zanieczyszczenia i obniżeniem jakości wody, w porównaniu do źródła zasilania. Na jakość wody w sieci wodociągowej wpływają następujące czynniki:

- skład fizyczno-chemiczny i bakteriologiczny wody wprowadzanej do sieci,
- temperatura wody,
- czas przesyłu wody,
- materiał przewodów wodociągowych, szczelne złącza i armatura,
- zastosowane materiały i rozwiązania techniczne zbiorników wody czystej.

Do przyczyn pogarszania się jakości wody, pomijając wypadki awarii, należą:

- kontakt wody z nieodpowiednim materiałem,
- przewymiarowana sieć już w fazie projektowania lub na skutek obniżenia się zużycia wody, czego rezultatem jest wydłużenie czasu przepływu wody w sieci i przetrzymania wody w zbiornikach,
- przenikanie zanieczyszczeń z zewnątrz.

Jakość wody

Woda wprowadzana do sieci wodociągowej nie zawsze jest całkowicie wolna od bakterii. Dodatkowym zagrożeniem stanowi warstwa mikroorganizmów osadzonych na wewnętrznej powierzchni rurociągów oraz kontakt powierzchni wody w zbiorniku z powietrzem wprowadzanym z zewnątrz, przy czym ważną rolę odgrywa czas przetrzymania, temperatura

i jakość wody (pożywki do rozwoju bakterii). Przetrzymywanie wody przez dłuższy czas w zbiorniku powoduje niekontrolowane rozmnażanie się mikroorganizmów, na skutek czego dopuszczalna liczba kolonii bakterii często zostaje przekroczona. Przeprowadzone badania wykazały, że po czasie przetrzymania w zbiorniku dłuższym niż 8 dób, woda bardzo często nie odpowiada wymaganiom jakościowym stawianym wodzie do picia [3].

Rezultatem zmniejszenia zużycia wody w ostatnich latach jest efekt przewymiarowania części sieci wodociągowej, wydłużenie czasu przetrzymania nadmiaru wody w zbiornikach, co w sumie powoduje określone problemy sanitarne. Częściowo przyczyny tego stanu leżą już w fazie projektowania lub też w niedbałym wykonawstwie budowlanym i niewłaściwym uzbrojeniu zbiorników wodociągowych. Ponieważ wiele starych zbiorników wodociągowych nie spełnia obecnych wymagań technicznych, dlatego też obserwuje się zapotrzebowanie na ich wymianę z powodu przestarzałej (sanitarnie wątpliwej) armatury lub szkód budowlanych. Często jedynym środkiem zapobiegającym lub likwidującym wtórne bakteriologiczne skażenie wody jest jej dezynfekcja preparatami chlorowymi, które na skutek reakcji z mikrozanieczyszczeniami obecnymi w wodzie mogą tworzyć szkodliwe dla zdrowia produkty uboczne. Dlatego należy dołożyć wszelkich starań, aby dodatkową lub czasami jedyną dezynfekcję wody w przypadkach nieskażonych ujęć wody (np. wody podziemne), można było wyeliminować i jednocześnie zachować higienę jej dostawy.

Wybór materiału

Do głównych wymagań dotyczących budowy wodociągów i zachowania bezpieczeństwa sanitarnego można zaliczyć:

- zastosowanie znormalizowanych części,
- niskie nakłady remontowe,
- zastosowanie trwałych materiałów,
- zastosowanie materiałów nietoksycznych i nie budzących zastrzeżeń pod względem higienicznym.

