



I.osnovna šola Celje

Vrunčeva ulica 13

3000 Celje

IZPOSTAVLJENOST BAKTERIJAM V PROSTORIH I. OŠ CELJE

Raziskovalna naloga

Biologija

Avtorica:

Mija Ošljak, 8. a

Mentor:

Martin Melanšek, mag. prof. kem. in mag. prof. biol.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2025

Zahvala

Za pomoč in vodenje pri delu se zahvaljujem mentorju Martinu Melanšku in Inštitutu za sanitarno inženirstvo.

Za lektoriranje se zahvaljujem gospe Janji Ribič.

Kazalo vsebine

1.	Uvod.....	7
2.	Teoretični del	8
2.1.	Bakterije.....	8
2.1.1.	Delitev bakterij.....	8
2.1.2.	Zgradba bakterijske celice.....	9
2.2.	Pomen bakterij za človeka	10
2.2.1.	Escherichia coli	11
2.2.2.	Salmonella	12
2.2.3.	Staphylococcus aureus	13
2.3.	Bakterije v šolskih prostorov	14
2.4.	Bakterije na mobilnih telefonih	15
2.5.	Čiščenje	15
2.4.1.	Metode čiščenja	18
3.	Metodologija	20
3.1.	Postopek zbiranja podatkov	20
3.2.	Raziskovalna vprašanja.....	24
3.3.	Hipoteze	24
4.	Rezultati	25
4.1.	Povzetek rezultatov.....	32
4.1.1.	Dejavniki razlike v bakterijski kontaminaciji	32
5.	Zaključek.....	34
6.	Seznam literature in spletnih virov.....	35

Kazalo slik

Slika 1: Gram pozitivne in gram negativne bakterije (Vir: Tomažič et al., 2023).....	9
Slika 2: Zgradba bakterijske celice (Vir: Tomažič et. Al., 2023).	9
Slika 3: Dobre in slabe bakterije v človeškem telesu.	10
Slika 4: Celice bakterij vrste <i>Escherichia coli</i> serotip O157:H7 (Vir: Kunkel D., 2009).	11
Slika 5: Celice bakterij sevov <i>Salmonella Typhimurium</i> (levo) in <i>Salmonella Enteritidis</i> (desno) (Vir: Kunkel D., 2009).....	12
Slika 6: : Celice bakterij vrste <i>Staphylococcus aureus</i> (Kunkel D., 2009).	13
Slika 7: Tip brisa, s katerim smo odvzeli brise površin (Ošljak, 2025)..	20
Slika 8: Odvzem brisa mize.....	21
Slika 9: Načini čiščenja miz (Ošljak, 2025).	22
Slika 10: Odvzem brisa telefona (Ošljak, 2025).....	22
Slika 11: Odvzem brisa rok (Ošljak, 2025).	23

Kazalo tabel

Tabela 1: Rezultati brisov rok.	25
Tabela 2: Rezultati brisov miz.....	26
Tabela 3: Rezultati brisov kljuk.	28
Tabela 4: Rezultati brisov predmetov v šolskih prostorih.	28
Tabela 5: Rezultati brisov mobilnih telefonov učencev in zaposlenih.	30

Povzetek

Ker je šola prostor, kjer se srečuje veliko število oseb, nas je zanimalo, kako je s pojavnostjo različnih bakterij, ki bi lahko potencialno povzročile bolezni. S tem namenom smo preiskali področje bakterij v šolskih prostorih in opravili brise različnih površin, ki smo jih nato analizirali na prisotnost različnih bakterij. Prav tako smo preverili učinkovitost različnih metod čiščenja in razkuževanja šolskih prostorov.

