

► Anna Charkowska\*

Nietypowe, aczkolwiek ciekawe instalacje

# Instalacje w hipopotarium i akwarium morskim w Warszawskim ZOO



Na wiosnę 2010 roku nastąpiło w Warszawskim ZOO otwarcie, mieszczących się w jednym obiekcie, hipopotarium i akwarium morskiego, wyposażonych w nowoczesne, nowatorskie i jedyne w Polsce tego rodzaju instalacje przygotowania wody i powietrza. Obiekt służy do hodowli i ekspozycji hipopotamów nilowych oraz dużych, drapieżnych ryb morskich (druga, popularna nazwa akwarium to rekinarium).



## ■ Mieszkańcy

Nim przejdziemy do omówienia instalacji, poznamy mieszkańców i ich zwyczaje oraz wymagania, które miały decydujący wpływ na założenia projektowe.

- Hipopotarium obecnie zamieszkują dwa hipopotamy nilowe (gatunek zagrożony wyginięciem, wpisany w 1984 roku do II Załącznika Konwencji Waszyngtońskiej): Hugo 8-latek i 27-letnia Pelagia, która w 2011 roku, po śmierci 48-letniej hipopotamicy Anielki, przyjechała z Berlina, ale urodziła się we wrocławskim zoo w 1985 roku. W basenie wraz z hipopotamami pływają jazie, karpie, amury, tołpygi pstre, piranie paku i jesiotry.
- Najważniejszym mieszkańcem akwarium jest tawrosz (tygrys piaskowy) – rekin pochodzący z mórz południowych, od 2006 roku wpisany na listę gatunków, którym grozi wyginięcie. Oprócz niego w akwarium pływa-

ją: blisko dna niewielki rekin arabski z Morza Czerwonego, żółte zebrosomy, pasiaste argusy i ławica innych ryb z mórz tropikalnych i raf koralowych.

## Tryb życia i odżywianie hipopotamów

Hipopotamy prowadzą ziemno-wodny tryb życia. W wodzie rozmnażają się, rodzą i karmią młode, wydalają, odpoczywają, a także śpią. W warunkach naturalnych nocą mogą wędrować w płytkiej wodzie na odległość do kilkunastu kilometrów. Dodatkowym celem przebywania w wodzie jest regulacja temperatury ciała w wyniku jego ochłodzenia i ochrona skóry przed wysuszeniem. Dzienna porcja żywienia to około 1,5% masy ciała (mogą ważyć do 3,5 ton). Warszawskie hipopotamy (poza owocową przekąską w południe) po zamknięciu zoo otrzymują kolację w swoich boksach w części zagrodowej. Zjadają dzienne około 20-30 kg

\* dr inż. Anna Charkowska, Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Politechnika Warszawska

pożywienia składającego się z: siana, zielonki, miękkich gałęzi z liśćmi (m.in. wierzbowych), buraków, marchwi, miękkich owoców (np. jabłek), pociętych na ćwiartki arbuźów i dyni, słomy wspomagającej proces trawienia oraz pełnowartościowego granulatu białkowego.

Mają zwyczaj znaczenia swojego terytorium przez rozpryskiwanie odchodów ogonem wokół siebie w promieniu kilku metrów, co w połączeniu z faktem, że wydalają do wody, stanowi istotny problem eksploatacyjny dla instalacji oczyszczających i przygotowujących wodę basenową.

### Zwyczaje tygrysów piaskowych

Tawrosze prowadzą aktywne życie przede wszystkim nocą. W warunkach naturalnych najchętniej przebywają na głębokości 15-20 metrów. Żywią się rybami i polują na małe rekiny i płaszczyki. Osiągają długość do 4 m. W warszawskim akwarium tawrosz otrzymuje do jedzenia 1-2 sole trzy razy w tygodniu, kalmary, ośmiornice, mątwy i inne ryby łososiowate (pstrągi) oraz jod (mieszkanie w akwarium powoduje wrażliwość na niedobór jodu).

