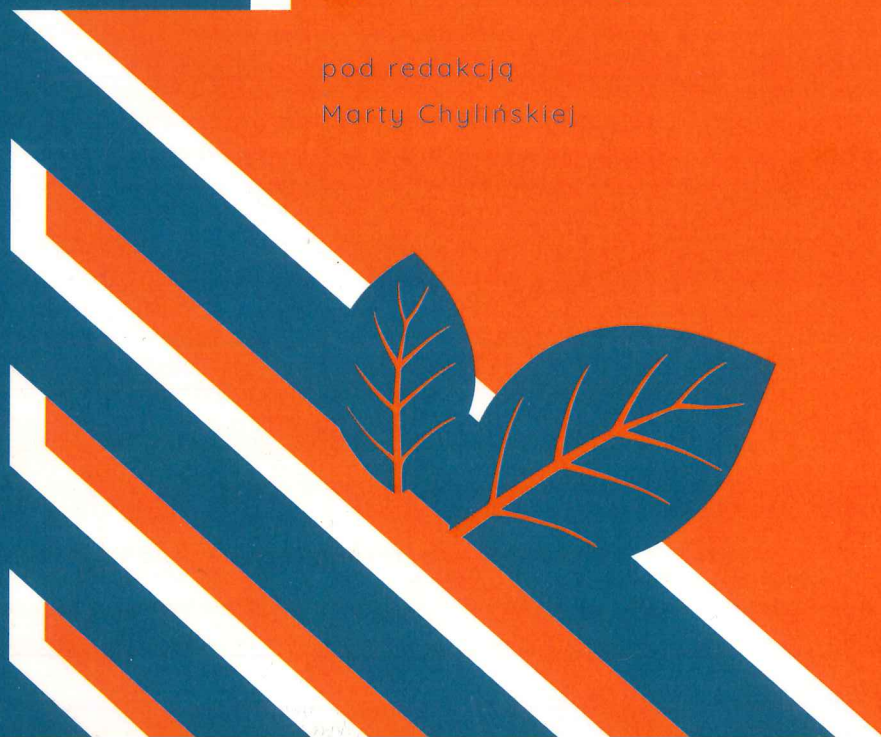


Tężnie solankowe

Architektoniczny
i prozdrowotny fenomen

pod redakcją
Marty Chylińskiej



Tężnie solankowe

Architektoniczny
i prozdrowotny fenomen

pod redakcją
Marty Chylińskiej

WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIwersytetu
MIKOŁAJA KOPERNIKA

Toruń 2025

Recenzenci

dr hab. Anna Biedunkiewicz

dr hab. inż. arch. Anna Dybczyńska-Butyszko, prof. PW

Redakcja

Patrycja Maj-Palicka

Projekt okładki

Anastasiia Khanas

Skład

Dariusz Żulewski

ISBN 978-83-231-6268-1

© Copyright by Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Toruń 2025

WYDAWNICTWO NAUKOWE UNIWERSYTETU MIKOŁAJA KOPERNIKA

Redakcja: ul. Gagarina 5, 87-100 Toruń

tel. 56 611 42 95, fax 56 611 47 05

e-mail: wydawnictwo@umk.pl

www.wydawnictwo.umk.pl

Dystrybucja: ul. Mickiewicza 2/4, 87-100 Toruń

tel./fax: 56 611 42 38

e-mail: books@umk.pl

Druk i oprawa: Drukarnia Wydawnictwa Naukowego UMK

Spis treści

Przedmowa	7
AGNIESZKA CHUDZIŃSKA Transformacja funkcji tężni solankowych na przestrzeni wieków. Między dziedzictwem a polityką	9
AGNIESZKA CHUDZIŃSKA, PIOTR OPAŁKA Współczesne tężnie solankowe. Między tradycją a innowacją . . .	33
RYSZARD WOJTASIEWICZ Budowanie tężni krok po kroku	59
MARTA CHYLIŃSKA, DAMIAN RUMIŃSKI Impregnacja drewna do budowy tężni	89
ARKADIUSZ KRAWIEC Solanki i wody chlorkowo-sodowe w Polsce	107
ALEKSANDRA BURKOWSKA-BUT, WERONIKA SZUBA Mikroorganizmy w solankach tężniowych	121
JOLANTA ZEGARSKA Zastosowanie wód chlorkowo-sodowych w lecznictwie	145

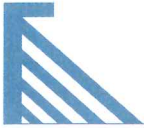
Spis treści

MARTA CHYLIŃSKA, PRZEMYSŁAW DRZAZGA

Użytkowanie tężni 175

Informacje o autorach 189

P
X
i
t
s
w
n
p
o
a
i
i
k
n
s
n
p
z



Mikroorganizmy w solankach tężniowych

ALEKSANDRA BURKOWSKA-BUT

Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

WERONIKA SZUBA

Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Streszczenie

Na liczebność i skład mikroorganizmów w solankach tężniowych może wpływać wiele czynników, w tym pochodzenie solanki, wielkość obiektu, czas krążenia solanki w obiegu tężni, zmienność warunków pogodowych czy zanieczyszczenia powietrza wokół tężni. Badania solanek z tężni w Ciechocinku, Busku-Zdroju oraz w Toruniu potwierdzają różną dynamikę zmian występowania drobnoustrojów w tych obiektach oraz wskazują, że zasadne jest wprowadzenie regularnego monitoringu mikrobiologicznego solanek tężniowych, szczególnie w zakresie wskaźników stanu sanitarnego.

