

Bakterie z čeledi *Enterobacteriaceae* v recyklovaných vodách, metody jejich stanovení a citlivost na vybraná antibiotika

DANA BAUDIŠOVÁ, ŠÁRKA BOBKOVÁ, VLADISLAV JAKUBŮ, HANA JELIGOVÁ, FRANTIŠEK KOŽÍŠEK

Klíčová slova: recyklovaná voda – *E. coli* – koliformní bakterie – ATB rezistence

SOUHRN

Článek pojednává o výskytu bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae* (tj. zástupců koliformních bakterií, termotolerantních koliformních bakterií a druhu *Escherichia coli*) v různých typech recyklovaných vod (šedé vody, srážkové vody, vody z městských vodních prvků). V textu je upozorněno na možné problémy při jejich detekci, tj. na citlivost a specifčnost kultivačních metod. Zároveň je prezentováno druhové složení koliformních bakterií v čištěných šedých vodách a jejich citlivost na vybraná antibiotika. Největší podíl antibiotické rezistence byl podle očekávání zjištěn u penicilinových derivátů (ampicilin a amoxicilin-kyselina klavulanová), který u skupiny *Escherichia coli/Shigella* tvořil 32 %. Rezistence na další studovaná antibiotika byla prokázána u 7–12 % kmenů ze všech izolovaných druhů koliformních bakterií. Nejvíce rezistentních kmenů bylo izolováno ze zdravotnického zařízení. Pouze jeden kmen *Escherichia coli* izolovaný z vod ze zdravotnického zařízení byl rezistentní na meropenem.

ÚVOD

Escherichia coli (*E. coli*) je nejdůležitějším ukazatelem fekálního znečištění a již prakticky nahradila dříve používané koliformní bakterie (případně termotolerantní/fekální koliformní bakterie), které na rozdíl od *E. coli* nemusejí mít vždy fekální původ a někteří zástupci se mohou ve vodním prostředí běžně rozmnožovat. *E. coli* je tak klíčovým mikrobiologickým ukazatelem ve většině předpisů zahrnujících požadavky na hygienickou nezávadnost vody. Nejinak je tomu i v případě vod recyklovaných. Při naší rešerši zahraničních předpisů týkajících se požadavků na kvalitu recyklované či srážkové vody při jejím využití v interiéru jsme zjistili, že ve 12 ze 14 předpisů je sledována *E. coli*, ve čtyřech předpisech je předepsáno také sledování výskytu koliformních bakterií a ve třech je požadováno sledování fekálních (termotolerantních) koliformních bakterií buď jako jediného mikrobiologického ukazatele, nebo společně s *E. coli*. Autoři Matějů a kol. [1] zpracovali přehled 22 norem a právních předpisů pro regulaci opětovného používání vod včetně vod pro závlahu. V každém z těchto předpisů jsou uvedeny požadavky týkající se mikrobiologických ukazatelů, reprezentovaných koliformními bakteriemi, termotolerantními koliformními bakteriemi a *E. coli*. Pro zajímavost je uváděna nejčastěji (tj. 13x) *E. coli* (59 %), dále ve výčtu následují (celkem sedmkrát) koliformní bakterie a fekální (termotolerantní) koliformní bakterie. Z toho je čtyřikrát uvedena kombinace *E. coli* a koliformní bakterie a jednou kombinace koliformní a fekální (termotolerantní) koliformní bakterie. Občas se v nějakém textu, diskusi nebo návrhu předpisu objeví termín „termotolerantní coli“, který je

zavádějící a s největší pravděpodobností odkazuje na skupinu termotolerantních koliformních bakterií. Druh *E. coli* jako takový termotolerantní je, ale tato vlastnost se ve vodním (nefyziologickém) prostředí ztrácí jako první.

Předmětem příspěvku není hodnotit význam těchto ukazatelů v recyklovaných vodách, nýbrž ukázat na jejich heterogenitu v tomto prostředí a metodické těžkosti při jejich stanovení. Ty jsou dány především složitou, vysoce oživenou a heterogenní matricí (vysoký obsah doprovodné mikroflóry). Aby byly získané výsledky relevantní (tj. správné a přesné), použité metody musejí být dostatečně citlivé a selektivní, což bývá u takto oživených matric velký problém. Tuto problematiku jsme již řešili dříve u přírodních koupacích vod [2], kde se jako nejvhodnější metoda pro stanovení *E. coli* osvědčil finančně náročný postup MPN (nejpravděpodobnějšího počtu) podle ČSN EN ISO 9308-2.

