

^{1,2}Tischner Zsófia; ¹Kakucs Réka; ¹Szigeti Tamás; ²Szabó István; ²Kriszt Balázs; ¹Magyar Donát¹Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest / National Public Health Center, Budapest, Hungary²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Gödöllő / Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Aquaculture and Environmental Safety, Gödöllő, HungaryDOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2021.4.25-36>

Sószobák beltéri levegőjének baktérium- és gombaszennyezettsége

Bacterial and fungal contamination of indoor air of salt chambers

Összefoglalás

Sószobák üzemeltetése prevenció célzattal vagy kiegészítő terápiaként Magyarországon és Közép-Európában nagyon gyakori. Ennek ellenére a működtetésükre vonatkozóan nem állnak a rendelkezésünkre szabványok, beleértve a higiénés követelményeket, például a levegőminőséget. Aggodalomra adhat okot, hogy a nem kielégítően szellőztetett, zsúfoltabb sószobák akár megbetegedések forrásai is lehetnek a nem megfelelő beltéri levegőminőség következtében. Célunk volt a hazai sószobák biológiai légszennyezőinek vizsgálata. A levegőmintákat Andersen-típusú levegőmintavevő készülékkel 29 sószobában gyűjtöttük Budapesten és három, vidéki városban. A baktériumok beltéri koncentrációja 580-26280 CFU/m³ között változott, mely átlagosan 32-szer magasabb volt beltérben mint kültérben és minden vizsgált sószobában meghaladta az irányértéket. A vizsgált sószobáknál 7 esetben a penészgombák légköri koncentrációja meghaladta az irányértéket; 16 sószobában pedig az élesztőgombák szintje meghaladta a kültéri érték kétszeresét. A bel- és a kültéri mintákban 27, illetve 26 gombataxont mutattunk ki. A sószobákban legnagyobb mennyiségben *Cladosporium spp.*, *Penicillium spp.*, *Parengyodontium album* és *Aspergillus spp.*; a kültérben *Cladosporium spp.*, *Penicillium spp.* és *Aspergillus sect. Fumigati* volt kimutatható. Méréseink alapján javasoljuk előírások, szabványok bevezetését a sószobák megfelelő mikrobiális levegőminőségének biztosításához.

Kulcsszavak: baktériumok, gombaspórák, beltéri levegőminőség, sószoba

Abstract

Salt chambers are popular settings for prevention or complementary therapy for respiratory diseases in some European countries. Despite this, there are no standards for their operation, including hygienic requirements, e.g. air quality. It is a cause of concern that inadequately ventilated, crowded salt rooms can even be sources of illnesses and infections due to inadequate indoor air quality. The aim of this study was to investigate the microbial air quality in salt chambers. Air samples were collected with Andersen-type sampler in 29 salt rooms in Budapest and three other cities in Hungary. The airborne concentration of bacteria varied between 580 and 26280 CFU/m³, and was higher in all samples collected indoors than outdoors. Their concentrations were 32 times higher indoors than outdoors as an average and exceeded threshold in all salt chambers. In 7 salt chambers, the concentration of indoor moulds was above the threshold level. In 16 salt chambers, yeast levels were more than the double of the outdoor value. In the indoor and outdoor samples 27 and 26 fungal taxa were detected, respectively. Most abundant taxa in the indoor air were *Cladosporium spp.*, *Penicillium spp.*, *Parengyodontium album* and *Aspergillus spp.*;

while in outdoor samples *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp. and *Aspergillus* sect. *Fumigati* were detected in high concentration. It can be concluded that general standards are needed to ensure adequate microbial air quality in salt chambers.

Keywords: bacteria, fungal spores, indoor air quality, salt chamber

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2021;65(4): 25-36

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2021 december 15

Submitted: 15 December 2021

Elfogadva: 2022 Január 31.

Accepted: 31 January 2022

Levelezési cím/Correspondence:

Tischner Zsófia

E-mail: zsofi.tischner@gmail.com

Bevezetés

A sóbányák mikroklímájához hasonlóan kialakított sószobák az elmúlt három évtizedben egyre népszerűbbek lettek. Népszerűségük ellenére a sóinhalációs terápiák hatékonyságára vonatkozó tanulmányok eredményei ellentmondásosak^{1,2}. A belégzett sóaeroszol pusztán ozmóizhatáson alapuló mukolitikus hatása révén segíthet a légutak nyálkahártyáján letapadt krónikus gyulladásos nyálka felszakításában és drenálásában, ugyanakkor a felhígult, nagyvolumenű szekrétaum akár a tünetek súlyosbodását is okozhatja átmenetileg, ami különösen csecsemőknél és kisgyermekknél veszélyes állapotokhoz vezethet. További káros hatás lehet a hörgők reaktív összehúzódása, különösen a magasabb sóaeroszol-koncentrációknál. Ezért fontos az egyéni igények szerint alakított sóinhaláció, mely leginkább egyéni inhalátorok alkalmazásával valósítható meg. A több ember által használt, közös sószoba alkalmazása az esetleges mellékhatásokon túlmenően több közegészségügyi-járványügyi problémát is felvet.

Chervinskaya és munkatársai³ végeztek először száraz sóterápiát (haloterápiát) ellenőrzött körülmények között. Speciális halogenerátort használtak 0,1-5

µm átmérőjű nátrium-klorid részecskék generálására és elosztatására a sószoba levegőjében, a levegő fizikai paramétereinek és a mikrobiológiai szennyezők folyamatos mérésével párhuzamosan, biztosítva az állandó sóaeroszol-koncentrációt a mesterséges sókamrában. Egyes kutatók szerint az ilyen haloterápia rövidtávon a tüdőfunkció javulását és a gyógyszerhasználat csökkenését eredményezheti bronchiális asztmában, krónikus bronchitisben, bronchiectasiában és cisztás fibrózisban szenvedő betegek esetében^{3,4}. Egy szakirodalmi áttekintés következtetése szerint azonban, a rendelkezésre álló adatok alapján, nincs elegendő bizonyíték a haloterápia jótékony hatására krónikus obstruktív tüdőbetegségben szenvedők esetében².

A száraz porlasztósó sóterápiák mellett a nedves porlasztósó módszer (5-7%-os hipertóniás sóoldat belégzése) is potenciális kiegészítő terápia lehet a mukociliáris tisztulás javítására cisztás fibrózisban szenvedő betegeknek^{5,6,7}. A porlasztott hipertóniás sóoldat belégzését egyes kutatók bronchiolititisben szenvedő csecsemők kezelésére is javasolják^{8,9}. E nedves sóaeroszol belégzést a szerzők egyéni inhalátorok használatával javasolják.