Słowa kluczowe

mikroorganizmy, zanieczyszczenia solanek, wskaźniki stanu sanitarnego

1. Tężnie czy otwarte inhalatoria?

Zgodnie z definicją przedstawioną w *Słowniku języka polskiego* pod redakcją Witolda Doroszewskiego tężnię definiuje się jako urządzenie do stężania solanki, mające formę „drewnianego rusztowania wypełnionego kolczastym chrustem, ustawionego na wolnym powietrzu i służącego do uzyskiwania soli przez naturalne odparowanie solanki, która ścieka z góry na dół, dając mocno stężony roztwór solny” [1]. W literaturze dotyczącej produkcji soli dla urządzeń tego typu można znaleźć również nazwę „gradiernia”. Obie nazwy odwołują się do funkcji obiektów – zatężania solanki w procesie pozyskiwania soli. Obiekty te powstawały głównie w ośrodkach górnictwa solnego, zarówno w Polsce (Ciechocinek), jak i w Niemczech (np. Bad Sooden-Allendorf, Bad Dürrenberg). Wraz ze zmianami w technologii pozyskiwania soli urządzenia te były stopniowo wycofywane z użytku. Część z nich zaczęła pełnić funkcję uzdrowiskową.

Początki stosowania haloterapii (leczenia solą) w lecznictwie uzdrowiskowym wiążą się ze stwierdzeniem, że górnicy pracujący w kopalniach soli kamiennej mimo pracy w trudnych warunkach na dużych głębokościach stosunkowo rzadko zapadali na choroby górnych dróg oddechowych. Pozytywny wpływ soli na organizm zauważono także wśród pracowników ośrodków solowarskich, m.in. w Ciechocinku [2]. Rozwój nauk medycznych i biologicznych dodatkowo przyczynił się do naukowego potwierdzenia terapeutycznych właściwości soli, w tym aerozolu solnego.

Inhalacje aerozolem solankowym są wskazane w przewlekłych i nawracających stanach zapalnych dróg oddechowych, zapaleniu zatok oraz w alergii, a także w chorobach ogólnoustrojowych, m.in. w nadciśnieniu tętniczym, nerwicy wegetatywnej i niedoczynności tarczycy [3]. Obecnie, z powodu modyfikacji technologii pozyskiwania soli z solanek, doszło do zmiany funkcji tężni z produkcyjnej na

lecniczo-terapeutyczną, dlatego też w odniesieniu do obiektów wykorzystujących rozprowadzaną po gałkach tarniny solankę bardziej poprawne jest używanie określenia „otwarte inhalatorium”.

2. Solanki – materiał eksploatacyjny tężni i środowisko życia drobnoustrojów

Wody mineralne, w tym solanki, powstają na skutek wyptukiwania przez wody infiltracyjne składników mineralnych ze skał – w momencie zetknięcia się wody infiltracyjnej z pokładami mineralnymi przechodzą do wody przede wszystkim zawarte w nich składniki łatwo rozpuszczalne. Wskutek zakwaszania wody przez dwutlenek węgla do wody mogą dostawać się również słabo rozpuszczalne minerały [3].

Zgodnie z kryterium hydrogeologicznym do solanek zalicza się wody o mineralizacji ogólnej równej co najmniej 35 g/dm^3 , a ich głównymi składnikami, odpowiadającymi za wysoką mineralizację, są aniony chlorkowe oraz kationy sodu i wapnia. Często charakteryzują się one obecnością znacznych ilości pierwiastków cennych z gospodarczego punktu widzenia (jodu, bromu, magnezu, boru, potasu, litu), wykorzystywanych jako surowiec dla przemysłu chemicznego. W znaczeniu przemysłowym używa się ich w Łapczycy koło Bochni, gdzie udokumentowano silnie zmineralizowane wody chlorkowe typu Cl-Na z jodem. Mają one zastosowanie w produkcji soli leczniczej i solanki kąpielowej w Zakładzie Przeróbki Solanek Jodowo-Bromowych Salco S.J. W 2023 roku liczba złóż wód podziemnych zaliczonych do kopalni wynosiła 151, w tym: 114 złóż wód leczniczych, 36 złóż wód termalnych i 1 złożo solanek. Zasoby eksploatacyjne ujęć tych wód udokumentowano w ilości $7924,86 \text{ m}^3/\text{h}$. W 2023 roku wydobycie prowadzono z 82 złóż, w tym z 62 złóż wód leczniczych, 19 złóż wód termalnych i z 1 złoża solanek. Wielkość wydobycia solanek, wód leczniczych i wód termalnych w 2023 roku wynosiła $15\,292\,443,24 \text{ m}^3$ [4].

W balneologii jako solanki definiuje się wody chlorkowo-sodowe, zawierające co najmniej 15 g/dm^3 składników rozpuszczonych [5]. Dodatkowe wymagania fizyko-chemiczne, chemiczne i mikrobiologiczne dla wód leczniczych w Polsce są określone przez Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz.U. 2006, nr 80, poz. 565) [6]. Tego typu wody występują powszechnie niemal na całym terytorium Polski, a największe ich zasoby znajdują się na obszarze Niżu Polskiego.

Ze składników specyficznych o znaczeniu farmakodynamicznym pojawiają się w nich głównie jony jodkowe, bromkowe, czasem żelazo [5]. Dzięki zawartym w nich składnikom mineralnym solanki wykazują działanie bakteriobójcze, przeciwzapalne i mukolityczne (uptyniają śluz w drogach oddechowych). Solanki stanowią surowiec do produkcji soli leczniczej, a także są używane do leczniczych kąpiei, kuracji pitnych, inhalacji i irygacji. Aktualnie solanki są stosowane do balneoterapii w 12 miejscowościach: Busku-Zdroju, Ciechocinku, Dębowcu, Goczałkowicach-Zdroju, Kołobrzegu, Konstancinie-Jeziornej, Łąpczycy, Połczynie-Zdroju, Sopotcie, Świnoujściu, Ustroniu i Zabłociu [4].

Każde naturalne środowisko wodne jest zasiedlone przez drobnoustroje. Liczebność drobnoustrojów w takim środowisku zależy przede wszystkim od dostępu do pierwiastków biogenych oraz łatwo przyswajalnej materii organicznej. Wody podziemne z powodu małej liczby biogenów, częstego występowania zasolenia oraz warunków beztlenowych mogą być uznane za środowiska ekstremalne. Jednak mimo niesprzyjających warunków środowiskowych również wszystkie wody głębinowe (w tym solanki) są zasiedlone przez mikroorganizmy.