Analiza vzorcev je razkrila, da so mobilni telefoni, računalniške tipkovnice in kavni avtomat med najbolj onesnaženimi predmeti, medtem ko so bile nekatere kljuge in igrače otrok manj kontaminirane. Površine, ki so pogosto v stiku z rokami več različnih ljudi, imajo večjo možnost prenosa bakterij. Mobilni telefoni in tipkovnice so v stalnem stiku s kožo, pogosto se jih dotikamo brez umitih rok, kar omogoča kopičenje bakterij. Rezultati testiranja metod čiščenja so pokazali, da razkužila in UV-C svetloba učinkovito zmanjšajo bakterijsko kontaminacijo. Univerzalna čistila niso bila dovolj učinkovita, čeprav so zmanjšala število bakterij.

Raziskava je potrdila, da je učinkovitost čiščenja pomembna za zmanjšanje bakterijske obremenitve, zato priporočamo pogostejšo uporabo razkužil in UV-C luči na najbolj obremenjenih površinah, kot so tipkovnice, mobilni telefoni in mize v učilnicah. Za ozaveščanje o problematiki smo pripravili propagandni video material, ki so ga učitelji predstavili na razrednih urah oddelkov. Prav tako smo učiteljem podali navodila, da pogosteje odpirajo okna.

KLJUČNE BESEDE: bakterije, bolezni, šolski prostor, čiščenje

ABSTRACT

As a school is a place where a large number of people meet, we wanted to explore the occurrence of different bacteria that could potentially cause illness. To this end, we investigated the bacterial area of the school premises and swabbed various surfaces, which were then analysed for the presence of different bacteria. We also tested the effectiveness of different methods of cleaning and disinfecting school premises.

Analysis of the samples revealed that mobile phones, computer keyboards and coffee machines were among the most contaminated items, while some hooks and children's toys were less contaminated. Surfaces that are often in contact with the hands of several different people have a higher chance of transmitting bacteria. Mobile phones and keyboards are in constant contact with the skin and are often touched without washing hands, allowing bacteria to build up. Test results on cleaning methods have shown that disinfectants and UV-C light are effective in reducing bacterial contamination. All-purpose cleaners were not effective enough, although they did reduce the number of bacteria.

Research has confirmed that cleaning efficiency is important to reduce bacterial load, so we recommend more frequent use of disinfectants and UV-C lights on the most heavily used surfaces, such as keyboards, mobile phones and desks in classrooms. To raise awareness of the issue, a propaganda video was produced and presented by teachers in classroom lessons. Teachers were also instructed to open windows more frequently.

KEYWORDS: bacteria, diseases, school environment, cleaning

1. Uvod

Nalezljive bolezni povzročajo patogeni organizmi, kot so bakterije, virusi, zajedavci, glive in plesni. Povzročajo nastanek in razvoj bolezni pri živalih in človeku. Nalezljive bolezni se lahko prenašajo po zraku, s hrano in vodo ter z neposrednim ali posrednim stikom, prek predmetov in površin (Jurjevec et. al., 2015).

Prenašajo se s človeka na človeka ali z živali na človeka. Nalezljiva bolezen je posledica interakcije med biološkim agensom, gostiteljem in okoljem. Pogoji za začetek razvoja bolezni so izpostavljenost patogenu, sprejemljiv gostitelj in skupek dejavnikov v okolju, ki omogočajo razvoj bolezni. Možnosti, da se nalezljiva bolezen širi v populaciji, so odvisne od verjetnosti prenosa med okuženo in dovzetno osebo, frekvence stikov v populaciji, od trajanja kužnosti in deleža oseb v populaciji, ki so na okužbo neodporne. Okužba in bolezen sta dve različni stvari. Okužba je posledica stika občutljivega gostitelja z morebitnim patogenim mikroorganizmom. Vir okužbe za človeka je najpogosteje drug človek, lahko tudi žival in neživo okolje. To pomeni, da je izpostavljenost občutljivega posameznika okuženemu človeku ali živali oz. okolju najpomembnejši dejavnik za pojav okužbe. Bolezen pa je eden izmed mogočih izidov okužbe, njen razvoj pa odvisen tako od pojavnosti agensa kot od dovzetnosti gostitelja. Nalezljive bolezni se širijo v primeru, da obstajajo pogoji za prenos mikroorganizma in se okužba lahko prenaša na dovzetne osebe (Jurjevec et. al., 2015).