### Wymagania ciepłno-wilgotnościowe

Ze względu na warunki zdrowotne i przyzwyczajenia hipopotamów, temperatura wody w przeznaczonym dla nich basenie zewnętrznym nie może spaść poniżej wartości 10°C. Basen użytkowany jest od kwietnia do października i – biorąc pod uwagę spadek temperatury wody – konieczne jest jej ogrzewanie. Skutkiem kąpieli hipopotamów w zimniejszej wodzie byłyby przeziębienia i infekcje, poza tym zwierzęta te po prostu nie wchodzi do wody o temperaturze niższej niż 10°C. Temperatura wody w basenie we-

wnętrznym wykorzystywanym przez cały rok utrzymywana jest w zakresie 16-24°C. Tawrosz jest bardzo wrażliwy na zmianę warunków termicznych w akwarium, dlatego konieczne jest utrzymanie stałej temperatury wody z niewielką tolerancją, czyli 25°C±1. W przypadku ogrzania lub ochłodzenia wody przekraczającego dopuszczalny zakres, rekin stanie się albo ospały, albo agresywny.

Temperatura powietrza wewnętrznego w rejonie widowni, basenu i plaży w hipopotarium latem utrzymywana jest na poziomie 27°C, a zimą w obszarze widowni 18-22°C. Takie same wartości temperatury powietrza zapewnione są w rejonie widowni i na zapleczu akwarium morskiego.

### Akta prawne

W rozporządzeniu ministra środowiska z dnia 20 grudnia 2004 r. zamieszczone zostały wy-

magania dotyczące warunków hodowli i utrzymywania poszczególnych grup gatunków zwierząt w ogrodzie zoologicznym (Dz.U. 2005 nr 5 poz. 32). W załączniku do tego rozporządzenia znajduje się wykaz minimalnych warunków przestrzennych dla hodowli i utrzymania zwierząt poszczególnych gatunków lub grup gatunków.

Na mocy rozporządzenia, dla hipopotamów nilowych konieczna jest powierzchnia pomieszczenia zewnętrznego wynosząca co najmniej 150 m<sup>2</sup> dla pary oraz dodatkowe 30% powierzchni dla każdego kolejnego osobnika, a pomieszczenia wewnętrznego: 50 m<sup>2</sup> dla pary plus 20% dla każdego kolejnego osobnika. Niezbędnym wyposażeniem jest basen.

Dla ryb morskich niezbędne jest minimum 100 dm<sup>3</sup> wody. Maksymalna obsada ryb w akwarium morskim powinna wynosić 1 cm długości ryby na 4 dm<sup>3</sup> wody.

Jakość wody powinna odpowiadać parametrom charakterystycznym dla rejonów pochodzenia danego gatunku i spełniać następujące warunki:

- temperatura: 0-25°C dla ryb strefy umiarkowanej, 15-30°C dla ryb strefy subtropikalnej, 22-28°C dla ryb strefy tropikalnej,
- stopień twardości: 0-30°dH,
- wartość pH: 7-8,5,
- dopuszczalna zawartość substancji szkodliwych:
  - azotyny: poniżej 0,1 mg/dm<sup>3</sup>,
  - azotany: poniżej 20 mg/dm<sup>3</sup>,
  - stopień zasolenie: 2-40 g/dm<sup>3</sup> (2-40‰).

### Opis obiektu

Hipopotarium wraz z panoramicznym akwarium morskim to nowo wybudowany, wolno stojący budynek, w głównej części 1-kondygnacyjny z nadbudowaną częścią socjalną i wentylatornią.



Basen zewnętrzny dla hipopotamów użytkowany jest od kwietnia do października, basen wewnętrzny to hala tropikalna o odpowiednich warunkach wilgotnościowych



Fot. Ewa Ziolkowska/ZOO Warszawa

Panoramyczne akwarium morskie i jego główny mieszkaniec – rekin tawrosz

Powierzchnia użytkowa obiektu wynosi 481 m<sup>2</sup>, powierzchnia zabudowy: 1321 m<sup>2</sup>, kubatura: 7200 m<sup>3</sup>.