Całkowita liczba mikroorganizmów w solankach waha się od 10^4 do 10^7 komórek/ml (tabela 1). Odsetek żywych komórek drobno-ustrojów w solankach może wynosić od 11,5% do 62,8% [7]. Nawet w wyjątkowo zasolonych (ponad 30% NaCl) środowiskach spotyka się halofilne archeony oraz bakterie [8,9,10].

Tabela 1. Mikroorganizmy w solankach różnego pochodzenia

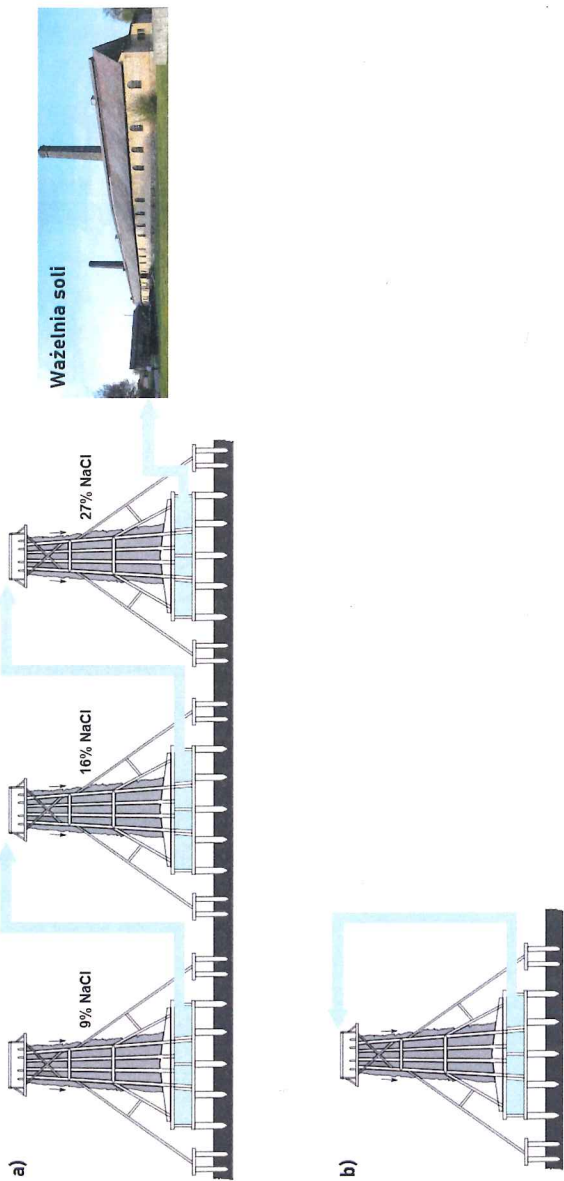
Źródło solanki	Liczebność bakterii [komórek/ml]	Dominujące grupy taksonomiczne	Źródło
Odwiert Outokumpu (gł. 2516 m), Finlandia	$0,6-4,6 \times 10^5$	<i>Betaproteobacteria</i> , <i>Clostridia</i> , <i>Mollicutes</i>	Itävaara i in. 2011
Ciechocinek	43×10^3	nie badano	Walczak, Krawiec 2014
Kołobrzeg	$11-42 \times 10^3$	nie badano	Walczak, Krawiec 2014
Ciechocinek	$2,3-5,5 \times 10^7$	<i>Idiomarina</i> , <i>Pseudoalteromonas</i> , <i>Psychroflexus</i> , <i>Marinobacter</i> , <i>Sphingobium</i>	Kalwasińska i in. 2018
Salina Margherita di Savoia w Apulii (Włochy)	$1,8-5,0 \times 10^5$	<i>Salinibacter</i> , <i>Psychroflexus</i> , <i>Candidatus Aquiluna</i>	Leoni i in. 2020
Potczyn	$1,7 \times 10^4$	<i>Deltaproteobacteria</i> , <i>Spirochaetes</i>	Kalwasińska i in. 2019
Ustroń	$3,8 \times 10^5$	brak danych	Walczak, Rajchel 2019

3. Tężnie w Polsce

Połączenie warunków mikroklimatycznych, natężenia ruchu samochodowego i emisji spalin, a także układu architektonicznego często utrudniającego cyrkulację powietrza powoduje, że w miastach zanieczyszczenia powietrza są powszechne. Światowa Organizacja Zdrowia uznaje zanieczyszczenia powietrza za jedno z najważniejszych zagrożeń dla zdrowia. Skutkami krótko- i długoterminowej ekspozycji na zanieczyszczenia pyłami są m.in. wzrost hospitalizacji i wizyt u lekarzy, zwiększona śmiertelność z powodu chorób kardiologicznych i pulmonologicznych, częstsza zapadalność i chorobowość na astmę, przewlekłą obturacyjną chorobę płuc, nowotwór płuc, przewlekłe choroby układu sercowo-naczyniowego [11]. Polskie miasta zajmują w Europie niechlubne czołowe miejsca w rankingach stężenia pyłów zawieszonych PM10 i PM2,5 czy benzo(a)pirenu w powietrzu [12].

Jednocześnie wzrasta świadomość dbałości o zdrowie i konieczności przeciwdziałania skutkom życia w warunkach wzmożonego zanieczyszczenia środowiska, szczególnie powietrza i obecnego w nim smogu. Zanieczyszczone powietrze jest dla mieszkańców Polski istotnym problemem środowiskowym. Z badań opinii wynika, że 44% Polaków ma świadomość stale pogarszającego się stanu powietrza w swoim kraju [13]. Dlatego w coraz powszechniejszym użyciu są tężnie, groty solne i otwarte inhalatoria.