METODIKA

Vzorky a jejich odběry

Od června roku 2020 do prosince roku 2021 byly za dodržení platných pravidel pro odběr vzorků (ČSN EN ISO 5667-1, ČSN EN ISO 5667-3, ČSN EN ISO 19458) do sterilních vzorkovnic odebírány vzorky šedých vod (obytné budovy, veřejné budovy a zdravotnická zařízení), srážkových vod (obytné budovy a veřejné budovy) a recyklovaných vod z městských vodních prvků. Vzorky byly transportovány za stálého chlazení (5 ± 3 °C) a zpracovány maximálně do 18 hodin po odběru.

Metody analýz

Pro kulturační stanovení byly použity metody podle následujících norem a postupů:

- ČSN EN ISO 9308-1 – Chromocult Coliform agar (Merck), membránová filtrace (filtry o porozitě 0,45 μm), kultivace 24 hodin při 36 °C.
- ČSN EN ISO 9308-2 – Colilert/Quanti-Tray, kultivace 18 hodin nebo 24 hodin (podle typu testu) při 36 °C.
- ČSN 757835 – m-FC agar (Merck), membránová filtrace (filtry o porozitě 0,45 μm), kultivace 24 hodin při 44 °C.
- Optimalizovaná metoda stanovení *E. coli* na chromogenním TBX médiu (Merck), membránová filtrace (filtry o porozitě 0,45 μm), kultivace 24 hodin při teplotách 36 °C nebo 44 °C, případná předkultivace na selektivním médiu TSA /CA nebo také TBX 4 hodiny při 36 °C.

Stanovení antibiotické rezistence

Z čištěných šedých vod (11 lokalit) bylo izolováno 145 kmenů gramnegativních bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*, patřících do skupiny koliformních bakterií. Kmeny byly přečištěny a identifikovány metodou MALDI-TOF a dále u nich bylo provedeno testování citlivosti na antibiotika diskovou difúzní metodou podle European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing, verze 7.0 z ledna 2019, tzv. EUCAST [3] (obr. 1). Pokud byl ve vzorku zachycen nízký počet kolonií (méně než pět) byly testovány všechny; jinak bylo vybráno pět až osm kolonií, pokud možno různého vzhledu. Kmeny byly testovány na antibiotika od firmy Oxoid (v závorce je uveden obsah disku): ampicilin (10 µg), amoxicilin-kyselina klavulanová (30 µg), cefotaxim (5 µg), cefepim (30 µg), cef-tazidim (10 µg), meropenem (10 µg), ciprofloxacín (5 µg) a gentamicin (10 µg).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Zastoupení *E. coli* mezi koliformními bakteriemi v různých typech (nejen recyklovaných) vod

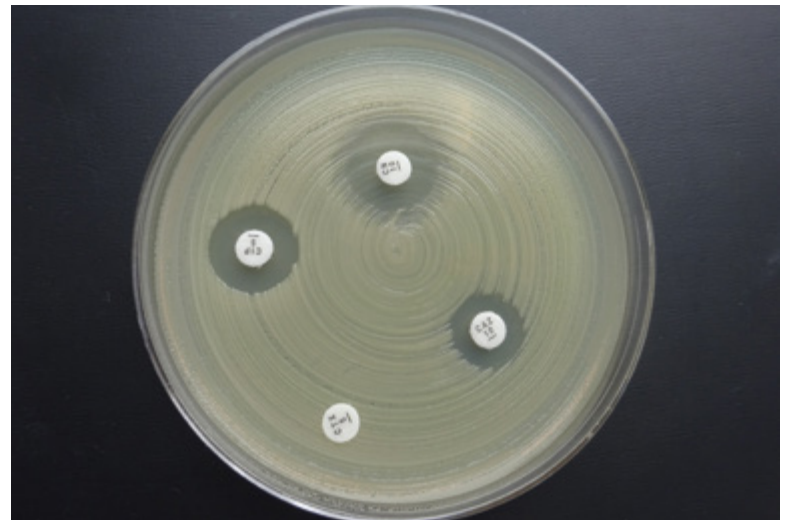
E. coli je stejně jako ostatní koliformní bakterie zástupcem čeledi *Enterobacteriaceae*, nepřežívá však – na rozdíl od jiných druhů – dlouhodobě ve vodním prostředí. Procentuální zastoupení *E. coli* mezi koliformními (případně termotolerantními koliformními) bakteriemi může ukazovat závažnost přímého fekálního znečištění a částečně i úroveň organického znečištění. V tab. 1 je uvedeno různé procentuální zastoupení *E. coli* mezi koliformními bakteriemi v různých typech námi sledovaných recyklovaných vod. Uvedeny jsou pouze výsledky odběrů v roce 2021, jelikož všechny tyto analýzy byly provedeny metodou dle ČSN EN ISO 9308-2, tudíž jsou mezi sebou porovnatelné. Pro statistické účely byly hodnoty nad pracovním rozsahem > 2419,2 nahrazeny hodnotou 3750 a hodnota > 4838,4 hodnotou 7500 MPN/100 ml.