A sóinhalációt néhány munkacsoport nemcsak tüdőbetegségek kiegészítő terápiájaként, hanem profilaktikus alkalmazásra is javasolják a gyakran beteg gyermekeknek légzéskönnyítő és feltételezett immunmoduláló hatásai miatt¹⁰. Ezzel szemben a haloterápiát más szerzők az allergo-immunológiai kórállapotok nem bizonyított és igen ellentmondásos kezelésekként határozzák meg¹.

A fentebb említett, a beltéri levegő folyamatos monitorozásával (fizikai paraméterek, légszennyezők, sóaeroszol-koncentráció kontrollálása) működő terápiás sószobák³ mellett egyre elterjedtebbé válnak hazánkban és néhány környező kelet-európai országban a kevésbé kontrollált körülményekkel, inkább wellness jelleggel működő sószobák. Ezen létesítmények üzemeltetésére nincsenek szabványok, sem a sóaeroszol-koncentrációjára, sem a beltéri környezet egyéb paramétereire vonatkozóan. Vannak olyanok – különösen óvodák, bölcsődék sószobáiban – ahol kis, rosszul szellőztethető helyiségekben elhelyezett sófa-

lak, sótéglák, vagy sóoldattal telt edények lennének hivatottak valamilyen jótékony hatás kiváltására sóporlasztás nélkül. A nagyobb sóaeroszol-koncentrációt megcélzó száraz- vagy nedves sóporlasztással működő sósobák többségében is hiányzik a beltéri levegőminőség monitorozása a porlasztó működése alatt, mind a sóaeroszol-koncentrációt, mind a levegőminőség többi összetevőjét (széndioxid-koncentráció, kémiai és biológiai légszennyezők) illetően.

A gyermekintézmények (iskolák, óvodák, bölcsődék) belső tereinek jellemzően magas kihasználtsága és gyakran nem megfelelő frisslevegő-ellátása a beltéri légszennyezők megemelkedett koncentrációjához vezetnek az elvégzett levegővizsgálati eredmények alapján^{11,12,13,14,15,16,17}. A gyermekintézetekben a mikroorganizmusok magas beltéri szintje elősegíti a fertőző betegségek levegő útján történő terjedését, növeli az iskolai hiányzások számát. A beltéri légszennyezők koncentrációját a szellőztetés növelésével lehet csökkenteni, mivel ez a kórokozók felhígulását okozza^{18,19}. Ez a szempont az elmúlt két évtizedben az influenzával, a SARS-sal és más járványokkal kapcsolatos aggodalmak miatt fokozottan került előtérbe^{20,21,22}.

A fertőzések megelőzését szolgáló megfelelő intenzitású szellőztetés a sósobákban is szükséges a biológiai kórokozók koncentrációjának csökkentése és a penészesedés megelőzése céljából. A kielégítő szellőztetés másrészt csökkenti a nátrium-klorid beltéri koncentrációját is, így kérdésessé válik a sóinhaláció ilyen jellegű, közös sósobai alkalmazásának hatékonysága. Az üzemeltetők részéről a nagyobb sókoncentráció megtartása érdekében csökkentett friss-levegő ellátás a beltéri légszennyezők, köztük a kórokozó mikroorganizmusok feldúsulásához vezethet, így a fertőzések terjedésének kockázatát növeli.

Mindezek fényében kívántuk vizsgálni a hazai sósobák egyes mikrobiológiai légszennyezőit, különös tekintettel a gyermekintézményekben üzemelő sósobákra. Célunk volt tehát a sósobák beltéri baktérium- és gomba-koncentrációjának megismerése, kültéri referencia értékekkel való összevetése, egészségügyi irányértékek meghatározása, valamint javaslatok megfogalmazása a megfelelő levegőminőség biztosítása érdekében.

Módszerek

A mikroszkopikus gombák és baktériumok koncentrációjának mérésére Andersen-típusú készülékkel (MAS-

100 Eco, Merck) 100-100 liter levegőmintát vettünk 29 sósobából és referenciaként a kültéri levegőből is.

A vizsgált sósobákból 19-et üzemeltettek óvodákban vagy egyéb gyermekintézményekben, 10-et pedig felnőttek számára. 23 mintavétel történt fővárosi sósobákban és további 6 más városban (Balatonfüred, Törökbálint, Veszprém). A vizsgált sósobák négy típusba voltak sorolhatók: 1. száraz só porlasztásával működők; 2. sóoldat porlasztásával működők; 3. sóoldatot tartalmazó edények porlasztás nélküli kihelyezésével működők; illetve 4. csupán sótéglákat, sófalat tartalmazó sósobák.

A mintavételezéseket a sósobai foglalkozások időtartama alatt végeztük. A mintavétel során a készülék a beszívott levegőmintákat táptalajra ütközteti annak érdekében, hogy a levegőben lévő baktériumok és gombaspórák megtapadjanak a készülékben elhelyezett steril táptalaj felszínén, majd megfelelő inkubációs körülmények között csírázásnak induljanak. Baktériumok esetében a mintákat véres agaron, 37 °C-on, három napig inkubáltuk. A gombákat 10%-os klóramfenikolos maláta kivonat agaron (MEA) tenyésztettük, 25 °C-on, öt napig (1. ábra).

A kinőtt baktérium, valamint penész- és élesztőgomba telepeket megszámloltuk, majd meghatároztuk a levegőben lévő koncentrációjukat. A koncentrációkat a telepképző egységek köbméterenkénti számában (CFU/m³) fejeztük ki. Egészségügyi irányértékeket definiáltunk az 1. táblázatban foglaltak szerint (gombák: Moriske és Szewzyk²³, valamint Magyar és mtsai²⁴ alapján; baktériumok: Nemzeti Népegészségügyi Központ által javasolt irányérték).

A sporuláló fonális gombákat nemzetség szinten azonosítottuk Carl Zeiss Jenával fénymikroszkóp 300-szoros nagyításán. Az irányértéket meghaladó, gyakori fonális gombákat törzsgyűjteménybe helyeztük (20%-os glicerin oldatban, -80 °C-on tárolva), valamint molekulárisan azonosítottuk a MATE Akvakultúra- és Környezetbiztonsági Intézetében. Az előzőleg izolált DNS mintákból PCR segítségével felszaporoztuk a gombatörzsek riboszomális DNS gén klaszter köztes átíródó régióit: rDNS ITS (ITS1-5.8S-ITS2), az ITS1F Forward (5'-CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA A-3') és az ITS4 Reverse (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') primerek segítségével^{25,26}. Ezt követően hagyományos, Sanger-féle dideoxi láncterminációs szekvenálást végeztük az ABI 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA) készülék segítségével. A fajok azonosítását nukleotid BLAST elemzéssel végeztük a Biotechnológiai Információk Nemzeti Központjában (NCBI, USA) honlapján^{27,28}.