W ostatnich latach nie tylko w uzdrowiskach (Busko-Zdrój, Wieliczka, Rabka-Zdrój, Gołdap), ale również w wielu dużych, przemysłowo rozwiniętych miastach (np. Warszawa, Chorzów, Gliwice) zbudowano tężnie solankowe. W przeciwieństwie do tężni w Ciechocinku, służącej do zatężania soli i pracującej w układzie liniowym (rys. 1a), nowo powstające tężnie pracują w układzie zamkniętym (rys. 1b) i wykorzystują tę samą solankę przez kilka miesięcy, a nawet cały sezon. Pełnią one przede wszystkim funkcję atrakcji turystycznych, ale także otwartych inhalatoriów emitujących aerozol solankowy.



Rys. 1. Obieg solanki w tężniach o wykorzystaniu a) przemysłowym i b) rekreacyjnym (oprac. A. Burkowska-But)

Solanki krążące w obiegu tężni mają znaczący wpływ na mikrobiologiczną jakość powietrza w otoczeniu tych otwartych inhalatoriów. We wcześniejszych badaniach wykazano, że aerozol solankowy może zarówno mechanicznie oczyszczać powietrze, jak i działać biobójczo ze względu na zawarty w solance chlorek sodu [14]. Nie można jednak zapominać, że aerozole emitowane na tężniach, szczególnie tych eksploatowanych niewłaściwie, mogą stanowić dodatkowe źródło zanieczyszczeń. Jeżeli na powierzchniach mających styczność z solanką pojawiają się biofilmy mikrobiologiczne, do atmosfery mogą być emitowane drobnoustroje obecne w solance oraz wyptukiwane z powierzchni gałązek tarniny. Potwierdzają to badania nad oceną wpływu solanek leczniczych na powstawanie biofilmu drobnoustrojów na powierzchni sprzętu inhalacyjnego, w których stwierdzono wysokie ryzyko tworzenia się tej formacji. Z powierzchni sprzętu do inhalacji, wanien wirowych oraz zanurzonych powierzchni basenu solankowego wyizolowano mikroorganizmy należące do potencjalnych patogenów układu oddechowego (m.in. *Stenotrophomonas maltophilia*, *Staphylococcus simulans*, *Rhodotorula minuta*), które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia pacjentów szpitali i sanatoriów. Stwierdzono również, że potencjał tworzenia biofilmu przez te drobnoustroje, jak i jego aktywność metaboliczna były wyższe w obecności dodatkowych składników odżywczych symulujących zanieczyszczenie solanki związkami organicznymi niż w solance leczniczej pozbawionej tych zanieczyszczeń [15,16].

4. Zmiany liczebności drobnoustrojów obecnych w solankach podczas eksploatacji tężni

Solanki używane w tężniach również nie są wolne od zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Na liczebność oraz skład mikroorganizmów obecnych w solankach tężniowych może wpływać bardzo wiele czynników, w tym pochodzenie solanki, wielkość obiektu, czas krążenia solanki w obiegu tężni, zmienność warunków pogodowych czy zanieczyszczenia powietrza wokół tężni. Ponadto nie wszystkie obiekty podlegają regularnej kontroli mikrobiologicznej, ponieważ brak jest regulacji prawnych ustalających dopuszczalne poziomy wskaźników stanu sanitarnego solanek w takich miejscach. Istniejące regulacje określają wyłącznie wymagania, jakim powinny odpowiadać urządzenia lecznictwa uzdrowiskowego (Dz.U. 2020, poz. 1838) [17], a zatem nie dotyczą tężni zlokalizowanych poza uzdrowiskami.

Badania przeprowadzone na trzech różnych pod względem wielkości i sposobu eksploatacji tężniach potwierdzają odmienną dynamikę zmian występowania drobnoustrojów w tych obiektach. Badaniami objęto tężnie zlokalizowane w Ciechocinku, Busku-Zdroju oraz w Toruniu. Charakterystykę poszczególnych obiektów przedstawiono w tabeli 2.

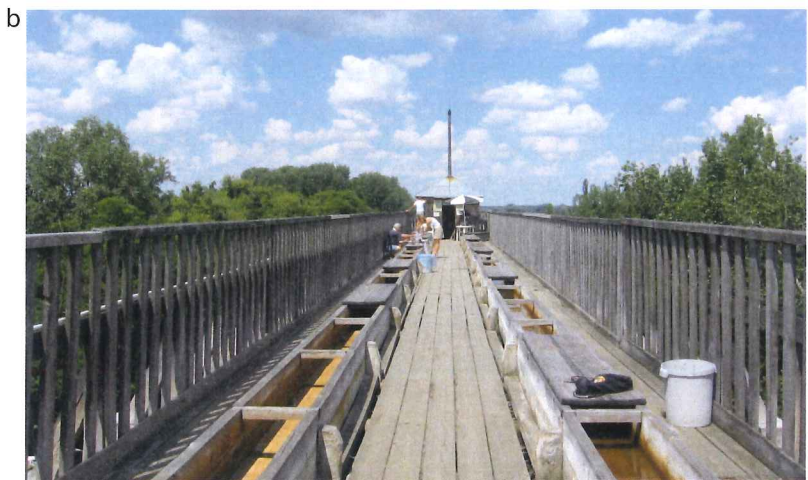
Solanki pobrane do sterylnych szklanych butelek przewożono do laboratorium w pojemniku termoizolacyjnym w temperaturze 4°C i po dostarczeniu do laboratorium bezpośrednio poddawano kolejnym analizom.