Ker je šola prostor, kjer se srečuje veliko število oseb, nas je zanimalo, kako je s pojavnostjo različnih bakterij, ki bi lahko potencialno povzročile bolezni. S tem namenom smo preiskali področje bakterij v šolskih prostorih in opravili brise različnih površin, ki smo jih nato analizirali na prisotnost različnih bakterij. Prav tako smo preverili učinkovitost različnih metod čiščenja in razkuževanja šolskih prostorov.

2. Teoretični del

2.1. Bakterije

Bakterije ali cepljivke so enocelični organizmi, ki imajo razmeroma preprosto celično strukturo. Za bakterijsko celico je značilno, da nima nobenih notranjih membranskih struktur (jedra, celičnih organelov). Dedna snov prosto plava v citoplazmi celice, tako obliko celice imenujemo prokariontska celica. Celice bakterij lahko imajo različne oblike, tako so lahko v obliki spiral, palčk, kroglic ali grozdov (Torkar, 2017).

Bakterije so tako majhne, da jih ne vidimo s prostim očesom, velike so manj kot en mm, njihovo velikost merimo v μm . Opazujemo jih lahko tako z električnim kot tudi s svetlobnim mikroskopom (Tomažič et al., 2023).

2.1.1. Delitev bakterij

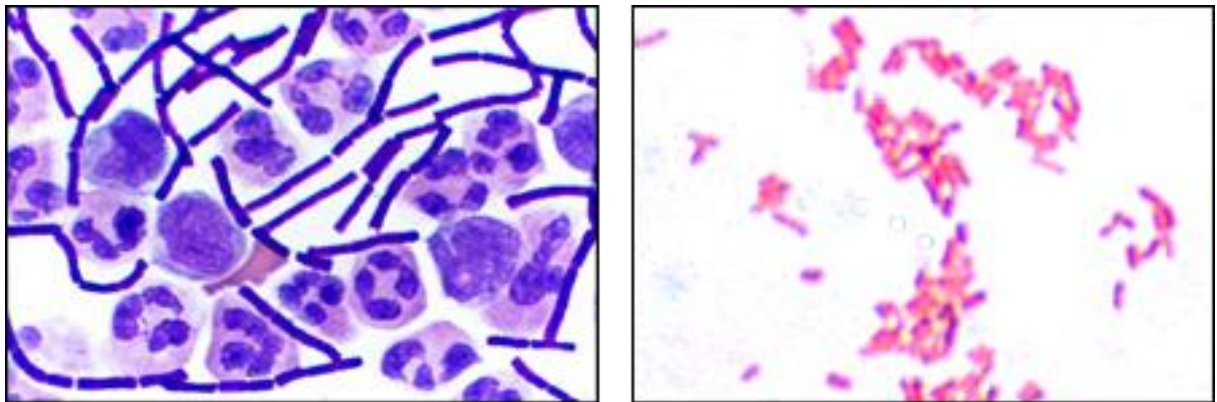
Bakterije delimo na:

- gram-pozitivne in
- gram-negativne.

Gram-negativne bakterije so tiste, ki se v postopku barvanja po Gramu le delno obarvajo, z metil-vijoličnim, spiranje z acetonom in etanolom jih razbarva. Gram-pozitivne bakterije pa se popolnoma obarvajo in ostanejo vijolično oz. modro obarvane, kar je vidno skozi sistem leč mikroskopa (Tomažič et al., 2023).

Do razlike pri barvanju pride zaradi razlik v bakterijski celični steni. Pri gram-negativnih bakterijah je celična stena sestavljena iz dveh plasti. Zunanja plast je iz polisaharidov, notranja pa iz fosfolipidov. Zunanjo membrano loči periplazma in plast peptidoglikana. To pomeni, da mora fuzijski protein potovati čez notranjo membrano, periplazmo ter zunanjo membrano in se v slednji usidra, zato je izpostavljen zunanjemu mediju. Ravno zato se ne obarvajo dobro. Pri gram-pozitivnih bakterijah pa je tako, da imajo zunanjo membrano sestavljeno iz celične stene in citoplazemske membrane. Celična stena ima funkcijo fizikalne

bariere. Proteini se pripnejo na citoplazemsko membrano ali na komponente celične stene. Zato se bakterije bolj obarvajo (Tomažič et al., 2023).