A törzsgyűjteménybe helyezett és molekulárisan azonosított törzsekkel növekedési teszteket végeztünk NaCl-al telített MEA táptalajon (25 °C-on, 7 napig) annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy a törzsek képesek-e a sószobákra jellemző magas sótartalom

mellett esetlegesen kialakuló nedves felületeken növekedni.

Vizsgálataink során a biológiai légszennyezők bel- és kültéri összetételét, valamint koncentrációját elemeztük.



1. ábra: A sószobákból történő levegőmintavétel és az ezt követő tenyésztési vizsgálatok összefoglaló ábrája
(A képek forrása: Internet és saját fotók)

1. táblázat: Biológiai légszennyezőkre vonatkozó egészségügyi irányértékek meghatározása beltéri helyiségekre vonatkoztatva

Biológiai légszennyezők	Beltér		Kültér
Baktériumok	összkoncentráció	>	összkoncentráció +200 CFU
Gombák I., kültérben gyakori gombák (<i>Alternaria</i> - és <i>Cladosporium</i> -fajok)	egy adott faj/morfotípus beltéri koncentrációja	>	ugyanazon faj/morfotípus kültéri koncentrációja ×2
Gombák II., egyéb gombafajok	egy adott faj/morfotípus beltéri koncentrációja	>	ugyanazon faj/morfotípus kültéri koncentrációja +50 CFU

Eredmények

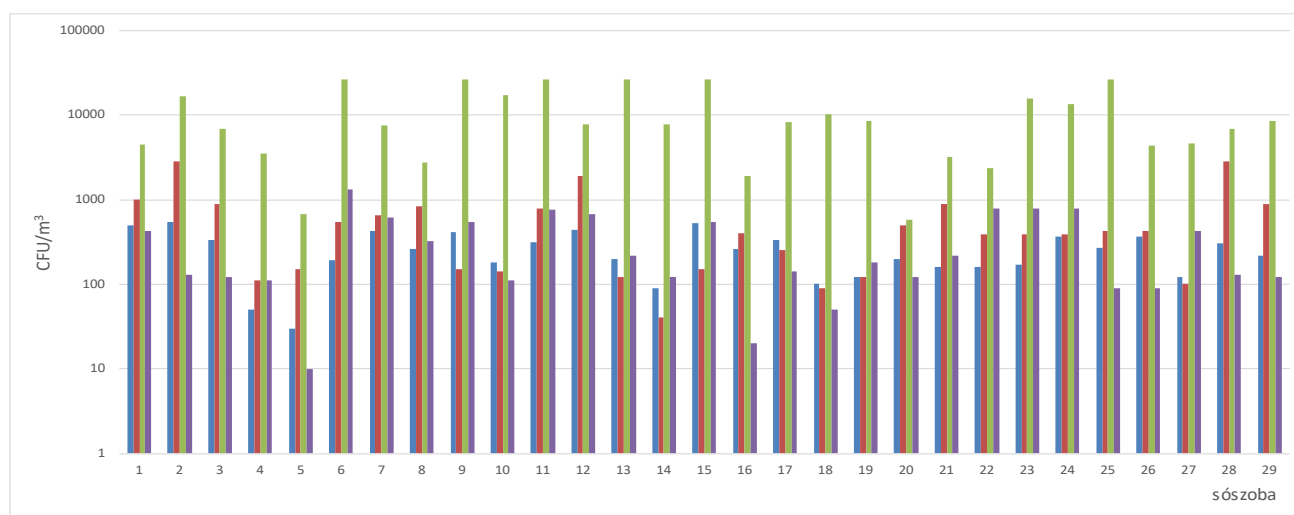
Mérési eredményeinket a 2. táblázatban és a 2. ábrán mutatjuk be. A baktériumok beltéri koncentrációja 580-26280 CFU/m³ között változott (az utóbbi érték a kimutathatósági érték maximuma), és minden vizsgált sószerobában magasabb volt, mint a kültéri levegőben. Koncentrációjuk átlagosan 32-szer magasabb volt beltérben, mint kültérben és minden vizsgált sószerobában meghaladták az egészségügyi irányértéket (ld. módszerek).

A penész- és élesztőgombák beltéri levegőben lévő összkoncentrációja 30 és 540 CFU/m³ között változott. A beltéri minták közel 70%-ában kisebb összgomba-koncentrációt mértünk, mint a kültérben. Az összgomba-koncentráció átlagosan közel fele akkora (41%) volt a beltérben, mint a kültérben. A vizsgált sószerobákból gyűjtött levegőminták penészgomba koncentrációja hét – 5 gyermek és 2 felnőtt – sószeroba esetében meghaladta az egészségügyi irányértéket. Továbbá 16 sószerobában az élesztőgombák szintje meghaladta a kültéri érték kétszeresét.

2. táblázat: A sószerobákban és a kültéri környezetben kimutatott gombataxonok és baktériumok légköri koncentrációjára vonatkozó eredmények

gombataxonok	átlag	medián	szórás	max	átlag	medián	szórás	max
	beltér				kültér			
<i>Aspergillus costaricensis</i>	0,34	0	1,86	10	0	0	0	0
<i>Aspergillus clavatus</i>	0,34	0	1,86	10	1,03	0	3,10	10
<i>Aspergillus sydowii</i>	0	0	0	0	0,34	0	1,86	10
<i>Aspergillus sect. Circumdati</i>	0,69	0	2,58	10	0	0	0	0
<i>Aspergillus sect. Fumigati</i>	2,76	0	7,97	30	29,0	0	139	750
<i>Aspergillus sect. Nidulans</i>	0	0	0	0	0,34	0	1,86	10
<i>Aspergillus sect. Nigri</i>	3,10	0	8,06	40	2,76	0	7,02	30
<i>Aspergillus sect. Versicolores</i>	1,03	0	4,09	20	6,55	0	33,4	180
<i>Aspergillus spp.</i>	4,14	0	8,67	40	2,76	0	6,49	30
<i>Aureobasidium sp.</i>	0,34	0	1,86	10	0,34	0	1,86	10
<i>Bipolaris spicifera</i>	0,34	0	1,86	10	0	0	0	0
<i>Beauveria sp.</i>	0,34	0	1,86	10	0,34	0	1,86	10
<i>Cephalotrichum spp.</i>	0	0	0	0	3,10	0	16,7	90
<i>Cladosporium spp.</i>	89,0	50	97,5	380	295	250	297	950
<i>Curvularia sp.</i>	0,34	0	1,86	10	0	0	0	0
<i>Epicoccum nigrum</i>	0,34	0	1,86	10	0	0	0	0
<i>Eurotium sp.</i>	0	0	0	0	0,69	0	3,71	20
<i>Fusarium sp.</i>	0	0	0	0	0,69	0	2,58	10
<i>Geomyces sp.</i>	0,34	0	1,86	10	0	0	0	0
<i>Geotrichum sp.</i>	0,69	0	3,71	20	1,03	0	5,57	30
<i>Hormographiella sp.</i>	1,03	0	5,57	30	0	0	0	0
<i>Monilia sp.</i>	0	0	0	0	0,69	0	2,58	10
<i>Mucor plumbeus</i>	0	0	0	0	0,34	0	1,86	10