W obiekcie wyróżnione są 3 grupy pomieszczeń:

- basen wewnętrzny dla hipopotamów wraz z plażą i dwupoziomą widownią (część zwana szklarnią), zagroda z 4 boksami noclegowymi oraz basen zewnętrzny,
  - akwarium morskie wraz z widownią i zapleczem,
  - zespół pomieszczeń socjalnych, technicznych, technologicznych i magazynowych.
- Pomieszczenia przeznaczone dla publiczności łączą hipopotarium i rekinarium.

Basen wewnętrzny wykonany jako niecka betonowa ma powierzchnię całkowitą około 115 m<sup>2</sup> i objętość 215 m<sup>3</sup>, a basen zewnętrzny

(betonowy) powierzchnię 200 m<sup>2</sup> (25x16 m), objętość 240 m<sup>3</sup>.

Nad wewnętrznym basenem dla hipopotamów został wykonany dach typu szklarniowego z uchylnymi oknami, których otwieranie jest sterowane automatycznie.

Jednym z trzech charytatywnych celów tegorocznego, planowanego na 15 września, marszu pod nazwą Ecco Walkathon jest zebranie funduszy na powiększenie trawiastego wybiegu zewnętrznego dla hipopotamów tak, aby mogły one w nocy spędzać tam czas.

W części budynku przeznaczonej na rekinarium znajduje się żelbetowy ekspozycyjny zbiornik wodny w kształcie wycinka walca o powierzchni około 41 m<sup>2</sup> i objętości 90 000 litrów (90 m<sup>3</sup>), z wygiętą w kształcie łagodnego łuku panoramiczną szybą akrylo-

wą o wymiarach 9,6x2,7 m i grubości 14 cm (fragment takiej szyby prezentowany jest jako eksponat na ścianie obok akwarium), a także zbiornik kwarantannowy z tworzywa sztucznego o powierzchni około 4,6 m<sup>2</sup> i objętości 4,1 m<sup>3</sup>. W rekinarium mieści się też m.in. widownia i eksponaty dydaktyczne.

## Instalacje wodne

### Hipopotarium

Dla dwóch basenów dla hipopotamów wykonano **dwie odrębne, różniące się sposobem uzdatnienia wody, instalacje technologiczne.**

**W basenie wewnętrznym** hipopotamy i towarzyszące im ryby pływają przez cały rok. Proces uzdatnienia wody rozpoczyna się od

odprowadzenia wody z basenu za pomocą górnych przelewów w sposób grawitacyjny do zbiornika przelewowego. Zbiornik przelewowy jest zaprojektowany na przejście wody wypieranej przez wchodzące do basenu trzy hipopotamy oraz wody wylewanej w wyniku falowania. Ze względu na ubytki wody, woda w basenie automatycznie uzupełniana jest wodą wodociągową. Wydatek uzdatnionej wody obiegowej to 90 m<sup>3</sup>/h. Woda ze zbiornika jest wstępnie oczyszczana na mikrosicie bębnowym, skąd spływa grawitacyjnie do studni. 90% wody pompowane jest na dwa filtry piaskowe z tworzywa sztucznego, mające usunąć z wody zanieczyszczenia mechaniczne, zawiesiny i cząstki koloidalne, a potem, po wstępnym podgrzaniu do temperatury 20-22°C, jest kierowane do wlotów dennych znajdujących się w pobliżu szklanej ściany basenu.