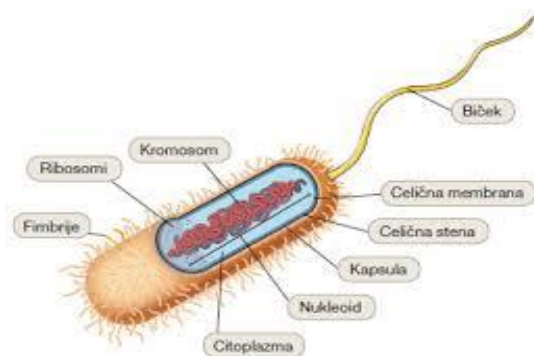


Slika 1: Gram-pozitivne in gram-negativne bakterije (Vir: Tomažič et al., 2023).

2.1.2. Zgradba bakterijske celice

Bakterije so enocelični organizmi. Njihova celica je najpreprosteje zgrajena celica, ki vsebuje:

- ribosome
- kromosom (prosto plavajoč)
- citoplazmo
- nukleotid
- celično steno
- celično membrano
- nekatere se obdajo z odpadnimi snovmi, da nastane kapsula
- nekatere imajo biček ali fimbrije (Tomažič et al., 2023).

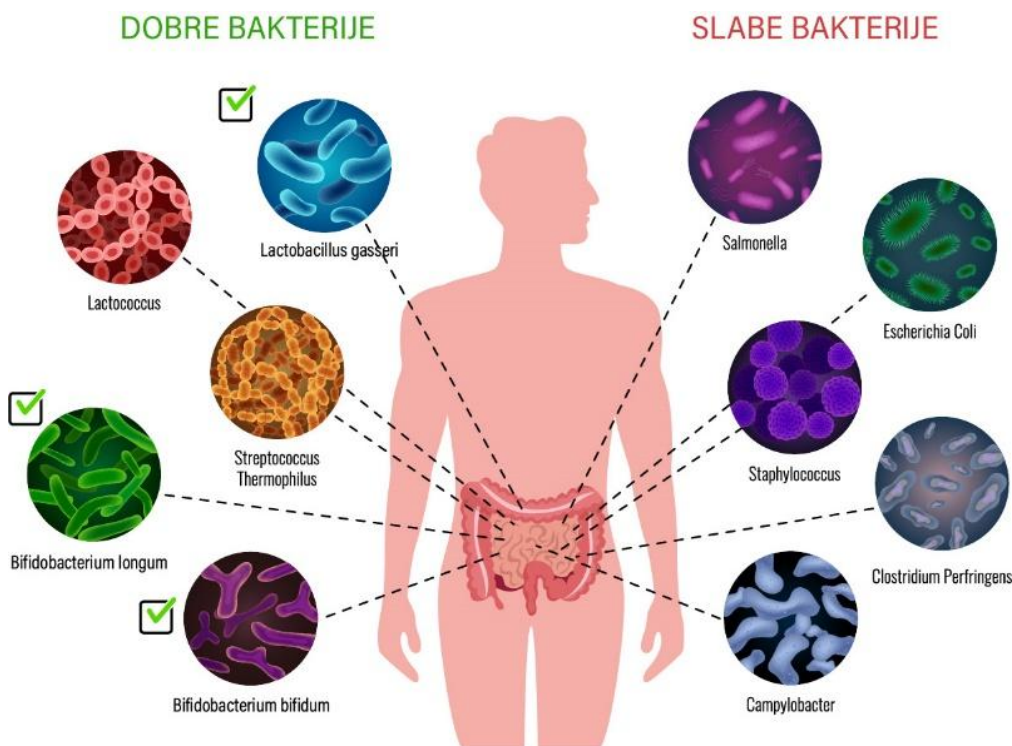


Slika 2: Zgradba bakterijske celice (Vir: Tomažič et al., 2023).