<i>Parengyodontium album</i>	6,55	0	35,4	190	0	0	0	0
<i>Paecilomyces</i> sp.	0,34	0	1,86	10	0	0	0	0
<i>Phialophora</i> sp.	0,69	0	3,71	20	0	0	0	0
<i>Phoma</i> sp.	0	0	0	0	0,34	0	1,86	10
<i>Penicillium crustosum</i>	0,69	0	3,71	20	0	0	0	0
<i>Penicillium italicum</i>	3,45	0	18,6	100	0,34	0	1,86	10
<i>Penicillium polonicum</i>	1,72	0	9,28	50	2,07	0	11,1	60
<i>Penicillium</i> sp. 1.	3,79	0	20,4	110	0	0	0	0
<i>Penicillium</i> spp.	29,7	20	37,3	130	56,6	30	135	730
<i>Rhizopus</i> sp.	0	0	0	0	0,69	0	2,58	10
<i>Rhodotorula</i> sp.	1,72	0	4,68	20	0,69	0	2,58	10
<i>Talaromyces</i> sp.	1,03	0	3,10	10	0	0	0	0
<i>Trichoderma</i> sp.	0,69	0	2,58	10	0,34	0	1,86	10
<i>Ulocladium</i> sp.	1,03	0	3,10	10	0,34	0	1,86	10
egyéb Dematiaceae spp.	0	0	0	0	0,34	0	1,86	10
egyéb élesztő spp.	71,7	50	85,4	340	87,6	0	303	1180
nem sporuláló sp. 1.	0	0	0	0	5,86	0	17,6	60
nem sporuláló spp.	34,8	30	29,4	100	134	70	154	610
összgomba	263	260	142	540	633	400	724	2810
összbaktérium	11054	7830	9001	26280	343	180	322	1310

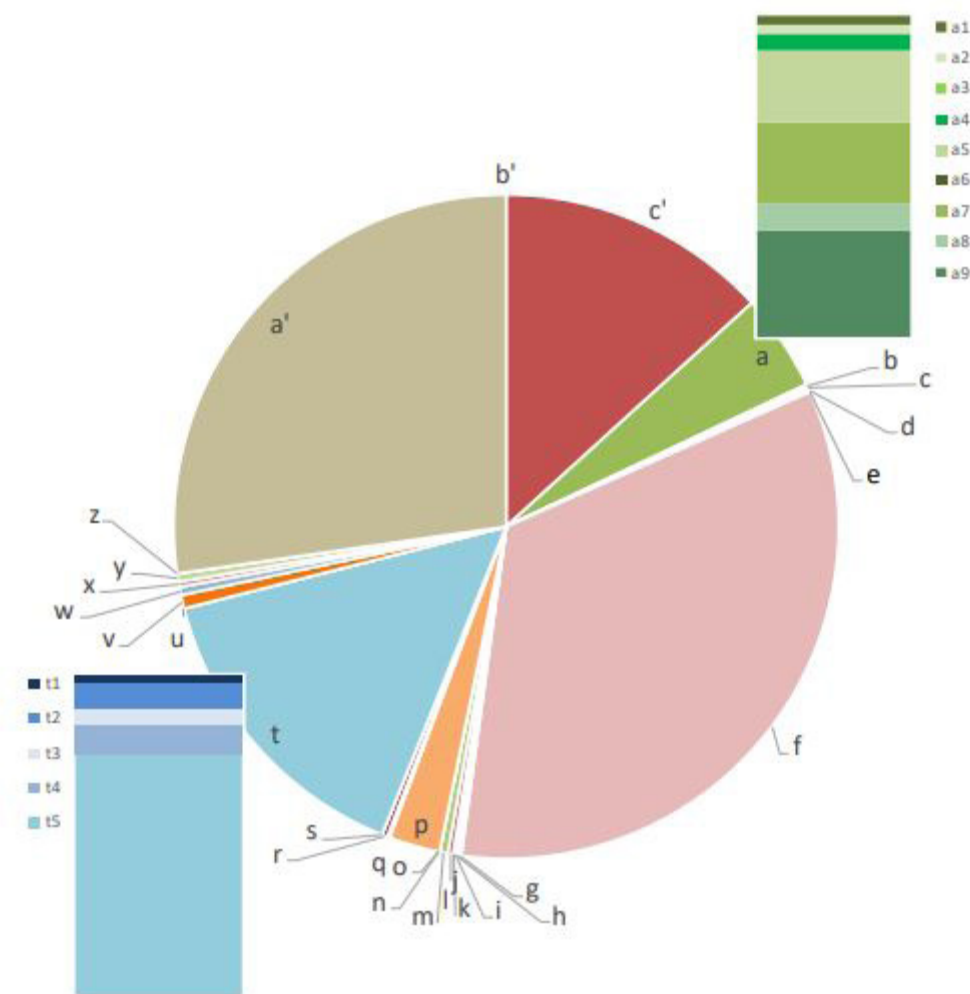


2. ábra: A sószobákban és a kültéri környezetben gyűjtött levegőmintákban mért öszgomba és öszzbaktérium csíraszám, 1-19: óvodai sószobák, 20-29: felnőtt betegeket fogadó sószobák; kék: gomba, beltér; piros: gomba, kültér; zöld: baktérium, beltér; lila: baktérium, kültér

A beltéri és a kültéri mintákból 27, illetve 26 gombataxont mutattunk ki. A sósobákban legnagyobb mennyiségben *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Parengyodontium album* és *Aspergillus* spp.; a kültérben *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp. és *Aspergillus* sect. *Fumigati* volt kimutatható. Az egyes, kimutatott nemzetségeket, valamint azok előfordulásának arányát a 3. ábrán szemléltettük. A sósobák típusának nem volt jelentős hatása a gombák előfordulására. Egy

esetben a rendkívül patogén *A. sect. Fumigati* magas kültéri koncentrációja magas beltéri koncentrációt is eredményezett. A molekulárisan azonosított törzsek: *Penicillium polonicum* és *P. italicum*.

A tolerancia tesztben résztvevő törzsek egyike sem volt képes növekedni NaCl-al telített táptalajon a kísérlet teljes időtartama alatt, így megállapítható, hogy a tömény NaCl-koncentráció letális a választott gombatörzsek számára.



