

Czy bioaerozole są stałym elementem naszego otoczenia?

Zuzanna Czenczek

Uniwersytet Gdański

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii

E-mail: z.czenczek.000@studms.ug.edu.pl

tutor: dr hab. Anita Lewandowska, prof. UG

Uniwersytet Gdański

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii, Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego

Słowa kluczowe: bioaerozole, toksyny, atmosfera, środowisko

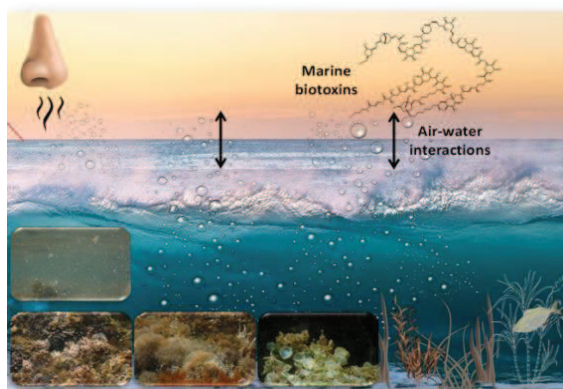
Na temat aerozoli atmosferycznych powstało na świecie wiele opracowań jakkolwiek w dalszym ciągu za mało uwagi poświęca się szkodliwości aerozoli pochodzenia naturalnego, a zwłaszcza występującym w nich komórkom sinic i glonów oraz toksycznym substancjom przez nie produkowanym.

Aerozole, zgodnie z definicją polskiej normy, są układem dwufazowym (ciało stałe – gaz) lub trójfazowym (ciało stałe – ciecz – gaz), zakładając że stopień rozdrobnienia fazy rozproszonej jest tak duży, że w nieruchomym powietrzu o ciśnieniu 760 mm Hg i w temperaturze 20°C ziarna ciała stałego lub kropelki cieczy na które działa siła ciężkości, będą opadały ze stałą prędkością mniejszą od 500 cm/s lub będą wykonywały ruchy Browna (PN-64/Z-01001). A zatem aerozole to struktury składające się z ciekłych bądź stałych cząstek „zamkniętych w pęcherzykach otaczającego je powietrza”. Są to tzw. pyły zawieszane, które charakteryzują się

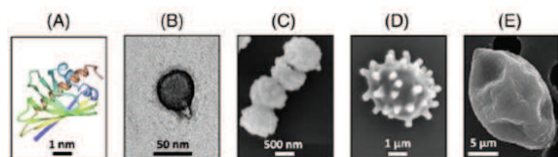
wielkością od 0,2 do 100 µm średnicy (Burge i Rogers, 2000). Aerozole mogą być zarówno pochodzenia pierwotnego, jak i wtórnego. Mogą być obecne w atmosferze na skutek procesów naturalnych oraz wynikających z aktywności człowieka. Od drugiej połowy XX wieku w literaturze naukowej skupiano się najczęściej na antropogenicznych aerozoluach i ich roli w środowisku. To one zostały objęte kompleksowymi badaniami, także pod kątem ich wpływu na organizmy żywe, w tym człowieka (Charlson i in., 1992). W ostatnich dwóch dekadach wzrosło także zainteresowanie ich znaczeniem spowodowane zmianą klimatu, czy zakwaszaniem wody i gleby (Finkelstein i in., 2004; Kennedy, 2007).

W atmosferze rejonów nadmorskich, ale także w pobliżu innych zbiorników wodnych, zwłaszcza tych charakteryzujących się wysoką produktywnością pierwotną, do atmosfery emitowane są aerozole naturalne (Ryc. 1). W takich miejscach wiodącym tematem badań powinno być określenie, czy mają one szkodliwy wpływ na organizmy żywe.

W składzie aerozoli naturalnych mogą znajdować się bowiem wirusy, bakterie, archeony, fragmenty makroglonów i grzybów, a także żywe komórki sinic i mikroglonów (Ryc. 2). Mogą być w nich obecne także produkty przemian metabolicznych np. sinic czy bruzdnic (Marks i in., 2019; Plaas i in., 2020).