2.2. Pomen bakterij za človeka

Zanimivo dejstvo je, da je v človeškem telesu več bakterijskih celic kot celic človeka (Torkar, 2017). V našem telesu so številne bakterije, ki nam pomagajo pri prebavi hrane in zmanjšujejo intoleranco na posamezne snovi, zmanjšujejo škodljive učinke zdravil, varujejo duševno zdravje in blažijo stres, preprečujejo širjenje patogenih mikroorganizmov, omogočajo vsrkavanje hranilnih snovi iz hrane ter izločanje strupenih snovi. Prav tako pa so pomembne pri proizvodnji mlečnih izdelkov in zdravil (Tomažič et al., 2023).

Vendar pa obstajajo tudi slabe bakterije, ki povzročajo bolezni. Imenujemo jih patogene bakterije. Patogene bakterije povzročijo bolezni, tako da vstopijo v telo drugega organizma, ki ga imenujemo gostitelj, in se tam hitro razmnožujejo s preprosto delitvijo celic, ki jo imenujemo cepitev. Med patogenimi bakterijami in gostiteljem poteka nenehen boj, ki ga zaradi razvitih obrambnih sistemov večinoma dobijo gostitelji. Včasih pa patogene bakterije prevladajo in gostitelj zboli. Bakterije pogosto izdelujejo strupene snovi, ki škodijo gostitelju. Včasih tudi fizično poškodujejo gostiteljeve celice (Torkar, 2017). Na sliki 3 so prikazane dobre in slabe bakterije za človeško telo.



Slika 3: Dobre in slabe bakterije v človeškem telesu (Vir: <https://www.dreamstime.com/good-bad-bacteria-poster-healthcare-treatment-symbols-flat-vector-illustration-good-bad-bacteria-poster-image190417307>).

2.2.1. Escherichia coli

Escherichia coli (*E. coli*) je fakultativno anaerobna, gibljiva, gram-negativna paličica, ki jo uvrščamo v družino Enterobacteriaceae. Prikazuje jo slika 4. Od preostalih rodov te družine jo lahko najbolj zanesljivo ločimo s testom tvorbe indola, ki da značilno pozitivno reakcijo. Za določanje bakterij vrste *E. coli* lahko uporabimo še selektivno gojišče EMB (angl. Eosin Methylene Blue gojišče), na katerem imajo kolonije značilen kovinsko zeleni lesk (Nataro in Kaper, 1998). Bakterije se uporabljajo kot indikator fekalne kontaminacije vode in hrane (Gubina in Ihan, 2002).



Slika 4: Celice bakterij vrste *Escherichia coli* serotip O157:H7 (Vir: Kunkel D., 2009).

Bakterije vrste *E. coli* naseljujejo prebavni trakt človeka, kjer predstavljajo glavnino mikrobiološke flore. Večina sevov ni patogenih. Lahko pa postanejo patogeni takrat, ko človeku pade imunska odpornost (Nataro in Kaper, 1998). Vsi patogeni sevi povzročajo drisko, redki med njimi pa poleg driske tudi bruhanje. Najpomembnejša dejavnika patogenosti sta dobra sposobnost pritrjevanja na črevesno steno in sposobnost bakterij, da izločajo endotoksine. Ravno dobra sposobnost pritrjevanja omogoča kolonizacijo tankega črevesa, ki v normalnih razmerah nikoli ni poseljeno z mikroorganizmi (Nataro in Kaper, 1998).

2.2.2. Salmonella

Salmonella spp. so gram negativne, gibljive, fakultativno anaerobne paličice, kar prikazuje slika 5. Spadajo v družino Enterobacteriaceae. Ne fermentirajo laktoze in saharoze, fermentirajo pa glukozo, izdelujejo H_2S in razgrajujejo nitrata. Nimajo encima ureaze in ne izdelujejo indola (Gubina in Ihan, 2002).