3. ábra: Sósobák levegőjében kimutatott mikroszkopikus gombák

a1 *Aspergillus costaricensis**, a2 *A. clavatus*, a3 *A. sydowii*, a4 *A. sect. Circumdati*, a5 *A. sect. Fumigati*, a6 *A. sect. Nidulans*, a7 *A. sect. Nigri*, a8 *A. sect. Versicolores*, a9 *Aspergillus* spp. (egyéb), b *Aureobasidium* spp., c *Bipolaris spicifera*, d *Beauveria* spp., e *Cephalotrichum* sp., f *Cladosporium* spp., g *Curvularia* spp., h *Epicoccum nigrum**, i *Eurotium* spp., j *Fusarium* spp., k *Geomyces* spp., l *Geotrichum* spp., m *Hormographiella* spp., n *Monilia* sp., o *Mucor plumbeus*, p *Parengyodontium album**, q *Paecilomyces* spp., r *Phialophora* sp., s *Phoma* sp., t1 *Penicillium crustosum**, t2 *P. italicum**, t3 *P. polonicum**, t4 *Penicillium* sp. 1., t5 *Penicillium* spp. (egyéb), u *Rhizopus* spp., v *Rhodotorula* spp., w *Talaromyces* spp., x *Trichoderma* spp., y *Ulocladium* spp., z egyéb Dematiaceae spp.,

a' egyéb élesztő spp., b' nem sporuláló sp. 1., c' nem sporuláló spp.

(piros: sósobákban az irányérték felett, kék: csak kültéri, * molekulárisan azonosított).

Megbeszélés

A sósobákban gyűjtött levegőmintákban nagymértékű mikrobiális szennyezettség volt kimutatható, főként a baktériumok vonatkozásában. A gombák koncentrációja jelentősen alacsonyabb volt, mint a baktériumoké, azonban itt is előfordultak irányértéket meghaladó koncentrációk.

Külföldi, sóbányákban végzett vizsgálatok hasonló megfigyelésekről számolnak be: a baktériumok esetében általában magasabb koncentrációt közölnek, mint a gombák esetében. E tanulmányokban a baktériumok és gombaspórák légköri csíraszámának mérését lengyelországi és romániai (wieliczakai, bochniai, polkowice-sieroszowicei és a parajdi) sóbányák terápiás kamráiban végezték^{29,30,31,32,33,34,35}. E kamrákban a hazai sósobákhoz hasonlóan, a magas sókoncentrációra hivatkozva végzik a légúti betegségek kezelését, ugyanakkor a mikrobiális levegőminőség ezekben is kifogásolható volt. Az alábbi fejezetekben eredményeinket e sókamrákban végzett tanulmányok eredményeivel hasonlítjuk össze.

Sóbányák és sósobák levegőjének baktériumszennyezettsége

A wieliczakai sóbánya terápiás részlegén a baktérium-koncentráció átlagértékei 143 és 3787 CFU/m³ között ingadoztak Myszkowska és tsai³⁵ vizsgálatai alapján, Gębarowska és tsai³⁴ mérései szerint hasonlóan nagy kilengések mellett, magas koncentráció alakult ki Wieliczka és Polkowice-Sieroszowice sóbányaiban (60-2027 CFU/m³ és 1147-3827 CFU/m³). A bochniai sóbányában a baktérium-koncentráció 35 és 11688 CFU/m³ közötti tartományban változott, a magas értékeket a betegek jelenléte és mozgása mellett lehetett mérni, ugyanakkor, a terápiás foglalkozások után, az üres termekben a koncentráció szignifikánsan csökkent³³. A magas baktériumszámot a hazai vizsgálatoknál is magyarázhatja a gyermekintézményi sósobákra gyakran jellemző zsúfoltság és/vagy alulszellőztettség, valamint a gyermeksósobákban folytatott fizikai aktivitás.

A lengyelországi sóbányákban a levegő mikrobiális összetételének elemzése kimutatta, hogy főként mezofil Gram-pozitív baktériumok (*Micrococcus*, *Staphylococcus* spp.), mezofil aktinomiceták (elsősorban *Streptomyces* spp.) és penészgombák (*Cladosporium* és *Penicillium* spp.) fordultak elő mind a kültéri, mind pedig a beltéri mintákban³³. A mikroorganizmusok domináns csoportját a baktériumok alkották egy-

aránt a hazai és a külföldi sóterápiás helyiségekben. A baktériumok aránya egyes wieliczakai sókamrákban a 89-100%-ot is elérte³⁴. A bochniai sókamrákban a levegőminták össz-baktérium-tartalmának túlnyomó többségét (78-79%-át) a Gram-pozitív baktériumok tették ki, a betegek jelenlététől függetlenül³³. E sóbányákban gyűjtött levegőmintákban a baktériumok domináns csoportja a *Micrococcus* és *Staphylococcus* nemzetséghez tartozó mezofil Gram-pozitív fajok voltak. A sóbányákban a bioaeroszol összetétele elősegítheti az ozmotoleráns mikrobák terjedését, például egyes *Micrococcus*-, *Bacillus*- vagy *Penicillium*-fajok dominánssá válhatnak^{36,37}. A nátrium-klorid szelekciós hatása ismert, ez különösen erősen gátolja a Gram-negatív flóra, köztük az Enterobacteriaceae növekedését³⁴. A wieliczakai sóbánya levegőmintáiban egyáltalán nem találtak Gram-negatív flórát³⁴. A környezet savassága egyes földalatti sókamrákban (akár pH=5 értéken is) bakteriosztatikus tulajdonságokkal rendelkezhet^{31,33,38,39}. Ilyen összefüggést azonban nem figyeltek meg a gomba eredetű aeroszol esetében³³, amely valószínűleg ellenállóbb a környezeti stresszhatásokkal szemben, mint a bakteriális aeroszol⁴⁰. A sóbányák levegőjében kimutatható mikroorganizmusok összetétele alapján elmondható, hogy nagyrészt a betegek és a személyzet által behurcolt szennyeződésből származnak³⁵. A lengyelországi sóbányák levegőjéből izolált baktériumok jellemzően a bőrfelület és a légutak nyálkahártyáján élő flóra tagjai voltak³⁴. A bochniai bányákban vizsgált sókamrákban mérhető magas baktérium-koncentráció fő forrása a tüsszögés, köhögés, beszélgetés vagy a mozgás (gyógytorna) során történő intenzív kilégzés³³. A cseppfertőzéssel terjedő baktériumok, vírusok a rosszul szellőző, zsúfolt sóbányákban és sósobákban egyaránt egészségkockázatot jelentenek.

A baktériumok fajösszetételét csak egy olyan sósobában elemeztük, ahol nagyon magas *Brevibacterium casei*, *Mycobacterium goodii* és *Pseudomonas aeruginosa* koncentrációkat találtunk a levegőben (Magyar D., közlés alatt). Ebben a helyiségben a porlasztó 3 tömegszázalékos NaCl oldatában is több mint 300 CFU/100 ml *Pseudomonas aeruginosa* baktériumot találtunk. A többi vizsgált porlasztóban legalább 8 tömegszázalékos nátrium-klorid oldatot alkalmaztak porlasztásra, melyekben nem találtunk jelentős bakteriális szennyeződést.