Nejvíce zjištěných zástupců bakterie *E. coli* mezi koliformními bakteriemi bylo podle očekávání nalezeno v surových šedých vodách (31 %). Tyto výsledky jsou však také nejméně přesné, neboť zde se nejvíce výsledků pohybovalo nad pracovním rozsahem metody. V upravené šedé vodě už bylo *E. coli* nalezeno výrazně méně (8,1 %). Druhý nejvyšší výskyt *E. coli* byl zjištěn v městských vodních prvcích, což je logické, neboť i tam může docházet k přímému fekálnímu znečištění. Naopak nejméně *E. coli* mezi koliformními bakteriemi (2,6 %) bylo stanoveno ve srážkových vodách, kde byly nízké i absolutní počty. Pro srovnání, např. v povrchových vodách (toky Labe a Vltava) byla *E. coli* nalezena mezi koliformními bakteriemi ve 24,7 % případů [4]. Zde však ukazatele nebyly stanoveny metodou podle ČSN EN ISO 9308-2, ale podle ČSN 757837 (Endo agar), resp. ČSN 757835 (m-FC s β-D-glukuronidázou). Změna metody stanovení koliformních bakterií, v tomto případě fermentace laktózy versus aktivita β-D-galaktosidázy, vedla k širšímu pojetí skupiny koliformních bakterií, která v současné době zahrnuje výrazně více druhů, než tomu bylo v minulosti.

Metody testované ke stanovení koliformních bakterií a *E. coli* v recyklovaných vodách

Problémem detekce – především druhu *E. coli* ve vodách s bohatou doprovodnou mikroflórou – je skutečnost, že stanovení se obvykle provádí paralelně s detekcí koliformních bakterií na velmi citlivém médiu. Detektory (membránové filtry nebo Petriho misky) bývají přerostlé nejen doprovodnou mikroflórou, ale případně i koliformními bakteriemi, díky čemuž je *E. coli*, jež je většinou ve výrazné menšině, diskriminována tak, že její kolonie nemohou na médiu řádně narůst. Ředění vzorků v tomto případě nepomůže, protože *E. coli* se vyvede jako první (obr. 2), čímž je možné získat falešně negativní výsledek, resp. významně se zvýší mez detekce. Statistické hodnocení těchto typů výsledků v našem šetření provedeno nebylo, protože některé metody byly rychle vyloučeny po analýzách několika sérií vzorků jako metody nevhodné pro danou matici.

Další možností je použít médium m-FC (ČSN 757835) a stanovit buď termotolerantní koliformní bakterie (ukazatel jako takový), nebo identifikovat *E. coli* následnou detekcí enzymu β-D-glukuronidázy. První možnost by byla asi vhodnější, jelikož m-FC médium je extrémně selektivní (s nízkou produktivitou pod 50 %) a kultivační teplota 44 °C je opravdu vysoká, nicméně výsledky stanovení *E. coli* bývají touto metodou podhodnocovány [2]. Ačkoli ve většině případů je doprovodná mikroflóra eliminována, v extrémně mikrobiálně zatížených vzorcích (jež



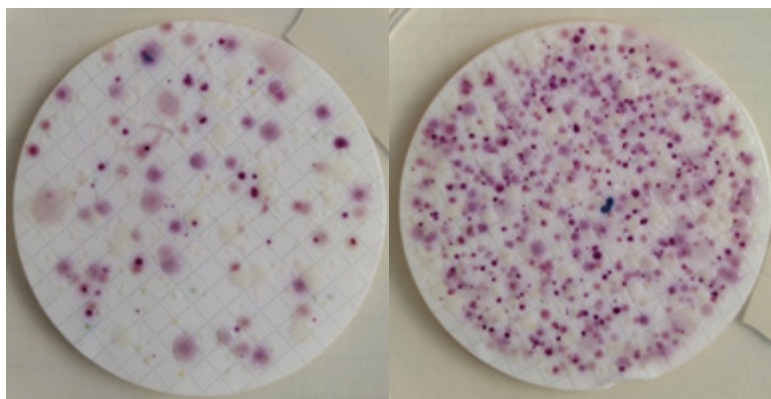
Obr. 1. Disková difúzní metoda – disky napuštěné příslušným antibiotikem jsou položeny na Petriho misku s Mueller Hinton médiem, naočkováným testovaným kmenem; na základě velikosti zóny inhibice růstu okolo disku se určuje citlivost/rezistence k danému antibiotiku

Fig. 1. Disc diffusion method – disks impregnated with the antibiotics are placed in a Petri dish with Mueller Hinton medium inoculated with the test strain; the susceptibility/resistance to the given antibiotic is based on the size of the cleared zones of inhibition around the discs