Slika 5: Celice bakterij sevov *Salmonella Typhimurium* (levo) in *Salmonella Enteritidis* (desno) (Vir: Kunkel D., 2009).

Do danes poznamo več kot 2000 različnih serotipov. Različni sevi salmonel so prilagojeni na različne gostitelje. Salmonele povzročajo gastroenteritise, enterično vročino in zunajčrevesna vnetja različnih organov. Najpogostejši patogeni sevi pri ljudeh so *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* in *S. Typhi* (Chiu in sod., 2004). Infektivna doza je pri 100.000 in več celic na gram živila, pri *S. Typhi* pa je celo nižja od 1000 celic na gram živila (Gubina in Ihan, 2002).

Najpomembnejši dejavniki patogeneze pri salmonelah so sposobnost preživetja visokega pH v dvanajstniku, sposobnost preživetja nizkega pH v želodcu, sposobnost kolonizacije tankega črevesja in izločanje toksinov. Salmonele lahko pri otrocih, starejših in bolnikih s slabšim imunskim sistemom preidejo skozi črevesno steno v kri in nato po krvi potujejo v organe, kjer povzročijo vnetja (Mastroeni in Sheppard, 2004).

2.2.3. Staphylococcus aureus

Bakterije vrste *S. aureus* (na sliki 6) so gram-pozitivni koki, ki se povezujejo v značilne grozdaste skupke, kar prikazuje slika 8. So negibljivi, fakultativni anaerobi, imajo encima katalazo in koagulazo ter ne sporulirajo. Bakterije so zelo odporne na sušenje, zamrzovanje do -20 °C in tajanje (Gubina in Ihan, 2002).

Bolniki in zdravi klicenosci so vir bakterij vrste *S. aureus*. Približno 20 do 30 % odraslih oseb je zdravih nosilcev teh bakterij, največkrat v nosni votlini. Pri večini nosilcev je prisotna le prehodno, nekaj tednov. Bakterija je patogena, ker ima dobro sposobnost pritrjevanja, proizvaja eksotoksine in toplotabilne enterotoksine, ki jih ne moremo uničiti s kuhanjem. Nekateri sevi bakterij vrste *S. aureus* se lahko obdajo s posebno polisaharidno kapsulo, ki jih varuje pred fagocitozo, hkrati jim omogoča boljšo pritrditev na površine tkiv in vsadkov (Gubina in Ihan, 2002).



Slika 6: Celice bakterij vrste Staphylococcus aureus (Kunkel D., 2009).

Bakterije vrste *S. aureus* povzročajo lokalne okužbe kože in mehkih tkiv, bakteriemijo, okužbo osrednjega živčnega sistema, okužbe zgornjih dihal, okužbe spodnjih dihal, okužbe lokomotorne aparata, okužbe sečil in okužbe, ki so posledica delovanja toksinov (Gubina in Ihan, 2002).

Stafilokokni enterotoksini, zaužiti z okuženim živilom, pri ljudeh povzročijo drisko, želodčne krče, slabost in bruhanje. Pri težjih oblikah zastrupitve nastopijo mišični krči, glavobol, sprememba krvnega tlaka in spremembe srčnega ritma. Infektivna doza, ki povzroči bolezen, je 100.000 in več celic na gram živila (Gubina in Ihan, 2002).

Posledica mutacij nekaterih genov pri bakterijah vrste *S. aureus* je pojav odpornosti stafilokokov proti meticilinu, oksacilinu, kloksacilinu in vsem drugim betalaktamskim antibiotikom. Taki bakterijski sevi, ki jih imenujemo MRSA, so velikokrat odporni tudi proti drugim proti-stafilokoknim antibiotikom, vključno z eritromicinom in gentamicinom. Za zdravljenje okužb z MRSA ostajata učinkovita samo glikopeptidna antibiotika vankomicin in teikoplanin (Gubina in Ihan, 2002).