Sóbányák és sósobák levegőjének gombaszennyezettsége

A gombák koncentrációja a baktériumokhoz képest mérsékeltebb volt a lengyel sóbányákban: maximum 295 és 750 CFU/m³ közötti értékeket mértek³⁴. Hazai vizsgálatainkban szintén jelentős eltéréseket tapasztaltunk a baktériumok és a gombák összcsíraszama között, amely nagyságrendileg azonos volt a sóbányákban megfigyelt értékekkel. A bochniai sókamrákban a gombák légköri koncentrációja a vizsgált helyiségekben 7 és 566 CFU/m³ között mozgott³³, miközben a kültéri gombaaeroszol szint jelentősen magasabb volt, elérve a 9731 CFU/m³-t. Emellett megállapították azt is, hogy a kamrákban a gombák koncentrációja a kezelések során (azaz a személyzet és a betegek jelenlétében) és azok nélkül szignifikáns mértékben nem különbözött, ellentétben a baktériumokéval. A legmagasabb beltéri gombaaeroszol-koncentrációt azonban abban a sókamrában figyelték meg, ahol a betegek testmozgást végeztek.

A lengyel sóbányákban az egyes sókamrákat külön is megvizsgálva azt tapasztalták, hogy ezekben a gombák koncentrációja jelentősen különbözik, függetlenül a betegek jelenlététől vagy hiányától^{30,33}.

A gombaszennyezettség vonatkozásában az egyes hazai sósobák között szintén jelentős eltérések voltak megfigyelhetők. A gombák koncentrációja a vizsgált hazai sósobák beltéri levegőjében általában valamivel alacsonyabb volt, mint a kültérben (szemben a baktériumokkal, ahol a beltéri koncentráció jóval magasabb volt, mint a kültéri). Ez hasonló a bochniai sóbányában tapasztaltakkal, ahol a kültéri környezetben szignifikánsan magasabb volt a koncentráció, mint a kamrákban (akár a betegek jelenlétében, akár távollétükben). A szerzők ebből arra következtettek, hogy a vizsgált kamrák gombaszennyeződésének fő forrása a kültéri levegő, amely a lehetséges beltéri szennyezőforrások hatását is elfedheti. Hazai vizsgálataink alapján szintén arra a következtetésre jutottunk, hogy a külső téri szennyezőforrások számottevően ronthatják a sósobák levegőminőségét. A felszíni épületekben található sósobáknál nagyobb jelentősége lehet a külső térben található szennyezőforrásoknak, mint a felszín alatt, a sóbányákban kialakított terápiás helyiségekben. Figyelmet érdemel annak az óvodai sósobának az esete, ahol a külső térből a tüdőmikózisos megbetegedésekből jól ismert *Aspergillus* sect. *Fumigati* spórái jutottak be nagy mennyiségben a sósoba levegőjébe. E gomba általában rosszul kezelt komposzthalmokban szaporodik el, így feltételezhető, hogy a sósoba

ablakának közelében rothadó zöldhulladék vagy egyéb penészes növényi maradványok gyűltek össze, amelyeken kifejlődtek a sporuláló gombatelepek. Ez elkerülhető lenne a bejuttatott kültéri levegő szűrésével. A beáramló levegő szűrését is ellátó mesterséges szellőztetést a bochniai méréseket végző szakemberek is javasolták, hangsúlyozva, hogy e módszerrel csökkenthető a levegő penészgomba szennyezettsége a sókamrákban³³. A sóterápiás helyiségek gyógyhátásának fenntartásához szükséges megfelelő beltéri levegőminőség biztosítása érdekében a rendszeres aerobiológiai kontroll vizsgálatot is javasolják³³.

A sóbányákban azonosított gombafajok száma (10-24) viszonylag alacsony; mindemellett e fajok alig néhány (5-10) nemzetség képviselői, amelyek között a leggyakoribbak a *Penicillium*-nemzetségbe tartozó gombák voltak^{33,34,35}. A terápiás sóbányákban a *Penicillium*-fajok mellett az *Alternaria*-, *Aspergillus*- és *Cladosporium*-nemzetségekhez tartozó gombafajok is gyakoriak – e tekintetben a szakirodalom viszonylag egységes képet mutat^{30,33,41,42}.

A vizsgált hazai sósobákban a nemzetségek összetétele hasonló volt, de a fajszám valamivel magasabb volt, mint a külföldi terápiás sóbányák esetében. Ez a nagyobb diverzitás abból eredhet, hogy a külső téri környezet minden sósoba esetén valamelyest különbözik (a gombáknak élőhelyet biztosító növényzet és tápanyagok összetételében), szemben a sóbányákkal, ahol több sókamrához ugyanaz a külső téri környezet biztosítja a friss levegőt. Bizonyos sósobák levegőjében az egészségügyi irányértéket meghaladó koncentrációban fordultak elő *Penicillium*-fajok. A *Penicillium polonicum* és *P. italicum* spórái irritációt és allergiás reakciókat válthatnak ki. E nemzetség képviselői allergiás rhinitist, súlyosabb esetben hiperszenzitív tüdőgyulladást is okozhatnak. A szintén irányértéket meghaladó koncentrációban előforduló *Parangyodontium album* immunszupprimált egyéneknél bőrmikózisokat okozhat⁴³.

Említést érdemel, hogy vizsgálatainkban különböző típusú sósobák szerepeltek (beporlasztott száraz só; beporlasztott sóoldat; porlasztás nélkül sóoldatot párologtató edények; valamint pusztán sófállal rendelkező sósobák). E különböző típusú sósobák eltérő életfeltételeket kínálhatnak a mikroorganizmusok számára mindemellett, hogy minden sósoba kültéri környezete is más és más. Az egyes sósoba típusok levegőminőségének összehasonlítására ebben a tanulmányban nem térünk ki.

Tolerancia tesztekkel megállapítottuk, hogy az ál-

talunk izolált gombatorzsek extrém sókoncentráció mellett nem képesek növekedésre.

Összegezve, a vizsgált hazai sósobákban az allergén- és kórokozómentes levegőkörnyezet nem biztosított. Miközben ezeket a létesítményeket abból a célból hozták létre, hogy a légszennyező anyagok és allergének negatív egészség hatásait ellensúlyozzák, úgy tűnik, kialakításuk és karbantartásuk nem a szakmai követelményeknek, hanem inkább az alternatív gyógy módok iránti megalapozatlan tömegigényeknek felel meg. Az ellenőrzött körülmények hiánya egészségkockázattal jár, a gyakran jellemző zsúfoltság és a nem kielégítő szellőztetés miatt a fertőzések átvitelének kockázata magas. Mivel a szellőztetés intenzitásának növeléséhez nagyobb mennyiségű só beporlasztása szükséges a sóinhalációs terápia során, az üzemeltetők gyakran minimalizálják a levegőcserét a sóaeroszol-koncentráció fenntartása érdekében, ami a mikrobák magas koncentrációjához vezet, különösen a zsúfoltabb sósobákban.