Tab. 1. *E. coli* mezi koliformními bakteriemi v různých typech recyklovaných vod

Tab. 1. *E. coli* among total coliform bacteria in different types of reused waters

Typ recyklované vody	Počet analýz do výpočtu	Počet nulových nálezů <i>E. coli</i>	Průměrné procentuální zastoupení <i>E. coli</i> mezi koliformními bakteriemi
Městské vodní prvky	67	12	19,3 %
Srážková voda	45	8	2,6 %
Šedá voda surová	12	3	31 %
Šedá voda upravená	14	16	8,1 %



Obr. 2. Stanovení *E. coli* podle ČSN EN ISO 9308-1 (CCA médium) z matrice šedá voda – při očkovaní větších objemů je *E. coli* (modré až modrofialové kolonie) patrná, avšak těžko spočitatelná v nárůstu koliformních bakterií (růžové kolonie); při větším ředění už není detekována vůbec

Fig. 2. Detection of *E. coli* according to EN ISO 9308-1 (CCA medium) from grey waters – presence of *E. coli* (blue and violet blue colonies) in higher volume is apparent, but hardly countable among the coliform bacteria (rose/pink colonies); and it disappears in bigger dilution

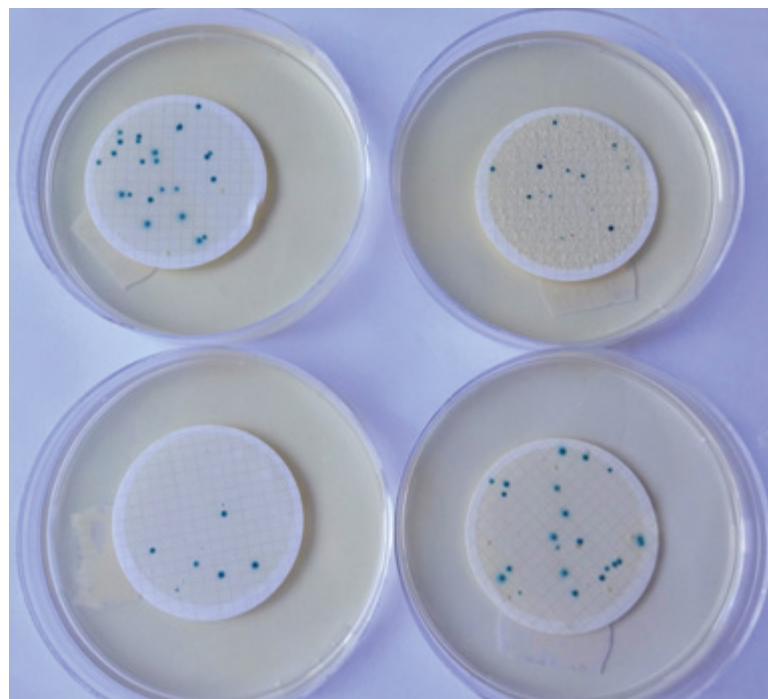
obsahují velké množství proteolytických bakterií) může dojít k jejímu nárůstu a v tomto případě někdy i k interferenci acidobazických reakcí, na jejichž principu je toto médium založeno. Výsledkem je pak vznik spíše červených, nikoli modrých kolonií (proteolytické bakterie mohou produkovat velké množství amoniaku, tudíž toto zásadité prostředí nemusí umožnit projev produktů kyselé reakce, vzniklé po fermentaci laktózy).

Jako doposud nejvhodnější normovaná metoda se ukázala metoda MPN podle ČSN EN ISO 9308-2, jež je dostatečně citlivá i selektivní a má pracovní rozsah tři řády. Tuto metodu také standardně používáme při našich analýzách. Má však i určité nevýhody, což je v první řadě cena analýzy a pak také nutnost pořízení relativně drahého systému Quanti-Tray (který právě z tohoto důvodu mnoho laboratoří nemá). V neposlední řadě tato metoda produkuje enormní množství plastového infekčního odpadu. Proto jsme hledali i další možnost stanovení *E. coli* v recyklovaných vodách.