Najbardziej zalecanym materiałem do stosowania w wodociągach jest bez wątpienia wysokogatunkowa stal, popularnie zwana stalą nierdzewną. Norma niemiecka DIN 17440 [4] dotyczy 500 różnych stali wysokiego gatunku, co umożliwia wybranie najlepszego materiału dla każdego przypadku projektowania konstrukcji budowlanych i stosowania różnych urządzeń. Wybór stali wysokogatunkowej do budowy przeznaczonych do gromadzenia wody do picia dotyczy konkretnie rodzaju stali oznaczonych numerami 1.4301, 1.4541 i 1.4571, których wybrane właściwości i zalety przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Wybrane właściwości wysokogatunkowej stali w aspekcie jej zastosowania w obiektach wodociągowych

Właściwość	Zaleta	Użyteczność
Rozstapialność	wtórne wykorzystanie	niskie obciążenie środowiska
Nietoksyczność	higiena	czysta woda do picia
Gładka powierzchnia	brak osadzania, niskie opory przepływu	aseptyczność, małe straty energii przepływu
Wolna od migracji metali	neutralność w smaku	utrzymanie dobrego smaku
Wysoka wytrzymałość na obciążenia mechaniczne	bezpieczeństwo funkcjonowania	bezawaryjność
Podatność na spawanie i obróbkę	różnorodność rozwiązań	zastosowanie w złożonych konstrukcjach
Niski ciężar	lekki rodzaj zabudowy	prosta zabudowa i obsługa
Odporność termiczna i mechaniczna	niskie zużycie materiałów, niske możliwości zniszczenia	pewna eksploatacja, dobre zabezpieczenie obiektu
Wysoka odporność na korozję	długowieczność	rentowność kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych
Metaliczny połysk powierzchni	powierzchnia nie wymaga dodatkowych zabiegów	zadbany wygląd

Stale te, w przeciwieństwie do tzw. stali normalnych i żeliwa, nie wymagają żadnego dodatkowego zabezpieczenia przeciwkorozyjnego [5,6]. Przy wyborze rodzaju stali ważnym elementem jest uwzględnienie możliwości stosowania danego rodzaju stali w zależności od zawartości chlorków i chloru wolnego w wodzie. Efektywność zastosowania wysokogatunkowej stali zależy od spełnienia warunków stawianych przy jej obróbce i eksploatacji [7]. Tylko odpowiednie przestrzeganie technologii spawania i jej obróbki po spawaniu, zabezpieczenie przed bezpośrednim kontaktem z innymi metalami podatnymi na korozję (np. przy łączeniu stali za pomocą śrub, użycie nieodpowiednich narzędzi, złe magazynowanie), zapewnienia stali wysokogatunkowej zachowanie właściwości aseptycznych i odporność na korozję przez bardzo długi czas eksploatacji.

Przepływ wody w zbiornikach wodociągowych

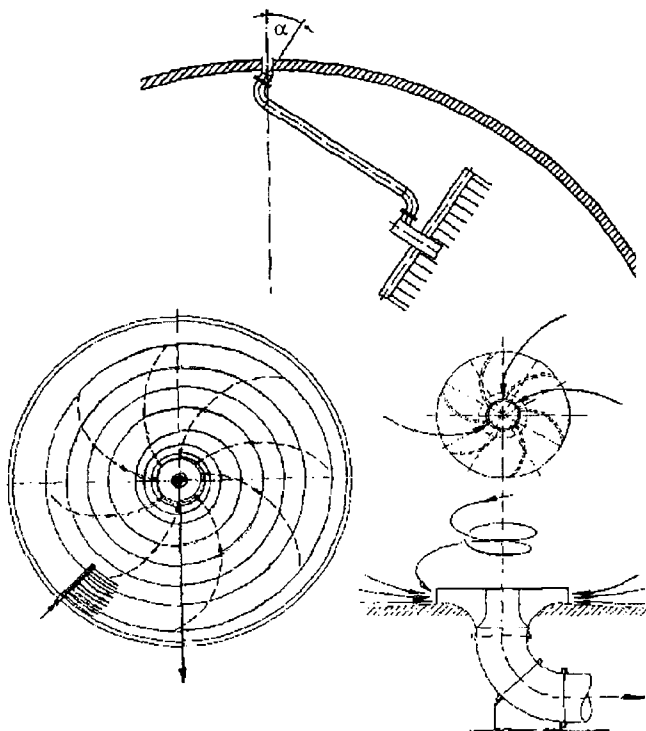
Właściwe rozproszanie strumienia dopływającej wody w zbiorniku i sposób jej odprowadzenia ze zbiornika mają ogromny wpływ na utrzymanie jego higieny. Najczęstszą przyczyną wtórnego skażenia wody w zbiorniku jest zbyt mały ruch wody w zbiorniku, powodujący uwarstwienia temperaturowe i powstawanie martwych stref, następstwem czego jest powstawanie korzystnych warunków do rozmnażania bakterii i innych mikroorganizmów.