W ciągu dnia, gdy hipopotamy przebywają w basenie, realizowana jest cyrkulacja wody. Woda filtrowana jest w filtrze piaskowym, w stacji ozonowej dezynfekowana i uzdatniana w celu utlenienia niepożądanych związków organicznych oraz oczyszczana na filtrze węglowym ze związków organicznych, które mogłyby stanowić pożywienie dla rozwoju mikroorganizmów i kierowana do dysz znajdujących się w strefie wejściowej do basenu. Zarówno płukanie filtrów piaskowych, jak i węglowego odbywa się ręcznie z wykorzystaniem pobieranej z rurociągów wody czystej. W nocy cała ilość wody wpływa przez dysze w strefie wejściowej basenu. Powstający silny strumień wody ma spowodować przepychanie zanieczyszczeń ze schodów basenu w kierunku części głębszej, do znajdujących się tam króćców. Zastosowano dodatkową pompę w celu odsysania zanieczyszczeń z dna basenu w jego głębszej

części. Zanieczyszczona woda przepływa przez mikrosito bębnowe.

W celu umycia basenu przewidziano całkowite jego opróżnianie co dwa miesiące, a później ponowne napełnienie wodą wodociągową przez zbiornik przelewowy, mikrosito, filtry piaskowe.

**Dla basenu zewnętrznego** użytkowanego przez całą dobę w okresie od kwietnia do października przewidziano wydatek wody także wynoszący 90 m<sup>3</sup>/h. W tym okresie woda powinna być wymieniana co dwa tygodnie, czyszczona niecka basenowa i konserwowane urządzenia technologiczne. Tak samo jak w basenie wewnętrznym proces uzdatniania wody rozpoczyna się od grawitacyjnego odprowadzenia wody z basenu przez górne przelewy. Woda wpływa do fosy. Do niej także wprowadzana jest uzupełniająca woda wodociągowa. Woda pompami tłoczona jest na mikrosito w celu jej wstępnego mechanicznego oczyszczenia i spływa do studni. Następnie pompowana jest na filtry ukośne. W wyniku naporu słupa wody woda przepływa do wlotów dennych w basenie. Także w tym basenie jest dodatkowa pompa do okresowego odsysania zanieczyszczeń z dna głębszej części basenu.

**Dla obu basenów w celu oczyszczenia dna oraz szyb zaproponowano w projekcie wykorzystanie odkurzacza podwodnego.**

#### Zraszanie szklarni

W hali tropikalnej wilgotność powietrza wynosi około 80%. W celu zapewnienia właściwych warunków wilgotnościowych dla roślin tropikalnych i hipopotamów, odbywa się zamgławianie za pomocą systemu zraszającego.

Wykorzystywana jest woda po odwróco-

nej osmozie i deszczówka zbierana ze szklanej kopuły hali. Woda ta spływa rynnami do zbiornika przez ssak oczyszczający ją z cząstek zanieczyszczeń (fragmenty roślin) i pompami podawana do systemu zraszania. Działanie zraszania jest sterowane aktualną wartością wilgotności względnej powietrza wewnętrznego.

#### Akwarium morskie

Do zbiornika ekspozycyjnego dla ryb morskich, użytkowanego przez cały rok, wpływa woda w ilości 90 m<sup>3</sup>/h. W akwarium i w systemie filtracji znajduje się łącznie około 100 ton wody. Woda, uprzednio zdeminielizowana w procesie odwróconej osmozy, jest specjalnie przygotowana przez – konieczne w przypadku hodowli ryb morskich – zasolenie (stężenie 33‰) w wyniku dodania specjalnej soli syntetycznej przeznaczonej do zbiorników morskich.

Podczas uzdatniania woda spływa grawitacyjnie przez przelew górny i kratę do wstępnego oczyszczania mechanicznego odbywającego się w znajdującym się w pomieszczeniu zaplecza akwarium zbiorniku zawierającym, jako część wypełnienia, złożo z żywą skałą (rumosz skalny, tutaj zastosowano tłuczeń koralowy, czyli luźne, drobne fragmenty, które w sposób naturalny odpadły z rafy koralowej). Na złożu skalnym, ważącym około 10 ton, rozwijają się makroglony, zwane potocznie wodorostami.