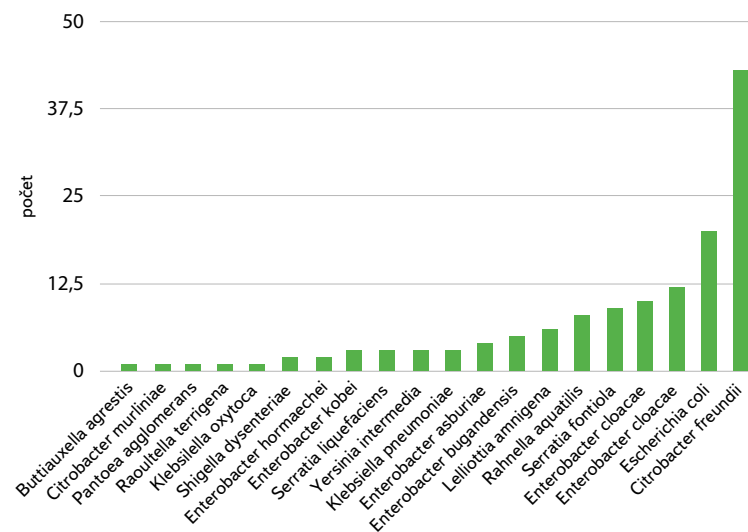
V roce 2019 publikovali chorvatští autoři [5] návrh optimalizované metody stanovení *E. coli* v koupacích vodách na TBX médiu (Trypton Bile X-Glucuronide). TBX je chromogenní médium, kde je *E. coli* detekována na základě aktivity enzymu β -D-glukuronidázy a roste ve formě tyrkysových kolonií (veškeré ostatní bakterie včetně dalších druhů z čeledi *Enterobacteriaceae* rostou jako bezbarvé kolonie). Pro stanovení *E. coli* z přírodních vod se používá předkultivace naočkovaných misek, resp. membránových filtrů, trvající 4 hodiny při 36 °C, a to buď na živiny bohatém neselektivním médiu, nebo přímo na médiu TBX. Jmenovaní autoři [5] využili pro předkultivaci MMGA (Minerals Modified Glutamate Agar), my jsme použili trypton sójový agar (TSA) nebo Columbia agar (CA) či též TBX. Naše předběžné výsledky ukázaly, že optimalizovaná metoda je slibná [6] (obr. 3). Doprovodná mikroflóra byla dostatečně potlačena a počet *E. coli* zjištěný kulturačně na pevném médiu byl srovnatelný s výsledky získanými metodou MPN při kultivaci v tekutém médiu podle ČSN EN ISO 9308-2 (Quanti-Tray), kdy jde o stejný princip stanovení (β -D-glukuronidáza).

Koliformní bakterie izolované z čištěných šedých vod a jejich antibiotická rezistence

Jak již bylo uvedeno, z čištěných šedých vod (11 lokalit) bylo izolováno a identifikováno 145 kmenů bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*, patřících do skupiny koliformních bakterií. Tyto kmeny byly dále testovány na případnou antibiotickou rezistenci. Kmeny dosahovaly při identifikaci na MALDI-TOF průměrného

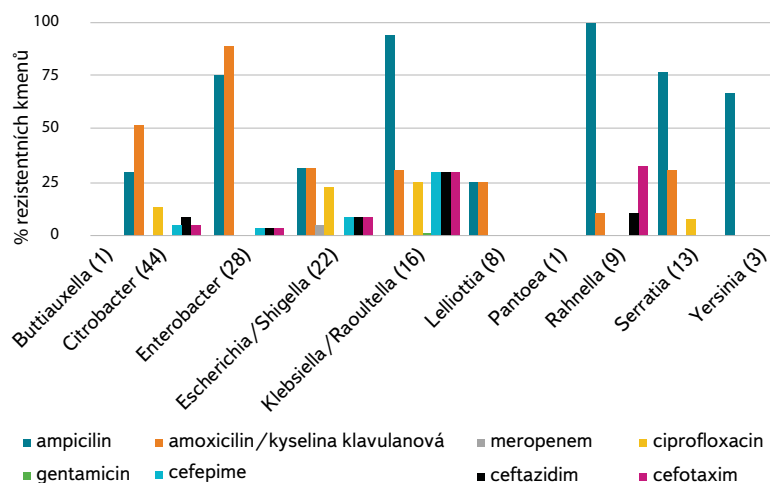


Obr. 3. *E. coli* na TBX médiu (vlevo nahoře kultivace 4 hodiny při 36 °C a pak 20 hodin při 44 °C; vpravo nahoře kultivace 24 hodin při 36 °C; vlevo dole kultivace 24 hodin při 44 °C; vpravo dole kultivace na CA 4 hodiny při 36 °C a pak kultivace na TBX 20 hodin při 44 °C
Fig. 3. *E. coli* on TBX medium (left up 4 hrs incubation at 36 °C, then 20 hrs at 44 °C; right up incubation 24 hrs at 36 °C, then 20 hrs at 44 °C on TBX
cultivation on Columbia medium 4 hrs at 36 °C, then 20 hrs at 44 °C on TBX



Obr. 4. Seznam a počet izolovaných a identifikovaných druhů koliformních bakterií
Fig. 4. List of isolated and identified coliform bacteria species

skóre 2,29, což znamená vysoce pravděpodobnou identifikaci do druhu. Druhové složení izolovaných kmenů je uvedeno na obr. 4. Některé druhy však, i když jsou takto „přesně“ identifikovány, patří do širších taxonomických skupin (*Escherichia coli*/*Shigella*, *Enterobacter cloacae* komplex, *Klebsiella oxytoca*/*Raoultella terrigena* apod.), a jejich odlišení je tedy spíše teoretické. Hodnocení antibiotické rezistence je tak uváděno na úrovni těchto skupin nebo rodů.