Ryc. 1. Mechanizm generowania aerozoli naturalnych z powierzchni zbiornika wodnego (Medina-Perez i in., 2020)



Ryc. 2 Wybrane rodzaje bioaerozoli:
A) białko, B) wirus, C) bakteria, D) zarodnik grzyba,
E) ziarno pyłku (Pöschl, 2015)

Emitowane do atmosfery z powierzchni zbiorników wodnych, podobnie jak aerozole antropogeniczne, bioaerozole mogą wywierać negatywny wpływ na jakość powietrza, a nawet być niebezpieczne i toksyczne dla człowieka. Po wypadnięciu z atmosfery stanowią także zagrożenie dla organizmów bytujących w glebie, czy wodzie (Abraham i in., 2004; Cheng i in., 2007; Medina-Pérez i in., 2020). Z tego względu

w ostatnich latach coraz częściej zaczęły pojawiać się publikacje opisujące aktualny stan wiedzy na ich temat.

O występowaniu mikroglonów w atmosferze wiadano już około roku 1847 dzięki badaniom prowadzonym przez Ehrenberga, który poddał analizie próbki powietrza zebrane przez Karola Darwina podczas jego licznych podróży (Després i in., 2012). Udało mu się w nich zidentyfikować między innymi 18 gatunków okrzemek, sinice oraz inne fotosyntetyzujące mikroorganizmy. Z pewnością próbki zawierały też inne cząstki, czy substancje pochodzenia naturalnego. Jakkolwiek z powodu ograniczonych możliwości technologicznych w tamtym czasie ich dokładniejsza identyfikacja była niemożliwa. Również w XIX wieku inny naukowiec, Miquel, prowadząc badania w Paryżu udowodnił, że panująca wtedy wśród ludzi wzmożona zachorowalność i śmiertelność ma bezpośredni związek z bakteriami zawieszonymi w powietrzu (Després i in., 2012 za: Miquel, 1883).

Zainteresowanie bioaerozolami oraz badania nad nimi rozwinęły się dopiero w dwudziestym wieku wraz z rosnącymi możliwościami i nowymi metodami analiz tychże struktur (Michalska i in., 2010). Jakkolwiek stan wiedzy na ten temat wydaje się być w dalszym ciągu niewystarczający. Także w rejonie Bałtyku bioaerozole nie były częstym tematem badań naukowych (Lewandowska i in., 2017). W latach 1994 i 1995 udało się ustalić występowanie w powietrzu nad Zatoką Gdańską komórek bakteryjnych i ich rolę w obiegu bakterii w powietrzu w strefie brzegowej morza (Marks i in., 1997). W roku 2002 Kruczałak i współautorzy opublikowali wstępne wyniki badań mikrobiologicznych powietrza z okolic Sopotu i Gdańska oraz kilku mniejszych miast leżących nad Zatoką Pucką. Próbki zebrano w latach 1998–2001 i analizowano pod kątem obecności bakterii oraz grzybów. Badania pozwoliły

oszacować zmienność sezonową koncentracji tych mikroorganizmów w powietrzu. Ustalono, że najwyższe stężenie bakterii w powietrzu przypada wiosną i jesienią, zaś grzybów w okresie letnim (Kruczalak i in., 2001). Kolejna praca powstała w roku 2010 i dotyczyła bioaerozoli w rejonie trójmiejskich plaż. Potwierdziła ona sezonową zmienność występowania bakterii i grzybów w atmosferze południowego Bałtyku. Największa koncentracja bakterii i form przetrwalnikowych grzybów została odnotowana z początkiem wiosny oraz jesienią, podczas gdy formy przetrwalnikowe grzybów dominowały na przełomie wiosny i lata (Michalska i in., 2010).

Pierwsza praca na temat obecności sinic i mikroglonów w powietrzu w rejonie wód południowo-wschodniego Bałtyku oraz w okolicach Gdyni powstała w roku 2017 (Lewandowska i in., 2017). W wyniku prowadzonych badań ustalono, że najliczniej występującymi mikroglonami w powietrzu analizowanego obszaru badawczego są pikoplanktonowe sinice. Pośród nich zidentyfikowano także rodzaje zdolne do wytwarzania toksycznych i szkodliwych metabolitów.