Woda przepływając przez rumosz, wzbogaca się o florę bakteryjną. Odbywa się tam cały cykl azotowy, polegający na pojawieniu się odpowiednich bakterii nitryfikacyjnych w akwarium, które pomagają w przemianie amoniaku w azotyny, a następnie w przekształcaniu azotynów w azotany.

Amoniak w akwarium pojawia się jako sku-



Aby zapewnić wilgotność 80% w hali tropikalnej, konieczne jest zamgławianie za pomocą systemu zraszającego

tek przemiany materii (czyli z odchodów ryb) oraz z procesów gnilnych odpadów niezjedzonego pokarmu. Azotyny są równie toksyczne dla ryb jak amoniak. W ograniczonej ilości wody w akwarium, może wystąpić stężenie zabójcze dla ryb. Azotany są względnie niegroźne dla ryb, ale powyżej pewnego stężenia również nie są dla nich obojętne. Następnie woda jest kierowana do odpieniacza białek, w którym zachodzi usunięcie z wody nierozpuszczonych i rozpuszczonych zanieczyszczeń w wyniku flotacji. Proces oczyszczania wspomagany jest przez ozon wytwarzany w generatorze z tlenu z powietrza atmosferycznego. Powstająca piana usuwana jest do kanalizacji.

Pozostałe stopnie uzdatniania wody to:

- biologiczny filtr ze złożem zraszającym z wypełnieniem z polietylenu,
- filtry z węglem aktywnym służące do ad-

sorpcji rozpuszczalnych związków węgla organicznego,

- lampa UV-C do głębokiej dezynfekcji,
- filtr nitryfikacyjny wypełniony biokulami filtracyjnymi z tworzywa sztucznego o specjalnej budowie prowadzącej do zwiększenia powierzchni roboczej kul, na której rozwijają się bakterie nitryfikacyjne, oczyszczające wodę z toksyn (zachodzi pełny cykl azotowy),
- filtr denitryfikacyjny wypełniony granulem siarkowym, służący do usunięcia azotynów z wody w warunkach beztlenowych,
- reaktor węglanowy – do wzbogacania wody obiegowej w jony wapnia i jony wodorowęglowe,
- reaktor wody wapiennej – do wytwarzania wody wapiennej w warunkach beztlenowych i jej dozowania do wody zdeminielizowanej w celu obniżenia stężenia dwutlenku węgla w wodzie i wytrącania fosforanów.



W hipopotarium uzdatnione powietrze dopływa do obszaru przebywania ludzi za pomocą nawiewników wirowych. Usuwane jest z górnej części nad basenem oraz przez kratki wywiewne umieszczone w tylnej ścianie plaży

W instalacji przygotowania wody znajduje się, wykonany z tworzywa sztucznego i odporny na działanie wody morskiej, wymiennik służący do stałego podgrzewania wody obiegowej.

### Instalacje wentylacyjne

Łączny maksymalny strumień powietrza dla wszystkich pomieszczeń (wraz z pomieszczeniami technicznymi i technologicznymi oraz socjalnym) w opisywanym obiekcie wynosi 11 650 m<sup>3</sup>/h. Jest dostarczany i usuwany przez 3 instalacje wentylacyjne nawiewno-wywiewne. Do usuwania powietrza wykonano także 4 instalacje wentylacji wyciągowych z toalet, śmietnika i magazynów chemikaliów.

### Hipopotarium

Hipopotarium obsługuje niezależna instalacja

wentylacyjna zrównoważona z chłodzeniem w lecie i ogrzewaniem powietrzem w zimie.