Obr. 5. Procentuální zastoupení rezistentních kmenů u jednotlivých rodů/taxonomických skupin koliformních bakterií; v závorce za názvem rodu je uveden počet izolovaných a testovaných kmenů příslušného rodu/skupiny
Fig. 5. Percentage of resistant strains in individual genera / taxonomic groups of coliform bacteria; the number of isolated and tested strains of the relevant genus / group is given in brackets after the genus name

Na základě údajů z literární rešerše a z tabulky klinických breakpointů EUCAST [7] byl vybrán soubor antibiotických disků vhodných k testování rezistence u koliformních bakterií (bakterie z čeledi *Enterobacteriaceae*). Konečný soubor zahrnuje peniciliny (ampicilin, amoxicilin-kyselina klavulanová), cefalosporiny (cefotaxim, cefepim a ceftazidim), karbapenemy (meropenem), fluorochinolony (ciprofloxacín) a aminoglykosidy (gentamicin). Nebyl testován tetracyklin, protože pro tuto skupinu bakterií neuvádí EUCAST interpretační kritéria, tzv. klinické breakpointy, což jsou průměry zón, podle nichž se kmeny kategorizují jako citlivé, nebo rezistentní.

Nejvyšší rezistence byla podle očekávání zjištěna u penicilinových derivátů (ampicilin a amoxicilin-kyselina klavulanová). Některé rody bakterií jsou však k těmto penicilinům přirozeně rezistentní [8]. Z námi izolovaných kmenů šlo v případě ampicilinu především o rody *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* a *Raoultella*, v případě amoxicilin-kyseliny klavulanové se jednalo o *Citrobacter freundii* a rod *Enterobacter*. Z hlediska našeho výzkumu je tedy významná především *E. coli*, která nemá přirozenou rezistenci na tato antibiotika. Z 22 testovaných kmenů *E. coli* (společně se *Shigella dysenteriae*) bylo 32 % rezistentních jak na ampicilin, tak na amoxicilin-kyselina klavulanovou. Naše výsledky jsou poměrně ve shodě s literárními údaji, podle nichž byla rezistence na ampicilin zjištěna u 38 % kmenů izolátů *E. coli* z odpadních vod [9] a u 18 % kmenů *E. coli* izolovaných z odpadních vod a kalů [10].

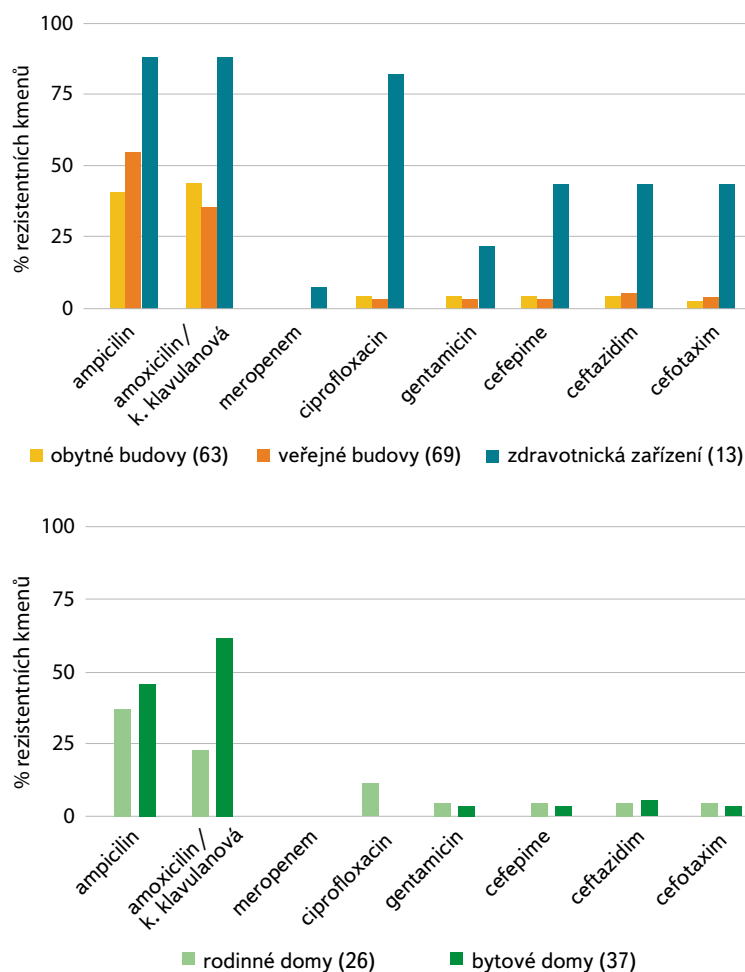
Rezistence na meropenem byla prokázána pouze u jednoho kmene *E. coli* ze zdravotnického zařízení (tj. 0,7 %), přičemž 11,7 % kmenů ze všech koliformních bakterií bylo rezistentních na ciprofloxacín, dále 9 % kmenů na gentamicin, 7 % na cefepim, 9 % na ceftazidim a 9 % na cefotaxim. Pro porovnání s dalšími studii ve světě [9] bylo z izolátů *E. coli* z odpadních vod zjištěno 6 % rezistentních na ciprofloxacín. Kmeny bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae* (především rody *Enterobacter* a *Citrobacter*) rezistentní na gentamicin, ciprofloxacín, meropenem, ceftazidim a amoxicilin-kyselina klavulanovou byly izolovány i ze studničních vod na Slovensku [11].