W momencie przedostania się mikroorganizmów do atmosfery ich stężenie może osiągać nawet kilka do kilkunastu tysięcy w jednym metrze sześciennym. Odnotowuje się na przykład 10^3 komórek mikroglonów w m^3 i nawet dziesięciokrotnie więcej bakterii i grzybów (Després i in., 2012; Wiśniewska i in., 2019). Grzyby, jak i niektóre gatunki glonów występują w aerozolu w postaci przetrwalnikowej. Dzięki temu mogą uaktywnić się ponownie po opadnięciu, np. na powierzchnię gleby czy zbiorników wodnych (morza, jeziora, stawy), także znacznie oddalonych od ich naturalnego środowiska występowania. Dostają się do nich na skutek przenoszenia z masami powietrza (Després i in., 2012). Dowodem na to jest odnotowywanie komórek typowo morskich gatunków sinic w rejonach oddalonych od brzegów

morskich nawet o tysiące kilometrów. Rozprzestrzenianie się w atmosferze tych organizmów jest ułatwione dzięki małym rozmiarom aerozoli, w skład których one wchodzi. Podczas transportu na znaczne odległości od źródła, na ich powierzchni mogą dodatkowo adsorbować się zanieczyszczenia antropogeniczne. Często są to takie związki chemiczne, jak metale ciężkie czy węgiel. Skutkiem opisanych powyżej procesów może być zanieczyszczanie dotychczas wolnych od nich rejonów.

W sprzyjających warunkach meteorologicznych wynoszone do atmosfery glony i ich toksyny mogą stanowić zagrożenie zdrowotne dla ludzi mieszkających w gęsto zaludnionych miastach nadmorskich. W przeszłości odnotowywano przypadki zatrucia mieszkańców i turystów przebywających w takich rejonach, jak Wenecja (Włochy), Sarasota (USA), czy Toledo (Hiszpania). Zatrucia te związane były zarówno z obecnością toksycznych glonów w wodzie, jak i w powietrzu (Fleming i in., 2007; Van Dolah, 2000; Olson i in., 2020). Obecność w atmosferze i wielkość koncentracji bioaerozoli w pobliżu zbiornika wodnego jest funkcją sezonowych zmian w składzie gatunkowym organizmów obecnych w wodzie i intensywności produkcji pierwotnej. Wraz z rozpoczęciem okresu kwitnienia poszczególnych gatunków wzrasta także koncentracja ich komórek w atmosferze (Després i in., 2012; Wiśniewska i in., 2020). W rejonie Morza Bałtyckiego do najsilniejszego zakwitu fitoplanktonu dochodzi latem (Wasmund, 1997). Jednak w morzu tym nie występują takie groźne gatunki fitoplanktonu, jak *Karenia brevis* czy *Pfiesteria piscicida* (Van Dolah, 2000), które regularnie odnotowywane są u wybrzeży USA, i których obecność w atmosferze mogłaby powodować niepożądane objawy zdrowotne u ludzi (Pierce i in., 2005). Mimo to latem w mediach często podawane są informacje o zamkniętych plażach i kąpieliskach. Wynika to

z obecności w wodzie morskiej sinic z rodzaju *Dolichospermum*, *Aphanizomenon* czy przedstawiciela gatunku *Nodularia spumigena* (Dopierała i in., 2013; Lewandowska i in., 2017). W porównaniu z Bałtykiem dużo większy problem wynikający z zakwitów fitoplanktonu występuje u wybrzeży Florydy czy Kalifornii. Warunki wyższej temperatury i nasłonecznienia sprzyjają tam częstemu i intensywnemu rozwojowi zarówno sinic, okrzemek, jak i bruzdnic (Pierce i in., 2005). Wiele gatunków, które corocznie masowo występują w wodach tych rejonów może produkować toksyczne związki chemiczne. Zaliczają się do nich, np. brewetoksyny i kwas domoikowy mające działanie neurotoksyczne. Ich wysokie stężenia w wodzie morskiej mogą prowadzić nawet do śmierci. Taką sytuację odnotowano podczas zakwitów *Pseudonitzschia australis* w 1998 roku, gdy na skutek zatrucia zmarło ponad 400 kalifornijskich lwów morskich (Zingone i Enevoldsen, 2000).

Istotna rola bioaerozoli w środowisku wynika z faktu, że zawarte w nich organizmy i produkty ich metabolicznych przemian oddziałują na wielu płaszczyznach. Mogą zatem także wpływać negatywnie na ludzi. Przejawia się to reakcją skórą, tj. pieczenie, wysypka czy podrażnienie. Może także prowadzić do poważnych objawów neurologicznych, a w skrajnych przypadkach nawet do śmierci (Van Dolah, 2000). Oczywiście organizm zdrowej dorosłej osoby nie będzie tak podatny na działanie toksyn, jak osoby starszej, dziecka czy osoby chorej. Przykładem toksyny, która z aerozolami drogą oddechową może przedostać się do ludzkiego organizmu jest, wspomniana już wcześniej, silnie neurotoksyczna brewetoksyna (Pierce i in., 2005). Jej największa koncentracja odnotowywana jest podczas corocznych zakwitów bruzdnic, do których dochodzi zwłaszcza w cieplejszych wodach morskich. Brewetoksyna produkowana jest między innymi