Strumień powietrza wentylacyjnego dla pomieszczenia z widownią i basenem wewnętrznym określono w oparciu o zyski ciepła i wymagania normatywne dotyczące minimalnej ilości powietrza zewnętrznego (tzw. higienicznego) wynoszącego 30 m<sup>3</sup>/h dla każdej osoby przebywającej w obiekcie z zakazem palenia wyrobów tytoniowych. Wynosi on 4500 m<sup>3</sup>/h, co odpowiada 12 wymianom powietrza na godzinę. Uzdatnione powietrze dopływa do obszaru przebywania ludzi za pomocą nawiewników wirowych. Usuwane jest z górnej części nad basenem oraz przez kratki wywiewne umieszczone w tylnej ścianie plaży.

Instalacja działa w sposób ciągły: w godzinach otwarcia obiektu dla osób zwiedzają-

cych z całkowitym obliczeniowym strumieniem powietrza, a w nocy przewidziane jest zmniejszenie strumienia powietrza do około 1 wymiany powietrza, czyli 375 m<sup>3</sup>/h.

Centrale wentylacyjne realizują odzysk ciepła za pomocą wymiennika glikolowego i pompy ciepła. W okresie letnim schładzają gorące powietrze zewnętrzne.

Wymiennik glikolowy zastosowano w celu uniknięcia przenikania zapachów z powietrza usuwanego do strumienia powietrza nawiewanego na widownię.

Ze względu na wysoką wilgotność powietrza w części wywiewnej instalacji dobrano centralę wentylacyjną w wykonaniu basenowym. W okresie letnim w celu uzupełnienia ilości powietrza wykorzystuje się otwierane okna w dachu szklarniowym służące do usuwania powietrza zbierającego się pod przeszklonym dachem. Nawiew uzupełniający jest realizowany przez otwierane boczne okna w elewacji frontowej. System ten współpracuje z wentylacją mechaniczną nawiewno-wywiewną hipopotarium.

Problemem, który występuje w trakcie eksploatacji hipopotarium jest unoszący się w powietrzu specyficzny zapach związany z procesami przemian metabolicznych u tych dużych zwierząt, uwydatniony do-

datkowo w ciepłym i wilgotnym środowisku powietrznym. Planuje się zaprojektowanie systemu oczyszczania powietrza z tych nieprzyjemnych zapachów. Wiadomo, że system ten nie może polegać na ozonowaniu powietrza, gdyż ozon powoduje niszczenie roślinności (ozon musiałby być w 100% usunięty z oczyszczanego powietrza przed jego nawiewem do hali). W ramach poszukiwania rozwiązania problemu próbowano z dość dobrym skutkiem zastosować jonizację powietrza. Zastosowane niewielkie urządzenia ustawione w pobliżu hipopotamów doprowadziły do częściowego usunięcia zapachów z powietrza.

### Audytorium akwarium morskiego

Dla odrębnej instalacji obsługującej widownię przed akwariem morskim i zaplecze obiektu strumień powietrza wentylacyjnego w ilości 1800 m<sup>3</sup>/h (9 l/h) określono na tej samej zasadzie, jak dla hipopotarium.

Do nawiewu powietrza wykorzystano nawiewniki wirowe, do wywiewu szczeliny umieszczone w stropie podwieszonym. Centrala nawiewna zawiera m.in. wymiennik glikolowy do odzysku ciepła oraz pompę ciepła, a centrala wywiewna to także urządzenie w wykonaniu basenowym, ale odporne na działanie wody morskiej. ■

### Podziękowania

Autorka bardzo serdecznie dziękuje Panu mgr inż. Rafałowi Okońskiemu, ichtiologowi, Kierownikowi Działu Akwarium Miejskiego Ogrodu Zoologicznego w Warszawie za udzielone wyczerpujące informacje na temat hipopotarium i akwarium wodnego, ich zadań, mieszkańców i działania instalacji technologicznych.

W artykule zostały wykorzystane informacje zamieszczone w projektach wykonawczych instalacji technologicznych uzdatniania wody i wentylacji wykonanych przez Autorską Pracownię Architektury CAD sp. z o.o. z Warszawy (za zgodą projektanta głównego arch. Krzysztofa Popińskiego). Za ich udostępnienie Autorka bardzo serdecznie dziękuje.