Tabela 2. Charakterystyka obiektów badań

Lokalizacja	Ciechocinek (fot. 2.)	Busko-Zdrój (fot. 3)	Toruń (fot. 4)
Rozmiar: Wysokość [m] Długość [m]	15,8 1741,5 (łącznie tężnie 1–3)	10 226	3,65 6
Pochodzenie solanki	Ciechocinek (ujęcie 11)	Bochnia	Ciechocinek (stężona solanka)
Stężenie solanki [%]	9–27	10	5–8
Uzupelnianie/wy- miana solanki	praca w trybie ciąg- łym, stały przepływ od ujęcia do warzelni	wymiana solanki co trzy miesiące	uzupelnianie solanką z soli kuchennej, brak wymiany w trakcie sezonu
Pobór próbek	jednorazowo, wrzesień 2024	cyklicznie, raz w miesiącu, marzec–czer- wiec 2024, od uruchomienia tężni do wy- miany solanki	cyklicznie, raz w miesiącu, maj–wrzesień 2024, od urucho- mienia do zakończenia sezonu

Metodę seryjnych rozcieńczeń Kocha i wysiewu tartego na odpowiednie podłoże stałe wykorzystano do oznaczenia liczebności bakterii heterotroficznych oraz mikroorganizmów charakterystycznych dla środowisk o wysokim ciśnieniu osmotycznym:

- bakterie heterotroficzne – na pożywce PCA, hodowlę prowadzono w temperaturze 37°C przez 48 h;



Fot. 1. a) tężnia 1 w Ciechocinku; b) taras górny z korytami rozprowadzającymi solankę (fot. A. Burkowska-But)

- bakterie halofilne – na agaryzowanej solance pochodzącej z badanego obiektu, hodowlę prowadzono w temperaturze 20°C przez 7–10 dni;
- grzyby kserofilne – na podłożu DG-11, inkubację prowadzono w temperaturze 26°C przez 5 dni;
- gronkowce mannitolo-dodatnie – używając podłoża Chapmana, hodowlę prowadzono w temperaturze 37°C przez 24–48 h; po inkubacji zliczano otoczone żółtą strefą kolonie gronkowców mannitolo-dodatnich.

Do oznaczenia liczebności wskaźników stanu sanitarnego wody zastosowano metodę filtracji z użyciem filtrów nitrocelulozowych o średnicy porów 0,45 µm:

- paciorkowce kałowe – hodowano w temperaturze 37°C przez 24–48 h, używając podłoża Slanetza-Bartleya, po inkubacji obecność paciorkowców kałowych potwierdzano przez przeniesienie filtra na podłoże z eskuliną i inkubacją przez 4 h w temperaturze 37°C;
- *Escherichia coli* – hodowano w temperaturze 37°C na pożywce Endo, po czym zliczano ciemnoczerwone kolonie z metalicznym połyskiem, charakterystyczne dla *E. coli*.

Po inkubacji liczono kolonie, a wyniki analiz wyrażano w zależności od zastosowanej metody jako liczbę jednostek tworzących kolonie w 1 ml solanki (jtk/ml) w metodzie seryjnych rozcieńczeń Kocha lub liczbę jednostek tworzących kolonie w 100 ml solanki (jtk/100 ml) w metodzie filtracji membranowej.



Fot. 2. a) tężnia
i b) zbiornik na solankę
tężniową w Busku-Zdroju
(fot. A. Burkowska-But)

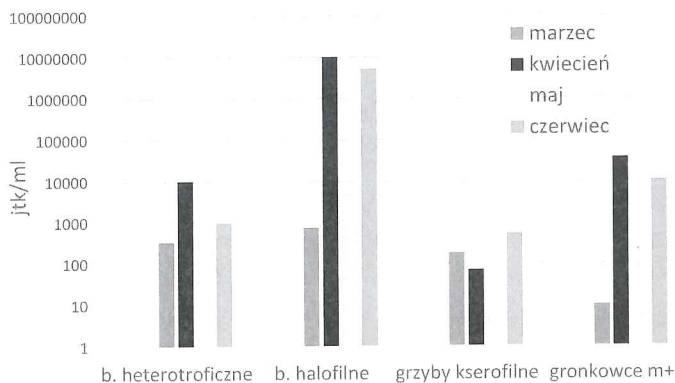


Fot. 3. Minitężnia w Toruniu (fot. A. Burkowska-But)

4.1. Zmiany liczebności drobnoustrojów w solankach tężni z Buska-Zdroju

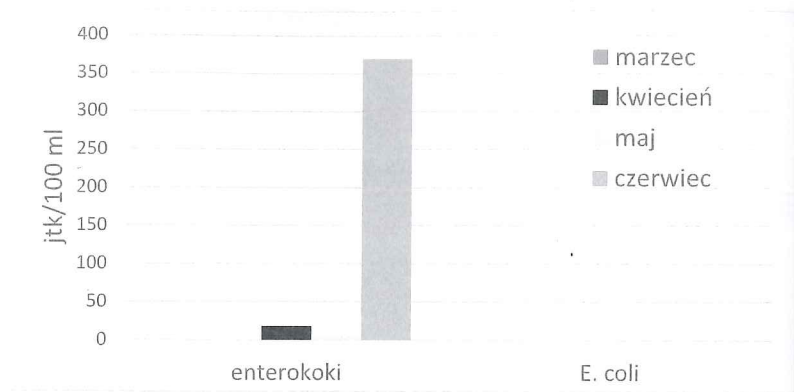
W trzech grupach drobnoustrojów (bakterie heterotroficzne i halofilne oraz gronkowce mannitolu-dodatnie) dwukrotnie zaobserwowano zdecydowane wzrosty liczebności – w kwietniu, czyli po jednym miesiącu od rozpoczęcia eksploatacji tężni w 2024 roku, oraz w czerwcu (wyk. 1). Po konsultacji z obsługą techniczną tężni w Busku-Zdroju ustalono, że gwałtowny spadek wszystkich parametrów mikrobiologicznych w czerwcu wystąpił prawdopodobnie w związku z zakwaszeniem

solanki tężniowej do poziomu pH = 6,5. Zabieg ten znacząco przyczynił się do poprawy zarówno parametrów mikrobiologicznych, jak i cech organoleptycznych, szczególnie zapachu solanki. Jednak po kolejnym miesiącu eksploatacji stwierdzono ponowny wzrost liczebności drobnoustrojów ze wszystkich analizowanych grup. Zdecydowanie dominującą grupą drobnoustrojów były bakterie halofilne.