2.3. Bakterije v šolskih prostorih

Površine, ki se jih učenci pogosto dotikajo, predstavljajo enega izmed pomembnih zalogovnikov mikroorganizmov, ki imajo velik vpliv na prenos patogenih mikroorganizmov, kar pa še poveča možnost pojava bolezni pri ljudeh in tudi živalih. Bakterija *Escherichia coli* (*E. coli*) je standardna indikatorska bakterija, ki kaže na fekalno onesnaženje površin, katerih vir so ljudje in živali (Exum et al., 2017).

Pomemben vzrok obolevnosti in razlog obiska primarne zdravstvene ravni v razvitih državah, še posebej pri otrocih, ki so bolj občutljivi, je akutni gastroenteritis. Vzgojno-izobraževalne ustanove so okolja, ki so dovzetnejša za prenos povzročitelja omenjenega bolezenskega stanja zaradi tesnih stikov med otroki, ki se še niso naučili ustreznih higienskih navad. Obisk vrtca v predšolskem obdobju je povezan s povečano pojavnostjo več različnih okužb. Znano je tudi, da je zgodnja vključitev v vrtec povezana s povečano pojavnostjo akutnega gastroenteritisa, ki je v prvih dveh letih obiska vrtca višja. Ugotovili so, da se pojavnost omenjenega bolezenskega stanja kasneje znižuje in v primerjavi z otroki, ki niso obiskovali vrtca, so imeli otroci iz prve starostne skupine vrtca višjo stopnjo pojavnosti bolezenskega stanja v prvih dveh letih. Pri starosti od 3 do 6 let pa se je pojavnost nato znižala (Hullegie et al., 2016).

Čiščenja površin ni mogoče zamenjati za druge načine nadzora prenosa okužb, kot sta umivanje rok in uporaba rokavic. Učinek rutinskega čiščenja je predvsem zmanjšanje biološke obremenitve oziroma onesnaženih površin, saj s čiščenjem zmanjšamo število mikroorganizmov, ki zaradi prenosa s površin povzročajo okužbe, in s tem preprečimo prenos mikroorganizmov na roke zaposlenih in z njimi dalje na ostale površine (Doll et al., 2018).

2.4. Bakterije na mobilnih telefonih

Mobilni telefoni so postali nepogrešljiv del vsakdanjega življenja, vendar lahko zaradi nenehnega rokovanja in bližine telesu (roke, obraz, ustnice) postanejo zalogovniki patogenih mikroorganizmov. Povečana uporaba mobilnih telefonov v različnih okoljih, kot so bolnišnice, tržnice in druge javne površine, povečuje tveganje za širjenje mikroorganizmov in bolezni (Tagoe et al. 2011).

V preteklosti je v zdravstvenih ustanovah prevladoval strah zaradi vpliva radijskih valov na medicinsko opremo, ki je občutljiva. Danes pa obstaja dodatno tveganje, saj so mobilne naprave lahko prekrte z različnimi vrstami bakterij, ki so odporne na več vrst antibiotikov. Raziskovalci oddelka za medicinsko mikrobiologijo na univerzi Ionu v Turčiji so testirali tipkovnice, mikrofone in ušesne nastavke 200 mobilnih telefonov pacientov, obiskovalcev in zaposlenih na visoko odporne bakterije, vključno na meticilin odporen taphylococcus aureus (MRSA). Ugotovili so, da so škodljive bakterije prisotne na 40 % telefonov pacientov in obiskovalcev (Priatelj, 2012).

Na Univerzi Cape Cast v Gani so izvedli analizo 100 naključno izbranih mobilnih telefonov. Ugotovili so, da je bilo 100 % telefonov okuženih, od tega jih je bilo kar 65 % okuženih z več kot tremi vrstami bakterij. Rezultati kažejo na visoko stopnjo okuženosti mobilnih telefonov, ki so bili analizirani v bolnišnicah in drugih javnih okoljih. Nekatere bakterije, kot so *Bacillus cereus*, so odporne na okoljske spremembe in lahko dlje časa preživijo na površinah. Mobilni telefoni so zato pomemben dejavnik pri prenosu bakterij, ki lahko povzročajo bolezni v skupnosti (Tagoe et al. 2011).