Következtetés, javaslatok

- Mivel a közösen használt sósobákban jelentős mértékű mikrobiális szennyezettség volt kimutatható, megállapítható, hogy e sósobákban a légúti fertőzések átadásának kockázata nem elhanyagolható, míg az otthon alkalmazható egyéni inhalátorok, illetve porlasztók használata esetén nincs ilyen kockázat.
- Gyermekintézményekben közös, több csoport által használt sósoba helyett javasolható inkább az egyes foglalkoztatókban az adott csoportok számára helyben időszakosan működtetett, mobil sóaeroszolképző készülékek alkalmazása.
- Ha mégis igény van sósobai foglalkozásokra, akkor célszerű a sósobákban, az egy időben ott tartózkodó gyermekek számának csökkentése (például egy napon csak egy óvodai/bölcsődei csoport használja a sósobát, és a zsúfoltság elkerülésére az egy főre jutó alapterület ne legyen kisebb, mint 3 m²/fő bölcsődékben, és 2 m²/fő óvodákban, iskolákban).
- Mindenképpen javasolt olyan mesterséges szellőztetés telepítése, mely a bent lévők számához igazított frisslevegő-utánpótlást biztosítja, ezzel hígítva a beltéri kórokozók koncentrációját, emellett szűri a beáramló kültéri levegőt. A megfelelő szűrővel rendelkező szellőztetőrendszer mind a kültérből származó mikrobák, mind az egyéb

kültéri légszennyezők koncentrációját csökkenti. Mesterséges szellőztetés hiányában is szükséges azonban a gondos szellőztetés az igénybevevők által kilélegzett kórokozó mikrobák koncentrációjának csökkentése és friss levegő biztosítása céljából. Ilyen esetben a kültéri gombaspórák bejutásának csökkentése érdekében lehetőség szerint az ablak közeléből el kell távolítani a potenciális forrásokat (komposztáló, avargyűjtő, stb).

- A közegészségügyi-járványügyi szempontból elengedhetetlen szellőztetés során veszített sóaeroszol pótlása, és a hatékony sóaeroszol-koncentráció megtartása folyamatos monitorozással oldható meg, amelynek során a mért sóaeroszol-koncentrációhoz igazodva történik a sóporlasztás (folyamatos kontrollált sóporlasztás).
- Különös figyelmet kell fordítani a penészgombák elleni védekezésre, ezért fokozottan kell figyelni a falpenészesedés megakadályozására és csökkentésére. Nem javasolható a sósoba kialakítása hideg, nedves falú pincehelyiségekben.

Mindezeket figyelembe véve szükséges a megfelelő beltéri levegőminőség ellenőrzése és biztosítása az említett intézményekben.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény az alábbi - Innovációs és Technológiai Minisztérium által biztosított - pályázatok anyagi támogatásával készült: Tématerületi Kiválósági Program 2020, Nemzeti Kihívások Alprogram (TKP2020-NKA-16); Nemzeti, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott Új Nemzeti Kiválóság Program (ÚNKP-21-4).

Szerzők hozzájárulása

T.Zs., K.R.: helyszíni mintavételek szervezése és kivitelezése; M.D., T.Zs.: minták feldolgozása, elemzése, gombák meghatározása; K.R., M.D., T.Zs., Sz.T.: szakirodalmi adatgyűjtés, közlemény elkészítése; K.B., Sz.I., Sz.T.: szakmai támogatás, molekuláris vizsgálati lehetőségek megteremtése

Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekeltiségek.

Nyilatkozatok

A szerzők nyilatkoznak arról, hogy a cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Irodalomjegyzék

1. Agnihotri, N. T., Greenberger, P. A.: Unproved and controversial methods and theories in allergy/immunology. *Allergy and Asthma Proceedings*, 2019, 40(6), 490–493. <https://doi.org/10.2500/aap.2019.40.4278>
2. Rashleigh R., Smith S. M., Roberts, N. J.: A review of halotherapy for chronic obstructive pulmonary disease. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.*, 2014, PMID: 24591823; PMCID: PMC3937102. <https://doi.org/10.2147/COPD.S57511>
3. Chervinskaya, A. V., Zilber, N. A.: Halotherapy for treatment of respiratory diseases. *J. Aerosol. Med.*, 1995, 8(3), 221–232. <https://doi.org/10.1089/jam.1995.8.221>
4. Weinreich, U. M., Nilsson, T., Mylund, L., et al.: Salt halo therapy and saline inhalation administered to patients with chronic obstructive pulmonary disease: A pilot study. *J. Palliat Care Med.*, 2014, 4(185), 2. <https://doi.org/10.4172/2165-7386.1000185>
5. Donaldson, S. H., Bennett, W. D., Zeman, K. L., et al.: Mucus clearance and lung function in cystic fibrosis with hypertonic saline. *N. Engl. J. Med.*, 2006, 354: 241–250 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa043891>
6. Elkins, M. R., Robinson, M., Rose, B. R., et al.: A controlled trial of long-term inhaled hypertonic saline in patients with cystic fibrosis. *N. Engl. J. Med.*, 2006, 354(3): 229–40. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa043900>
7. Wark, P., McDonald, V. M.: Nebulised hypertonic saline for cystic fibrosis. *Cochrane Database Syst Rev.*, 2018, 9: CD001506. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001506.pub4>
8. Zhang, L., Mendoza-Sassi, R. A., Klassen, T. P., et al.: Nebulized Hypertonic Saline for Acute Bronchiolitis: A Systematic Review. *Pediatrics*, 2015, 136(4): 687–701. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-1914>
9. Kirolos, A., Manti, S., Blacow, R., et al.: A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Management of Bronchiolitis. *J. Infect. Dis.*, 2019, 240. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiz240>
10. Khan, M. A., Kottenko, K. V., Korchazhkina, N. B., et al.: The promising directions for the further development of halotherapy in pediatric medicine. *Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult.*, 2016, 93(6): 61–66. <https://doi.org/10.17116/kurort2016661-66>
11. Csobod, E., Annesi-Maesano, I., Carrer, P., et al.: SINPHONIE (Schools Indoor Pollution and Health – Observatory Network in Europe) Final Report, 2014. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC91160/lbna26738enn.pdf>
12. Hospodsky, D., Yamamoto, N., Nazaroff, W. W., et al.: Characterizing airborne fungal and bacterial concentrations and emission rates in six occupied children's classrooms. *Indoor air*, 2015, 25(6), 641–652. <https://doi.org/10.1111/ina.12172>
13. Madureira, J., Paciência, I., Rufo, J., et al.: Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms *Atmospheric Env.*, 2015, 118, 145–156 <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.07.028>
14. Salthammer, T., Uhde, E., Schripp, T., et al.: Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution. *Environ Int.*, 2016, 94: 196–210. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.009>
15. Szabados, M., Csákó, Z., Kotlík, B., et al.: Indoor air quality and the associated health risk in primary school buildings in Central Europe–The InAirQ study. *Indoor Air*, 2021, 31 (4), 989–1003. <https://doi.org/10.1111/ina.12802>
16. Kubera, Ł., Studzińska, J., Dokładna, W., et al.: Microbiological air quality in some kindergartens and antibiotic resistance of bacteria of the *Staphylococcus* spp. genus. *Med. Pr.*, 2015, 66(1): 49–56. PMID: 26016045 <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00162>
17. Rejc, T., Kuček, A., Bizjak, M., et al.: Microbiological and chemical quality of indoor air in kindergartens in Slovenia. *Int. J. Environ. Health. Res.*, 2020, 30(1): 49–62. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1572870>
18. Fisk, W. J. Seppänen, O., Faulkner, D., et al.: Economizer System Cost Effectiveness: Accounting for the Influence of Ventilation Rate on Sick Leave Permalink, in: ISIAQ 7th Int. Conf. Heal. Build., Singapore, 2003.
19. Mendell, M. J., Eliseeva, E. A., Davies, M. M., et al.: Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air.*, 2013, 23(6): 515–28. <https://doi.org/10.1111/ina.12042>
20. Li, Y., Leung, G. M., Tang, J. W., et al.: Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air.*, 2007, (1): 2–18. PMID: 17257148 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2006.00445.x>