Wyk. 1. Liczebność podstawowych grup drobnoustrojów w solance z tężni w Busku-Zdroju (oprac. A. Burkowska-But)

Spośród wskaźników stanu sanitarnego w badaniach solanek uwzględniono liczebność paciorkowców kałowych oraz *Escherichia coli*. Przez cały badany okres w solance z tężni w Busku-Zdroju nie stwierdzono obecności *E. coli*. Natomiast enterokoki były obecne w próbkach pobieranych od kwietnia do czerwca, przy czym w ostatniej z tych próbek liczebność paciorkowców kałowych drastycznie wzrosła (wyk. 2).



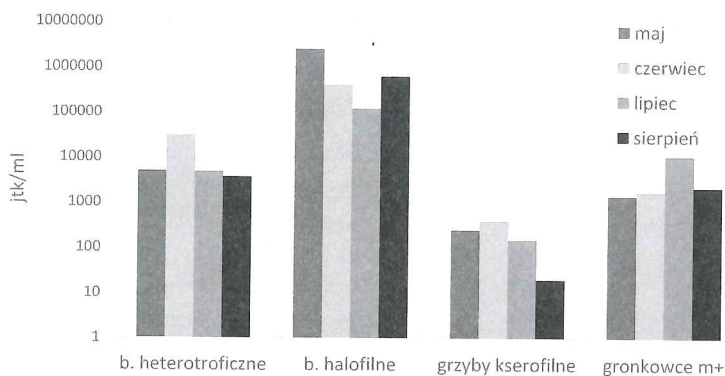
Wyk. 2. Liczebność bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego w solance z tęźni w Busku-Zdroju (oprac. A. Burkowska-But)

4.2. Zmiany liczebności drobnoustrojów w solance z minitęźni w Toruniu

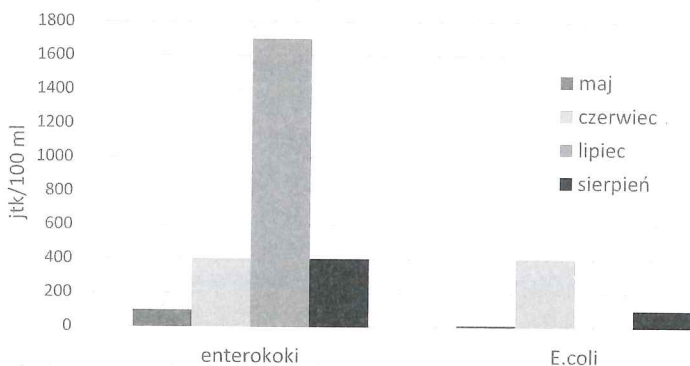
Podobnie jak w próbkach solanki z tęźni w Busku-Zdroju, również w solance z toruńskiej minitęźni dominowały bakterie halofilne (wyk. 3). Dynamika zmian liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów w czasie była różna. Bakterie heterotroficzne i grzyby halofilne najliczniej występowały w solance pobranej w czerwcu, gronkowce mannitolododatnie – w lipcu, maksimum liczebności bakterii halofilnych odnotowano w próbkach solanki pobranych w maju. Charakterystyczne dla solanki z minitęźni w Toruniu jest stałe utrzymywanie się wysokiej (powyżej 1000 jtk/ml) liczebności bakterii heterotroficznych i gronkowców mannitolododatnich.

Przez cały badany okres w solance z minitęźni w Toruniu obecne były paciorkowce kałowe, a ich liczebność była zdecydowanie wyższa niż w solankach z Buska-Zdroju i Ciechocinka (wyk. 4). Obecności *E. coli*

nie stwierdzono tylko w lipcu. Ogólnie liczebności bakterii stanowiących wskaźnik stanu sanitarnego wskazują na stale obecne zanieczyszczenie solanki bakteriami kałowymi, np. pochodzącymi od ptaków bytujących w zadrzewionym otoczeniu minitężni.



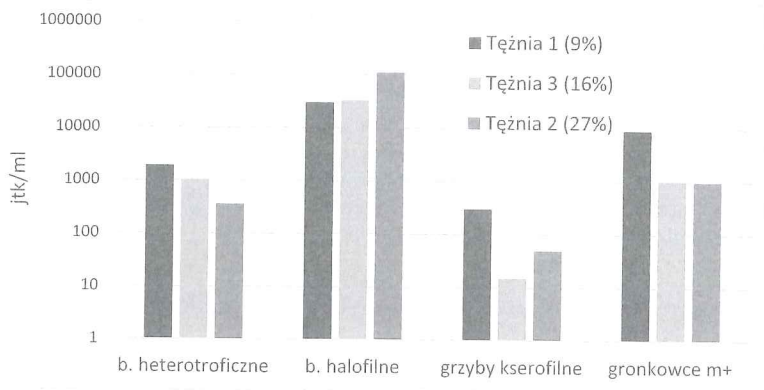
Wyk. 3. Liczebność podstawowych grup drobnoustrojów w solance z minitężni w Toruniu (oprac. A. Burkowska-But)



Wyk. 4. Liczebność bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego w solance z minitężni w Toruniu (oprac. A. Burkowska-But)