Konwencjonalne rozwiązania dopływu wody do zbiorników wodociągowych są na ogół konstrukcją stałą i doprowadzenie wody w stosunku do poziomu wody w zbiorniku jest stałe. Jednak rzadko eksploatowane są zbiorniki o stałej wartości dopływu i odpływu wody. Zmienne zwierciadło wody powoduje zmianę hydrologiki przepływu, przez co nie może być zapewniony jej stabilny przepływ i uniknięcie martwych stref. Dopływ wody do zbiornika ponad powierzchnią zwierciadła wody nie jest rozwiązaniem zapewniającym odpowiedni

przepływ wody. Podobnie dopływ wody w dolnym obszarze zbiornika przy pełnym zbiorniku nie wywołuje ruchu na powierzchni zbiornika, co jest przyczyną zanieczyszczenia wody przez jej długi kontakt z powietrzem znajdującym się w zbiorniku lub napływającym z zewnątrz.

Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne doprowadzenia i odprowadzenia wody w zbiorniku muszą przeciwdziałać powstawaniu tych niekorzystnych warunków, bez konieczności zabudowy dodatkowych urządzeń mechanicznych do wymuszania ruchu wody (np. mieszałki).

Przykładem właściwego rozwiązania stosowanego w zbiornikach kołowych (rys.1) są konstrukcje dopływu i odpływu wody wykonane z wysokogatunkowej stali.

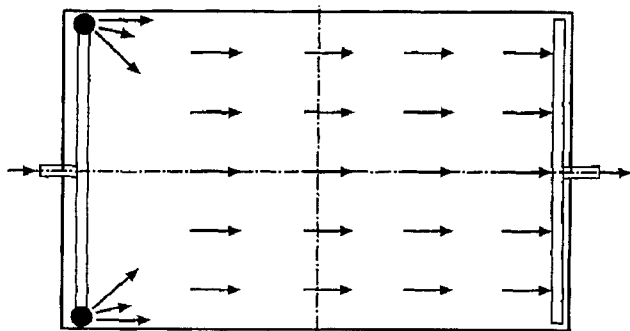


Rys. 1. Rozwiązanie przepływu wody w zbiorniku okrągłym (Hans Huber GmbH, RFN)

Konstrukcja dopływu wykonana jest z perforowanej rury o przegubowym połączeniu z przewodem doprowadzającym wodę, która – utrzymując się na powierzchni zwierciadła wody w zbiorniku – powoduje ciągłą wymianę wody na powierzchni i wirowy ruch wody w całym zbiorniku [8]. Odpływ wody ze zbiornika odbywa się przez zabudowaną w centralnym punkcie dna zbiornika konstrukcję podobną do turbiny. W czasie przepływu wody przez łopatki kierownicy wywołany jest spokojny ruch spiralny wody w zbiorniku, bez ostrych zawirowań.

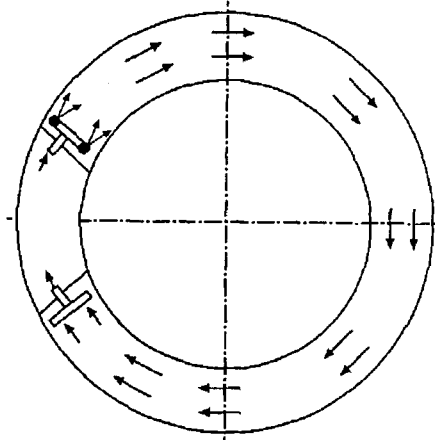
Zminimalizowane są także straty hydrauliczne na wypływie. Spiralny przepływ wody w kołowych zbiornikach wodociągowych jest najlepszym rozwiązaniem zapewniającym odpowiedni ruch wody. Dzięki zastosowaniu obu konstrukcji, tzn. dopływu i odpływu, spiralny ruch wody odbywa się w jednym kierunku, zgodnie z siłą odśrodkową, który utrzymuje się także przez pewien czas w okresach przerw w dopływie wody.