21. Morawska, L., Tang, J. W., Bahnfleth, W., et al.: How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ. Int.*, 2020, 142: 105832. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
22. REHVA: Guidance for Schools. 2020, https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_Guidance_School_Buildings.pdf
23. Moriske H-J., Szewzyk R.: Zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen Herausgeber und Redaktion:Umweltbundesamt, Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Umweltbundesamt, Berlin, 2002
24. Magyar D., Stefán G., Körmöczy P., et al.: A beltéri levegő gombaszennyezettsége Magyarországon. *Egészségtudomány*, 2016, 61 (1):13-37. <http://egeszsegtudomany.higienikus.hu/cikk/2017-1/2017-1.pdf>
25. White, T. J., Bruns, T., Lee, S., et al.: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, 1990, 18(1), 315–322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
26. Liu, D.: Molecular detection of human fungal pathogens. 1st edn. USA: CRC Press., 2011, pp. 17-18, 247-252. <https://doi.org/10.1201/b11375>
27. Altschul, S., Gish, W., Miller, W., et al.: Basic local alignment search tool. *J. Molec. Biol.*, 1990, 215(3), 403-10. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2)
28. NCBI: National Center for Biotechnology Information, www.ncbi.nlm.nih.gov (utolsó megtekintés: 2022. 02. 01.)
29. Obtułowicz, K.: Badania mikrobiologiczne i palinologiczne/Microbiological and palynological tests, In R, Ney (Ed.), *Modelowe Studium Kompleksowego Wykorzystania i Ochrony Surowców Balneologicznych Krakowa i Okolicy* (pp, 40–41), Krakow: Sigma Polska Akademia Nauk, 2002.
30. Bis, H., Grzyb, J., Barabasz, W., et al.: Prevalence of fungi: Micromycetes in the health resort chambers in Bochnia and Wieliczka salt mines, *Acta Agraria et Silvestria, Series Agraria*, 2004, 42, 29–39.
31. Grzyb, J., Bis, H., Barabasz, W., et al.: Studies upon bacteria occurrence in air of Bochnia and Wieliczka Salt Mine chambers, *Acta Agraria et Silvestria, Series Agraria*, 2004, 42, 163–176.
32. Gropoşilă G., Deák Gy., Deák Şt.: Sustainable exploitation of natural resources, Therapeutic characteristics investigation of the salt mines, *Proceedings of the Third International Seminar ECOMINING – Europe in 21st Century*, Milos Island, 2009 September 4-5, Greece
33. Frączek, K., Górny, R. L., Ropek, D.: Bioaerosols of subterranean therapy chambers at salt mine health resort, *Aerobiologia*, 2013, 29(4), 481-493 <https://doi.org/10.1007/s10453-013-9298-y>
34. Gębarowska, E., Pusz, W., Kucińska, J., et al.: Comparative analysis of airborne bacteria and fungi in two salt mines in Poland, *Aerobiologia*, 2018, 34(2), 127-138 <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9502-6>
35. Myszkowska, D., Kostrzon, M., Dyga, W., et al.: Bioaerosol of salt chambers in the ‘Wieliczka’ Salt Mine, Poland, *Aerobiologia*, 2019, 35(2), 297-311 <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09561-7>
36. Solomon, F. E., Viswalingam, K.: Isolation, characterization of halotolerant bacteria and its biotechnological potentials, *Int. J. Scient. & Engin. Res.*, 2013, 4(3), 1-7. ISSN 2229-5518
37. Roohi, A., Ahmed, I., Iqbal, M., et al.: Preliminary isolation and characterization of halotolerant and halophilic bacteria from salt mines of Karak, Pakistan, *Pak. J. Bot.*, 2012, 44, 365–370.
38. Olechnowicz-Bobrowska, B., Wojkowski, J., Frączek, K., et al.: Microclimatic and microbiological characteristics of treatment chambers in Bochnia and Wieliczka salt mines, In *Proceedings of the 6th Ecological Congress EKO-MED: Environmental threats to society in the beginning of the 21st century*, 2000, 151–156.
39. Szczegielniak, J., Migala, M.: Meaning of microclimate of caves in a health resort medical care, *Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska*, 2003, 243, 219–223.
40. Pastuszka, J. S.: [Exposure of the general population living in the Upper Silesia Industrial Zone to the particulate, fibrous, and biological (bacteria and fungi) aerosols] *Narażenie na aerozole ziarniste, włókniste i biologiczne (bakterie i grzyby mikroskopijne) populacji generalnej Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*, *Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej*, 2001, 73, serie: Monografie 40, Wrocław
41. Skrzyńska, J.: Microbiological investigation of air in the underground of Wieliczka Salt Mine, *Przegląd Lekarski*, 1948, 4, 1-14.
42. Doleżał, M., Doleżał, M., et al.: Microflora of subterranean chambers in Wieliczka Subterranean Therapy Centre. *Biopollut Build Health*, 1983, 35, 55-65.
43. Tsang, C. C., Chan, J. F., Pong, W. M., et al.: Cutaneous hyalohyphomycosis due to *Parengyodontium album* gen. et comb. nov. *Med. Mycology*, 2016, 54(7), 699-713. <https://doi.org/10.1093/mmy/myw025>