przez bruzdnice z gatunku *K. brevis*. Po wnikięciu do organizmu powoduje ona depolaryzację błon komórkowych w tkankach. W dużych stężeniach może prowadzić nawet do śmierci. Dotyczy to w szczególności osób starszych i małych dzieci oraz chorujących na astmę czy inne choroby układu oddechowego. Pierce i współautorzy (2005) prowadząc badania podczas zakwitów u wybrzeży Florydy ustalili, że wzrost stężenia brewetoksyny w wodzie, jak i aerozolu przyczynia się do nasilenia objawów ze strony układu oddechowego u osób chorujących na astmę. Mniejsze stężenia tej toksyny w powietrzu mogą objawiać się u ludzi dolegliwościami gastrycznymi, podobnymi do zatrucia pokarmowego. Brewetoksyna wpływa też negatywnie na ptaki i ssaki bytujące w pobliżu zbiorników wodnych w nią bogate. Odnotowuje się u nich podobne objawy, jak u ludzi. Stwierdzono ponadto, że w czasie zakwitów wzrasta ich śmiertelność (Pierce i in., 2005).

Istnieją oczywiście także inne bruzdnice, poza *K. brevis* oddziałujące negatywnie na organizmy żywe. W 1995 roku prowadzono badania nad wpływem *P. piscicida* na ryby oraz ludzi. W konsekwencji doszło do zatrucia się trzech naukowców nieznaną toksyną produkowaną przez te okrzemki. Objawy chorobowe u jednego z nich były tak silne, że niezbędna była hospitalizacja. Zgłaszał on między innymi zaburzenia czucia w kończynach, problemy z poruszaniem się, zmiany na skórze oraz trudności z koncentracją. Pozostali badacze uskarżali się na podrażnienie oczu, dezorientację, nudności oraz bóle brzucha i głowy (Glasgow i in., 1995).

Najbardziej znane z produkcji toksyn są sinice. Produktami ich przemian metabolicznych są między innymi cyjanotoksyny. Do tej grupy należą związki, które można podzielić w zależności od miejsca lub struktur, na które oddziałują. Wyróżnia się hepato-

toksyny, tj. nodularyna i mikrocytyna, oddziałujące na wątrobę, neurotoksyny, np. saksitoksyny czy anatoksyny, zaburzające działanie układu nerwowego oraz cytotoksyny, np. aplyzjatoxyny, uszkodzające komórki (Pantelić i in., 2013). Dodatkowo nodularyna poza uszkodzeniem komórek wątroby może mieć działanie kancerogenne (Fujiki i Suganuma, 2011).

Z kolei bruzdnice z rodzaju *Osteopsis* produkują palitoksynę, która zaliczana jest do organicznych związków z grupy glikozamin. Jest to jedna z najsilniejszych niebiałkowych substancji trujących w środowisku (Usami i in., 1995). W morzu produkowana jest na przykład przez koralowca z rodzaju *Palythoa* (Medina-Perez i in., 2020). Palitoksyna po dostaniu się do płuc człowieka powoduje krwawienie i niszczenie pęcherzyków płucnych, a w stężeniu powyżej 2 µg/kg masy ciała może prowadzić do śmierci (Ciminello i in., 2014).

W Bałtyku odnotowywane są także gatunki glonów mogących produkować toksyczne związki chemiczne, które w konsekwencji emisji do atmosfery są obecne w aerozolach (Ryc. 3). W 2015 roku Lewandowska i współbadacze w atmosferze nadmorskiej Gdyni zidentyfikowali między innymi sinice (Cyanobacteria) z rodzajów *Microcystis*, *Synechococcus*, *Synechocystis*, *Aphanocapsa* i *Merismopedia* oraz zielenice (Chlorophyta) z gatunku *Chlorella vulgaris*. Występowały one w małych aerozolach, przez co z łatwością mogły oddziaływać one na zdrowie ludzkie (Lewandowska i in., 2017).