Prokázané rezistence u jednotlivých rodů bakterií nebo sledovaných typů budov s recyklovanými vodami jsou uvedeny na obr. 5 a 6. Nejvyšší míra antibiotické rezistence byla zjištěna u kmenů izolovaných ze zdravotnického zařízení. Těchto kmenů však máme bohužel nejmenší počet. Čtrnáct kmenů (9,7 %) bylo rezistentních na tři a více testovaných antibiotik, šlo tedy o multirezistentní kmeny.

ZÁVĚR

E. coli se mezi koliformními bakteriemi vyskytuje v recyklovaných a srážkových vodách od 2,6 % (dešťové vody) do 31 % (surové šedé vody). Vzhledem k vysokému obsahu doprovodné mikroflóry (zejména u šedých vod) je v současné době k detekci *E. coli* nevhodnější metoda podle ČSN EN ISO 9308-2. Do budoucna se zdá být perspektivní optimalizovaná metoda pro stanovení (pouze) *E. coli* (se čtyřhodinovým resuscitačním krokem) na TBX médiu.

Pomocí metody MALDI-TOF bylo identifikováno 19 druhů koliformních bakterií vyskytujících se v čištěných šedých vodách, u nichž byla testována citlivost na antibiotika. Co se týče antibiotické rezistence, nejvyšší byla podle očekávání zjištěna u penicilinových derivátů (ampicilin a amoxicilin-kyselina klavulanová), a to 32 % u skupiny *E. coli/Shigella*. Rezistence na další sledovaná antibiotika byla prokázána u 7–12 % ze všech kmenů koliformních bakterií. Nejvíce rezistentních kmenů bylo izolováno ze zdravotnického zařízení. Pouze jeden kmen *E. coli* izolovaný z vod ze zdravotnického zařízení byl rezistentní na meropenem. Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky dalších odborníků, kteří izolovali bakterie z různých typů vod (odpadní vody, kaly, studny) [9–11].



Obr. 6a (nahore) a 6 b (dole). Procentuální zastoupení rezistentních kmenů (bez rozlišení rodů) podle izolace z různých typů lokalit; v závorce za typem lokality je uveden počet izolovaných a testovaných kmenů; za rodinné domy se považují objekty s maximálně dvěma bytovými jednotkami

Fig. 6a (up) a 6 b (down). Percentage of resistant strains according to isolation from different types of localities; the number of isolated and tested strains is given in brackets for the site type; we consider family houses to be buildings with a maximum of two residential units



Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu TA ČR SS01010179 „Stanovení hygienických požadavků na recyklovanou vodu využívanou v budovách a městských vodních prvcích“.