Rozwiązanie dopływu i odpływu wody w prostokątnych zbiornikach wodociągowych, w celu osiągnięcia najlepszego przepływu wody, przedstawia rysunek 2 [8].



Rys. 2. Rozwiązanie przepływu wody w zbiorniku prostokątnym
(Hans Huber GmbH, RFN)

Doprowadzenie i odprowadzenie wody odbywa się przy pomocy perforowanych rur z wysokogatunkowej stali, umieszczonych przy przeciwnych czołowych ścianach zbiornika. Z jednej strony woda wprowadzana jest do zbiornika przez rury usytuowane pionowo, co zapewnia jej równomierne rozprowadzenie na całej głębokości zbiornika. Naprzeciwko, na drugim końcu zbiornika, rura odpływu, ułożona poziomo na dnie wzdłuż całej ściany, służy do równomiernego odbioru wody. Wynikiem zastosowania takiego rozwiązania dopływu i odpływu jest ruch wody na całej długości i głębokości zbiornika oraz minimalne straty hydrauliczne na odpływie. Przy dopływie wody większym od odpływu, lub w czasie przerw w odpływie, woda pozostaje w ruchu obiegowym. Intensywność ruchu wody zależy od stosunku wysokości zwierciadła wody do długości zbiornika. Podobne rozwiązania konstrukcyjne może być zastosowane w pierścieniowych zbiornikach wodnych (rys.3) [8].



Rys. 3. Rozwiązanie przepływu wody w zbiorniku pierścieniowym
(Hans Huber GmbH, RFN)

Wentylacja zbiorników wodociągowych

Z uwagi na dużą powierzchnię zwierciadła wody w zbiornikach czystość kontaktującego się z wodą powietrza odgrywa bardzo ważną rolę. Wysokość zwierciadła wody w zbiorniku ulega wahaniom. Podczas napełniania zbiornika zwierciadło wody podnosi się i następuje odprowadzenie powietrza, natomiast przy obniżaniu się zwierciadła wody następuje zasysanie powietrza z zewnątrz. W czasie trwania tzw. procesu oddychania zbiornika, obok tlenu i azotu do wody dostają się także cząstki stałe obecne w powietrzu. Średnio 1 m³ powietrza zawiera około 40 mln cząstek stałych. Orientacyjną zawartość bakterii i pyłów w zależności od warunków miejscowych przedstawia tabela 2 [6].

Tabela 2. Orientacyjna zawartość bakterii i pyłów w powietrzu, w zależności od warunków miejscowych, bez uwzględnienia pór roku i lokalnych wahań

Miejsce	Liczba bakterii kol./m ³	Stężenie pyłów mg/m ³
Wolna przestrzeń w górach	100-400	0,050-0,135
Osiedle mieszkaniowe o luźnej zabudowie	200-500	0,100-0,450
Centrum miasta o dużym nasileniu ruchu	300-2000	0,250-5,000
Tereny przemysłowe	500-5000	10-250

Na przykład, dla zbiornika o pojemności 1000 m³, przy wymianie powietrza około 190 tys. m³ i usytuowaniu go na średnio zagospodarowanym terenie, do zbiornika wprowadzanych zostaje wraz z nieoczyszczonym powietrzem około 75 mln bakterii i 7600 mld cząstek stałych. W wypadkach skażonego powietrza wartości tych zanieczyszczeń mogą być większe. Stąd też sposób wentylacji zbiorników wodociągowych jest ważnym zagadnieniem w utrzymaniu ich higieny. Nieprawidłowa wentylacja może być powodem niekorzystnych zmian cech organoleptycznych wody i prowadzić do jej wtórnego skażenia bakteriologicznego. Błędne rozwiązania wentylacji zbiorników wodociągowych polegają m.in. na:

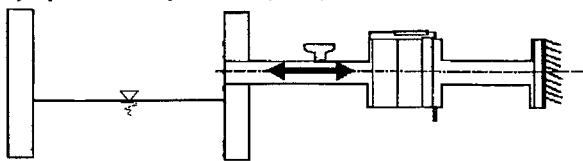
- bezpośrednim odprowadzaniu i doprowadzaniu powietrza przez otwory umieszczone nad zwierciadłem wody, co powoduje wtargnięcie zanieczyszczeń do komór wodnych,
- rozwiązaniu wentylacji komory wodnej bezpośrednio z pomieszczenia przylegającego, w którym znajdują się rurociągi i armatura; w pomieszczeniu tym, na skutek wilgotnego powietrza odprowadzanego z komór wodnych, tworzy się kondensat stanowiący doskonałe warunki do rozwoju mikroorganizmów,
- rozwiązaniu wentylacji zbiornika przez rurociąg przelewu nadmiaru wody w zbiorniku; brak możliwości odwodnienia tego rurociągu stwarza dogodne warunki do rozwoju bakterii.

W celu utrzymania higieny w zbiorniku wodociągowym zalecana jest wentylacja, przy której doprowadzenie świeżego powietrza odbywa się przez wlot powietrza umieszczony nie bezpośrednio nad komorą wody i zaopatrzony w odpowiednie filtry [5]. Filtry powietrza można podzielić na trzy kategorie:

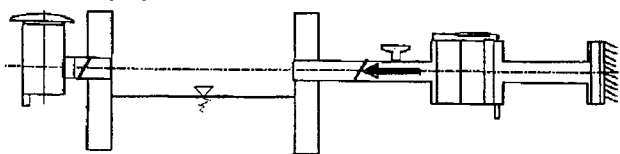
- do oczyszczania zgrubnego (siatki), zatrzymujące duże cząstki pyłu, insekty, liście itp.,
- drobne, wykonane np. z włókna szklanego, które mogą zatrzymać cząstki większe od 1 µm; nie dają one jednak pełnego efektu oddzielenia zanieczyszczeń i nie zabezpieczają przed skażeniem wody,
- wysokosprawne, wykonane np. z odpowiednio ukształtowanego mikrofazowego papieru o dużej zdolności oddzielania aerozoli zawartych w powietrzu.

Właściwa filtracja powietrza wprowadzanego do komór zbiorników wody do picia powinna obejmować 3-stopniowe oczyszczanie, zakończone filtrem wysokosprawnym. Dodatkowo filtry można uzupełnić wkładką z węgla aktywnego, np. w wypadkach możliwości zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi, nieprzyjemnymi oparami (gnojowica, przemysł chemiczny). Różnica w kosztach w zależności od wyboru filtru jest znaczna, lecz dla zabezpieczenia i utrzymania higieny wody przeznaczonej do picia nie powinno być wątpliwości co do celowości takiej inwestycji. Przykłady rozwiązań wentylacji zbiorników z zastosowaniem filtru przedstawia rysunek 4.

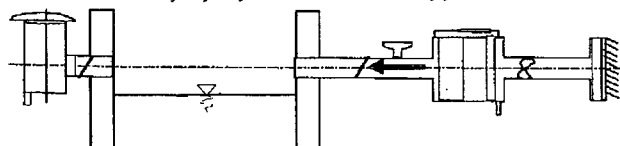
Wentylacja naturalna z jednostronnym doprowadzeniem i odprowadzeniem



Wentylacja z oddzielnym doprowadzeniem i odprowadzeniem



Wentylacja wymuszona ze stabilizacją ciśnienia



Rys. 4. Rozwiązania wentylacji zbiorników z zastosowaniem filtra powietrza

Najwyższy stopień zabezpieczenia higieny zbiorników wodociągowych zapewnia system wentylacji wymuszonej ze stabilizacją ciśnienia, lecz jest on znacznie droższy od systemu wentylacji naturalnej.