Moim zdaniem problemowi bioaerozoli, które stanowią niezaprzeczalnie stały element środowiska, powinno poświęcać się zdecydowanie więcej uwagi, niż ma to miejsce obecnie. W dobie ocieplającego się klimatu w akwenach morskich spodziewać się należy wzrostu intensywności zakwitów fito-

planktonu i większej emisji glonów i toksycznych produktów ich metabolizmu do atmosfery. Na świecie sytuacje mające negatywny wpływ na zdrowie ludzkie już stały się rzeczywistością, Na przykład w 2014 roku w Toledo (Ohio, Stany Zjednoczone Ameryki Północnej) zakwit sinicy z rodzaju *Microcystis* i wzrost stężenia produkowanej przez nią mikrocytyny doprowadziły do skażenia źródła stacji uzdatniania wody dla miasta. W konsekwencji ponad 400 tysięcy mieszkańców nie mogło korzystać z wody kranowej, która stała się niezdatna do spożycia. Nikt nie oszacował wówczas, czy istniało także niebezpieczeństwo inhalacji aerozolami bogatymi w mikrocytynę.



Ryc. 3 *Nodularia spumigena*, jeden z gatunków glonów zakwitający w Bałtyku w okresie letnim [2]

Wraz z rozwojem nauki i technik badawczych z pewnością odkrywane będą nowe szlaki transportu cząstek biologicznych, ich przemian oraz roli w środowisku. Rozpowszechnienie wiedzy na ten temat zwiększy świadomość społeczeństwa o ich istnieniu i zagrożeniach, jakie mogą ze sobą nieść. Na dzień dzisiejszy odnoszę jednak wrażenie, że dostęp przeciętnego człowieka, nie związanego z nauką, do danych i publikacji ukazujących się w tym temacie jest

ograniczony. Pewnie warto by było, aby problematyką bioaerozoli zainteresowały się media. Mam na myśli nie tylko radio, telewizję czy codzienne gazety, ale przede wszystkim Internet, do którego dostęp na świecie ma obecnie 4,5 miliarda ludzi [1]. Stanowi on świetną drogę przekazu informacji i zwiększenia świadomości o roli aerozoli naturalnego pochodzenia dla zdrowia ludzkiego i środowiska.

Literatura:

- Abraham, W.M., Ahmed, A., Bourdelais, A.J., Baden, D.G., 2004. *Effects of novel antagonists of polyetherbrevetoxin on PbTx- induced bronchioconstriction in allergic sheep*. [w:] Steidinger, K.A., Landsberg, J.H., Tomas, C.R., Vargo, G.A., (red.), *Harmful Algae 2002*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 496-498.
- Burge, H. A., and Rogers Ch. A., 2000. Outdoor allergens. *Environmental Health Perspectives* 108.suppl 4, 653-659.
- Charlson, R. J., Schwartz, S. E., Hales, J. M., Cess, R. D., Coakley, J. J., Hansen, J. E., & Hoffmann, D. J., 1992. Climate forcing by anthropogenic aerosols. *Science*, 255(5043), 423-430.
- Cheng, Y.S.; Yue, Z.; Irvin, C.M.; Kirkpatrick, B.; Backer, L.C., 2007, Characterization of aerosols containing microcystin. *Marine drugs* 5.4: 136-150.
- Ciminiello, P., Dell'Aversano, C., Iacovo, E. D., Fattorusso, E., Forino, M., Tartaglione, L., & Penna, A., 2014. First finding of *Ostreopsis cf. ovata* toxins in marine aerosols. *Environmental science & technology*, 48(6), 3532-3540.
- Després, V.R., Huffman, J.A., Burrows, S.M., Hoose, C., Safatov, A.S., Buryak, G., Fröhlich-Nowoisky, J., Elbert, W., Andreae, M.O., Pöschl, U., Jaenicke, E., 2012. Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. *Tellus Ser. B Chem. Phys. Meteorol.* 64, 15598-15656.
- Dopierała, Ł., Śliwińska S., Latała A., 2013. The Effects of Harmful Algal Blooms (Habs) on Tourism and Recreation in the East Part of The Polish Baltic Sea Coast. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Turystyki* 1 (21): 53-63.
- Finkelstein, M. M., Jerrett, M., Sears, M. R., 2004. Traffic air pollution and mortality rate advancement periods. *American Journal of Epidemiology*, 160(2), 173-177.
- Fujiki, H., & Suganuma, M., 2011. Tumor promoters-microcystin-LR, nodularin and TNF- α and human cancer development. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 11(1), 4-18.
- Glasgow Jr, H. B., Burkholder, J. M., Schmechel, D. E., Tester, P. A., & Rublee, P. A., 1995. Insidious effects of a toxic estuarine dinoflagellate on fish survival and human health. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 46(4), 501-522.
- Kennedy, I. M., 2007. The health effects of combustion-generated aerosols. *Proceedings of the Combustion Institute*, 31, 2757-2770.
- Kruczalak, K., Olańczuk-Neyman, K., Marks, R., 2002. Airborne Microorganisms Fluctuations over the Gulf of Gdańsk Coastal Zone (Southern Baltic). *Polish Journal of Environmental Studies*. 11, 531-536.
- Lewandowska, A., Śliwińska-Wilczewska, S., Wozniczka, D., 2017. Identification of cyanobacteria and microalgae in aerosols of various sizes in the air over the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 125: 30-38.
- Marks, R., Jankowska, K., Michalska, M., Królska, M. 2001. Sea to air bacteria transfer over the Baltic Sea coast and Gulf of Gdańsk. *Journal of Aerosol Science*. 28 (1) 593-594.
- Marks, R., Górecka, E., McCartney, K., Borkowski, W., 2019. Rising bubbles as mechanism