4.3. Zmiany liczebności drobnoustrojów w trakcie przepływu solanki przez tężnie w Ciechocinku

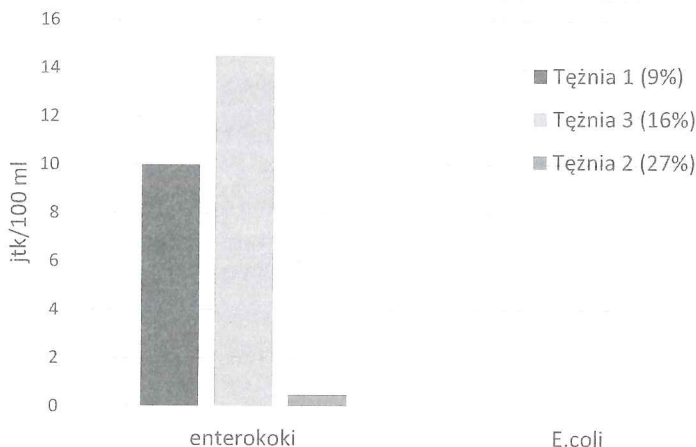
Podobnie jak w solankach pochodzących z wcześniej analizowanych obiektów, również w solankach z tężni w Ciechocinku dominują bakterie halofilne, a ich liczebność wzrasta wraz ze wzrostem stężenia NaCl (wyk. 5). Liczebność bakterii heterotroficznyc i gronkowców mannitolo-dodatnich malała wraz ze wzrostem stężenia solanki.



Wyk. 5. Liczebność podstawowych grup drobnoustrojów w solance z tężni w Ciechocinku (oprac. A. Burkowska-But)

W żadnej z próbek solanek pobranych z tężni w Ciechocinku nie stwierdzono obecności *E. coli*. Natomiast enterokoki były obecne, ale ich liczebność była zdecydowanie niższa niż w próbkach solanek pochodzących z tężni w Busku-Zdroju czy w Toruniu. Najwyższą liczebność paciorkowców kałowych stwierdzono w próbce z tężni 3 i wynosiła ona 14,5 jtk/100 ml (wyk. 6).

Mikroorganizmy w solankach tęźniowych



Wyk. 6. Liczebność bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego w solance z tęźni w Ciechocinku (oprac. A. Burkowska-But)

W próbkach solanek pobranych ze wszystkich badanych obiektów i przez cały okres trwania badań dominującą grupą mikroorganizmów były bakterie halofilne, czyli drobnoustroje przystosowane do życia w środowiskach słonych, o wysokim stężeniu NaCl. Wyróżnia się bakterie o różnym stopniu halofilności, a także mikroorganizmy halotolerancyjne, które nie wymagają wysokiego zasolenia do wzrostu, ale są w stanie rozwijać się przy wysokim stężeniu NaCl i innych soli. Dobrym przykładem drobnoustrojów z tej kategorii są bakterie z rodzaju *Staphylococcus*, ponieważ rosną zarówno przy braku soli, jak i przy stężeniu NaCl w granicach 10–15%, a nawet większym [18]. Z tego powodu odnotowywano również wysoką liczebność gronkowców mannitolododatnich, do których zaliczane są m.in. *Staphylococcus aureus* i *Staphylococcus saprophyticus*.

Wcześniejsze badania solanek tęźniowych z Ciechocinka przeprowadzone z wykorzystaniem sekwencjonowania nowej generacji

(NGS) wykazały, że prawie wszystkie rodziny drobnoustrojów obecne w badanych solankach (*Oceanospirillaceae*, *Pseudoalteromonadaceae*, *Idiomarinaceae*, *Alteromonadaceae*, *Rhodobacteraceae*, *Flavobacteriaceae*, *Flammeovirgaceae*) to mikroorganizmy związane ze środowiskami wód stonych [14,19].

Mimo ogromnego wzrostu zainteresowania budowaniem obiektów tężniowych o charakterze rekreacyjnym w ostatnich kilku latach w Polsce opublikowano niewiele wyników badań odnoszących się do mikrobiologicznej jakości solanek tężniowych i powietrza w otoczeniu tężni.

Wyniki zaprezentowanych badań wyraźnie wskazują na konieczność kontroli solanek tężniowych, szczególnie w zakresie określania liczebności bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego wód – np. *E. coli* i paciorkowców kałowych. Szczególnie w najmniejszym badanym obiekcie – minitężni w Toruniu – stwierdzano przez cały czas funkcjonowania tężni wysokie wartości tych parametrów mikrobiologicznych. Stanisław Bodziacki i Katarzyna Wolny-Koładka [20] również stwierdzali obecność *E. coli* i enterokoków w solance z tężni zlokalizowanej w Krakowie (w Nowej Hucie), a maksimum ich liczebności odnotowywali w okresie od czerwca do sierpnia. Na wysoką liczebność wskaźników stanu sanitarnego w miesiącach typowo letnich niewątpliwie wpływ ma wysoka temperatura i zwiększona w tym czasie liczba osób odwiedzających otoczenie tężni. Dodatkowy wpływ na złą jakość sanitarną może też mieć stężenie solanki – najwyższe liczebności *E. coli* i enterokoków odnotowano w solance pobranej z minitężni w Toruniu, a w tym obiekcie wykorzystywana jest solanka o najniższym stężeniu (zaledwie 5–8% NaCl).

5. Podsumowanie

Problem mikrobiologicznego zanieczyszczenia solanek tężniowych, mimo że dotyczy zdrowia i bezpieczeństwa ludności, jest

niestety kontrolowany i analizowany sporadycznie [21,22]. Jak wykazano w przeprowadzonych badaniach, szczególnie solanka krążąca w systemie zamkniętym tężni rekreacyjnych jest narażona na zanieczyszczenie mikrobiologiczne.

Stosowane w tego typu obiektach stężenie solanki na poziomie 5–10% nie eliminuje występowania bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego wód, co wskazuje na możliwość występowania w solankach również innych drobnoustrojów potencjalnie chorobotwórczych.

Na mikrobiologiczną czystość solanki wpływ mają również inne czynniki, m.in. charakter terenu otaczającego tężnię i obecność dzikich zwierząt na nim żyjących, duża liczba osób odwiedzających tężnię, a także sezonowe zmiany warunków atmosferycznych. Jednostki samorządowe administrujące tężniami powinny dokładać wszelkich starań, aby poprawić te aspekty funkcjonowania tężni solankowych w obiegu zamkniętym, które można kontrolować. Z pewnością konieczna jest edukacja osób korzystających z otwartych inhalatoriów i umieszczanie wokół obiektów informacji zakazujących zanurzania rąk i stóp w solance sphywającej po tężni, wprowadzania psów w bezpośrednie otoczenie zbiornika solanki, dokarmiania ptaków w pobliżu tężni.