Na efektywność działania wentylacji z zabudowanym filtrem ma ogromny wpływ szczelność całej instalacji oraz zabezpieczenie komór zbiornika przed możliwością przedostania się powietrza innymi kanałami. Dlatego należy zwrócić uwagę na szczelne zamknięcia włączów, przejść przewodów wodociągowych przez ściany komór zbiornika itp. Kanały wentylacyjne powinny być zaizolowane, w celu niedopuszczenia do tworzenia się w nich kondensatu.

Zabezpieczenie obiektu

Zabezpieczenie budowli wodociągowych przed wandalizmem, czy też celowym, szkodliwym działaniem, odgrywa ważną rolę w utrzymaniu ich higieny [9]. Przy budowie zbiorników wody do picia [5] zalecane jest ograniczenie do minimum liczby otworów (drzwi, okna, otwory wentylacyjne). Otwory te muszą być zabezpieczone mocnymi konstrukcjami z materiału odpornego na zniszczenie [5]. Najlepszym materiałem jest wysokogatunkowa stal. Przy doborze jej rodzaju należy uwzględnić otaczające środowisko (tab.3). Okna winny być okratowane lub oszklone specjalnymi szybami przeciwwłamaniowymi. Drzwi muszą mieć bezpieczne zamknięcie. Odpowiednie ogrodzenie obiektu utrudnia wejście osobom

Tabela 3. Dobór rodzaju wysokogatunkowej stali nierdzewnej (DIN 17440)

Położenie obiektu	Stal nr 1.4301	Stal nr 1.4541	Stal nr 1.4571
Otoczenie wiejskie lub normalna atmosfera miejska	odpowiednia	odpowiednia	odpowiednia
Środowisko mocno obciążone, środowisko przemysłowe	warunkowo odpowiednia	warunkowo odpowiednia	odpowiednia
Środowisko morskie z zawartością soli w atmosferze	nieodpowiednia	nieodpowiednia	odpowiednia

postronnym i stwarza dodatkowe utrudnienia przy planowanym napadzie. Obiekty bez stałego dozoru powinny być wyposażone w system alarmowy z dalekosiężnym przekazywaniem informacji. Bez wątpienia ważna jest pewność działania tych systemów. Jako sprawdzone można wymienić:

- kontakty w drzwiach i oknach z ewentualnym sygnalizatorem słuchania szyby,
- sygnalizator ruchu,
- podgląd kamerą wideo najważniejszych obiektów i przegląd telewizyjny (w wypadku stałej obsługi w centrali).

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 4 maja 1990 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. Dziennik Ustaw nr 35, poz. 205.
2. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities, 1998, No. L 330/32, EN, pp. 1–23.
3. Barn/Eisenbart Vedewa Stuttgart. Kommunale Vereinigung f. Wasser, Abfall- und Energiewirtschaft.
4. Norma niemiecka DIN 14770.
5. Dyrektywy i zalecenia Niemieckiego Zrzeszenia Gospodarki Wodnej. DVGW – Regelwerke, Arbeits- und Merkblätter.
6. Materiały firmy DELBAG–LUFTFILTER GmbH, RFN.
7. Zasady obróbki i eksploatacji stali odpornej na korozję. Mat. firmy Hans Huber GmbH, Maschinen- und Anlagenbau, Berching, RFN.
8. Rozwiązania konstrukcyjne firmy Hans Huber GmbH Maschinen- und Anlagenbau, Berching, RFN.
9. Materiały firmy GRUNDIG–PLETTAC, RFN.

Sanitary Conditions of Drinking Water Storage Tanks

The primary objective of the study was the problem of bacteriological quality control of water in storage tanks. Consideration was given to the sanitary condition of the stored water (e.g., too long storage time, origin and the effect of dead zones in the tanks, usage of proper construction materials, ambient air, etc.). On the example of some designs offered by Huber Technology (Germany), the construction of the inflow and outflow in the storage tanks was analyzed with the aim to provide

the desired water flow within the tank and to minimize the occurrence of dead zones. Emphasized was the necessity of using high-grade steel (or similar high-quality materials) for the construction of fittings as well as of some parts of the storage tanks. The study also substantiated the need of installing an air filter in order to prevent penetration of airborne pollutants into the treated water collected in the storage tanks.