- for scavenging and aerosolization of diatoms. *Journal of Aerosol Science* 128: 79-88.
- Medina-Pérez, N., Dall'osto, M., Decesari, S., Paglione, M., Moyano, E., Berdalet, E., 2021. Aerosol Toxins Emitted by Harmful Algal Blooms Susceptible to Complex Air-Sea Interactions. *Environmental Science and Technology* 55(1) 468-477.
- Michalska, M., Bartoszewicz, M., Cieszyńska, M., Nowacki, J., 2010. Bioaerosols on Tri-city (Gdańsk-Sopot-Gdynia) beaches. *Int Marit Health* 61: 41-43.
- Miquel, P. 1883. *Les Organismes Vivants de l'atmosphère*. Gauthier-Villars, Paris.
- Olson, N. E., Cooke, M. E., Shi, J. H., Birbeck, J. A., Westrick, J. A., & Ault, A. P., 2020. Harmful algal bloom toxins in aerosol generated from inland lake water. *Environmental science & technology*, 54(8), 4769-4780.
- Pierce, R. H., Henry, M. S., Blum, P. C., Hamel, S. L., Kirkpatrick, B., Cheng, Y. S., Zhou, Y., Irvin, C. M., Naar, J., Weidner, A., Fleming, L. E., Backer, L. C., Baden, D. G., 2005. Brevetoxin composition in water and marine aerosol along a Florida beach: Assessing potential human exposure to marine biotoxins. *Harmful Algae*; 64: 965-972.
- Plaas, H. E., Paerl, H. W., 2020. Toxic cyanobacteria: a growing threat to water and air quality. *Environmental science & technology* 55.1 (1): 44-64.
- Pöschl U., 2005: Atmospheric Aerosols: Composition, Transformation, Climate and Health Effects., *Atmospheric Chemistry*, Volume 44, 7520-7540.
- Usami, M., Satake, M., Ishida, S., Inoue, A., Kan, Y., & Yasumoto, T., 1995. Palytoxin analogs from the dinoflagellate *Ostreopsis siamensis*. *Journal of the American chemical society*, 117(19), 5389-5390.
- Van Dolah, Frances M., 2000. Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence." *Environmental health perspectives* 108.suppl 1: 133-141.
- Wasmund, N., 1997. Occurrence of cyanobacterial blooms in the Baltic Sea in relation to environmental conditions. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 82(2), 169-184.
- Wiśniewska K, Lewandowska A, Śliwińska-Wilczewska S., 2019. The importance of cyanobacteria and microalgae present in aerosols to human health and the environment. Review study. *Environment International*. 2019; 131: 104964.
- Zingone, A., Oksfeldt Enevoldsen, H., 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean & coastal management* 43.8-9: 725-748.

Źródła internetowe:

- [1] <https://mobarank.pl/2020/01/31/raport-digital-i-mobile-na-swiecie-w-2020-roku/>
- [2] Kolekcja Kultur Glonów Bałtyckich: https://ccba.ug.edu.pl/pages/pl/prze-glad-kolekcji.php?section_id=19&page=1&pochozdenie=1&klasa=1&rodzaj=all&gatunek=all&symbol=all

Notka o autorce: *Studentka trzeciego roku Oceanografii, specjalność oceanografia biologiczna. Naukowe zainteresowania to gatunki obce w Morzu Bałtyckim i ich wpływ na zespoły makrozoobentosowe. Głównie zainteresowania to podróże.*