Istotne jest również kontrolowanie i utrzymywanie na stałym poziomie stężenia solanki, najkorzystniej powyżej 10–12% NaCl. Administratorzy powinni również rozważyć wymianę całej solanki krążącej w zamkniętym systemie w trakcie sezonu (minimum co trzy miesiące) oraz każdorazową dezynfekcję, a co najmniej czyszczenie instalacji. Niewątpliwie zasadne jest także wdrożenie regularnego monitoringu mikrobiologicznego solanki krążącej w tężni solankowej, szczególnie w zakresie wskaźników stanu sanitarnego. Korzystne byłoby też wprowadzenie elementów oczyszczających lub dezynfekujących solankę krążącą w obiegu zamkniętym tężni, np. filtrów lub przepływowych lamp UV.

6. Literatura

- [1] W. Doroszewski (red.), *Słownik języka polskiego*, hasło: „tężnia”, <https://doroszewski.pwn.pl/haslo/t%C4%99%C5%BCnia/> (dostęp: 8.01.2025).
- [2] R. Faracik, *Tężnie w Polsce. Geneza, stan i przyszłość zjawiska*, „Prace Geograficzne” 2020, t. 161, s. 41–59, doi: 10.4467/20833113PG.20.00712549.
- [3] I. Ponikowska, D. Ferson, *Nowoczesna medycyna uzdrowiskowa*, Warszawa: Medi Press, 2009.
- [4] <https://www.pgi.gov.pl/surowce/skalne-i-inne/solanki-wody.html> (dostęp: 9.01.2025).
- [5] A. Krawiec, M. Walczak, *Potencjalny czas przeżycia bakterii w solankach leczniczych*, „Acta Balneologica” 2012, vol. 2, s. 101–108.
- [6] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości, Dz.U. 2006, nr 80, poz. 565.
- [7] A. Kalwasińska, E. Deja-Sikora, *The insight into deep subsurface microbial life in therapeutic waters of Poland. In extreme environments*, CRC Press, 2021.
- [8] M. Itävaara, M. Nyysönen, A. Kapanen, A. Nousiainen, L. Ahonen, I. Kukkonen, *Characterization of bacterial diversity to a depth of 1500 m in the Outokumpu deep borehole, Fennoscandian Shield*, „FEMS Microbiology Ecology” 2011, vol. 77 (2), s. 295–309.
- [9] C. Leoni, M. Volpicella, B. Fosso, C. Manzari, E. Piancone, M.C. Dileo, L.R. Ceci, *A differential metabarcoding approach to describe taxonomy profiles of bacteria and archaea in the saltern of margherita di savoia (Italy)*, „Microorganisms” 2020, vol. 8 (6), s. 936.
- [10] A. Kalwasińska, E. Deja-Sikora, A. Szabó, A. Krawiec, T. Felföldi, M. Swiontek-Brzezinska, M. Walczak, *Microbial communities of low temperature, saline groundwater used for therapeutical purposes in North Poland*, „Geomicrobiology Journal” 2019, vol. 36 (3), s. 212–223.

- [11] *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration – response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*, Kopenhaga: WHO, 2013.
- [12] M. Kuchcik, P. Milewski, *Zanieczyszczenie powietrza w Polsce – stan, przyczyny i skutki*, „Studia KPZK” 2018, t. 182 (2), s. 341–364.
- [13] Ł. Adamkiewicz, N. Matyasik, *Smog w Polsce i jego konsekwencje*, Warszawa: Polski Instytut Ekonomiczny, 2019.
- [14] A. Burkowska-But, *Tężnie jako czynnik kształtujący mikrobiologiczną jakość powietrza w uzdrowisku*, Toruń: Wydawnictwo Naukowe UMK, 2016.
- [15] N. Jarzab, M. Walczak, *The presence of biofilm forming microorganisms on hydrotherapy equipment and facilities*, „Journal of Water and Health” 2017, vol. 15 (6), s. 923–931.
- [16] N. Jarzab, M. Walczak, D. Smoliński, A. Sionkowska, *The impact of medicinal brines on microbial biofilm formation on inhalation equipment surfaces*, „Biofouling” 2018, vol. 34 (9), s. 963–975.
- [17] Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 29 września 2020 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie określenia wymagań, jakim powinny odpowiadać zakłady i urządzenia lecznictwa uzdrowiskowego, Dz.U. 2020, poz. 1838.
- [18] A. Oren, *Microbial life at high salt concentrations: phylogenetic and metabolic diversity*, „Saline Systems” 2008, Apr 15, doi: 10.1186/1746-1448-4-2.
- [19] A. Kalwasińska, E. Deja-Sikora, A. Burkowska-But, A. Szabó, T. Felföldi, P. Kosobucki, A. Krawiec, M. Walczak, *Changes in bacterial and archaeal communities during the concentration of brine at the graduation towers in Ciechocinek spa (Poland)*, „Extremophiles” 2018, vol. 22 (2), s. 233–246.
- [20] S. Bodziacki, K. Wolny-Koładka, *Microbiological contamination of brine feeding a closed-cycle graduation tower and its potential human exposure*, „Processes” 2023, vol. 11 (3), s. 966.
- [21] M. Walczak, A. Krawiec, *Mikroorganizmy w solankach mezozoiku Niżu Polskiego*, „Przegląd Geologiczny” 2014, t. 62 (8), s. 420–423.
- [22] M. Walczak, L. Rajchel, *Mikroorganizmy wybranych wód chlorkowych Karpat Polskich*, „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego” 2019, t. 475, „Hydrologia”, z. 16, s. 221–227.