Literatura

- [1] MATĚJŮ, L., DRAHOŠOVÁ, Z., KOŘÍNKOVÁ, M., MATOUŠKOVÁ, N., BARTÁČEK, J., ŠÁTKOVÁ, B., DOLEJŠ, P., STRÁNSKÝ, D., KABELKOVÁ, I. Potřebujeme právní rámec k opětovnému využití vody? *SOVAK*. 2021, 30(9), s. 10–18. ISSN 1210-3039.
- [2] BAUDIŠOVÁ, D. Metody stanovení *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků v koupacích vodách. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2013, 55(1), s. 5–7. ISSN 0322-8916.
- [3] EUROPEAN COMMITTEE ON ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TESTING. *Výšetření citlivosti k antibiotikům, EUCAST disková difúzní metoda*, verze 7.0 z ledna 2019.
- [4] BAUDIŠOVÁ, D. Mikrobiální zatížení Labe. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 1998, 40(11–12), s. 409–416. ISSN 0322-8916.
- [5] JOŽIČ, S., VUKIČ LUŠIČ, D., ALJINOVIĆ, A., VLAKANČIĆ, W., CENOV, A., VRDOLJAK, T. A., RAKIĆ, A., ŠOLIĆ, M. Is TBX Agar a Suitable Medium for Monitoring *Escherichia Coli* in Bathing Water Using the Membrane Filtration Method? *Environmental Monitoring and Assessment*. 2019, 191(9), s. 558. Dostupné z: doi: 10.1007/s10661-019-7733-4
- [6] BAUDIŠOVÁ, D., BOBKOVÁ, Š., KOŽIŠEK, F., JELIGOVÁ, H. Bakterie z čeledi *Enterobacteriaceae* v recyklovaných vodách. In: ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., PETRÁKOVÁ KÁNSKÁ, K. (eds.): *Vodárenská biologie 2022*. Praha: Vodní zdroje Ekomonitor, spol., s. r. o., 2022, s. 124–131. ISBN 978-80-88238-24-9.
- [7] EUROPEAN COMMITTEE ON ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TESTING. *Tabulka klinických breakpointů EUCAST*, verze 10.0 platná od 1. ledna 2020.
- [8] EUROPEAN COMMITTEE ON ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TESTING. *Přirozená rezistence a neobvyklé fenotypy*, verze 3.3, říjen 2021.
- [9] WATKINSON, A. J., MICALIZZI, G. R., BATES, J. R., COSTANZO, S. D. Novel Method for Rapid Assessment of Antibiotic Resistance in *Escherichia coli* Isolates from Environmental Water by Use of a Modified Chromogenic Agar. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007, 73(7), s. 2224–2229. Dostupné z: doi: 10.1128/AEM.02099-06
- [10] REINTHALER, F. F., FEIERL, G., WÜST, G., HAAS, D., RUCKENBAUER, G., MASCHER, F., MARTH, E. Antibiotic Resistance of *E. coli* in Sewage and Sludge. *Water Research*. 2003, 37(8), s. 1685–1690. Dostupné z: doi: 10.1016/S0043-1354(02)00569-9
- [11] OLEJNÍKOVÁ, P., DRAHOVSKÁ, H., FUJÁKOVÁ, M., GLIŠEVIČ, A., PUZDEROVÁ, B., BEZÁKOVÁ, T., BÍROŠOVÁ, B. Výskyt rezistentných mikroorganizmov voči antibiotikám v studňových vodách. In: *Mikrobiológia vody a životného prostredia 2018. Zborník prednášok a posterov*. Bratislava, Praha: Československá spoločnosť mikrobiologická, 2018, s. 43–46. ISBN 978-80-971422-8-5.

Autoři

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

✉ dana.baudisova@szu.cz
ORCID: 0000-0003-3993-6845

RNDr. Šárka Bobková, Ph.D.

✉ sarka.bobkova@szu.cz
ORCID: 0000-0003-3552-2530

Mgr. Vladislav Jakubů

✉ vladislav.jakubu@szu.cz
ORCID: 0000-0001-9100-8689

MUDr. Hana Jeligová

✉ hana.jeligova@szu.cz
ORCID: 0000-0001-5488-5084

MUDr. František Kožíšek, CSc.

✉ frantisek.kozisek@szu.cz
ORCID: 0000-0002-0107-6969

Státní zdravotní ústav, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022.05.002

BACTERIA FROM THE FAMILY *ENTEROBACTERIACEAE* IN REUSED WATERS AND THEIR ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY

**BAUDIŠOVÁ, D.; BOBKOVÁ, Š.; JAKUBŮ, V.; JELIGOVÁ, H.;
KOŽÍŠEK, F.**

National Institute of Public Health, Prague

Keywords: reused water – *E. coli* – total coliforms – ATB resistance

The aim of this study is to evaluate the presence of bacteria from the *Enterobacteriaceae* family (i.e. total coliforms, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*) in different types of recycled waters (grey water, rain water and reclaimed water from the public city fountains) and problems with their detection (especially sensitivity and specificity of detection methods). The species composition of coliform bacteria in purified grey waters with their antibiotic resistance are presented. As expected, the greatest antibiotic resistance was found in penicillin derivatives (ampicilline and amoxicilline clavulanate), which accounted for 32 % of *Escherichia coli* / *Shigella* group. Resistance to other studied antibiotics was demonstrated in 7–12 % of all coliform strains. Most resistant strains were isolated from medical facilities. Only one strain (*Escherichia coli* from a medical facility) was resistant to meropenem.