Rezistenca bakterij na pogosto uporabljene antibiotike predstavlja resno javnozdravstveno težavo, saj lahko privede do neučinkovitih zdravljenj in povečane smrtnosti (Tagoe et al. 2011).

2.5. Čiščenje

Dovzetnejše za kontaminacijo so površine, ki se jih pogosteje dotikamo. Posledično delujejo kot zalogovnik za prenos patogenih mikroorganizmov. Čiščenje teh površin je pomemben

del celotne strategije za zmanjšanje prenosa mikroorganizmov. Načini čiščenja in ocenjevanje ali nadzor nad čiščenjem se razlikujejo, a pomen čiščenja pri zmanjševanju števila okužb ostaja velik (Mitchell et al., 2020). Površine, ki so kritične, so tiste, ki se jih ljudje pogosto dotikamo (Cobrado et al., 2017; Meyer et al., 2021).

Strategije oziroma metode čiščenja in/ali razkuževanja so različne, od uporabe standardnega ročnega čiščenja, uporabe krp in ročnega doziranja detergentov, razkužil ter vse do avtomatiziranih metod, kot so npr. UV-svetloba, uporaba vodikovega peroksida in pare, uporaba ozona itd. (Cobrado et al., 2017). Prav tako se tudi za nadzor ustreznosti čiščenja uporabljajo različne metode, kot so uporaba fluorescenčnih markerjev, vzorčenje površin, vzorčenje, ki temelji na metodi adenozintrifosfat bioluminiscenci idr. (Mitchell et al., 2020). Do razvoja naprednih, novejših in avtomatiziranih metod čiščenja in razkuževanja je prišlo predvsem z vidika, da se prepreči onesnaženje površin z raznimi patogenimi mikroorganizmi (Cobrado et al., 2017).

Pomemben korak znotraj procesa čiščenja je fizična odstranitev nečistoč, saj v nasprotnem primeru le-te ovirajo morebitno nadaljnje razkuževanje in zaradi omenjenega le-to ne bo učinkovito (Cobrado et al., 2017).

Ročno čiščenje je odvisno od človeškega vedenja. Praksa ročnega čiščenja iz realnega življenja kaže, da je le-to variabilno. Zaradi želje po zmanjšanju onesnaženih površin v okolju in zmanjšanju tveganja rezidualnih patogenih mikroorganizmov se je v zdravstvenih ustanovah razširila tehnologija čiščenja in razkuževanja brez kontakta. Omenjena tehnologija temelji na uporabi UV-svetlobe, ki jo oddajajo naprave oziroma roboti, pa vse do uporabe vodikovega peroksida in njegovih par. Omenjene tehnologije uporabljajo v kombinaciji z običajnim ročnim čiščenjem. Ročnemu ali standardnemu čiščenju so lahko omenjene naprave opora, a jih ne morejo nadomestiti, saj napredne tehnologije zahtevajo predhodno odstranitev večine biološke obremenitve za njihovo optimalno delovanje. Pridobljeni podatki še ne podpirajo pričakovanih kliničnih koristi, so pa tehnologije dodana vrednost oziroma korist v programu večplastnega čiščenja, kjer izboljšajo učinkovitost čiščenja v določenih procesih (Doll et al., 2018).

Na uspešnost odstranjevanja bakterij lahko vpliva tudi vrsta materiala oz. površine, ki jo je treba očistiti. Razkuževanje prav tako ni uspešno v primeru, da razkužilo nanese na

površino in ne pustimo učinkovati dovolj dolgo. V primeru da čistilno osebje pri delu uporablja razkužilne robčke, mora uporabiti zadostno število robčkov glede na površino, ki jo želi razkužiti, v nasprotnem primeru je uspešnost čiščenja enaka, kot je v primeru prekratkega časa učinkovanja. Poleg tega morajo imeti razkužilni robčki zadostno protimikrobno aktivnost proti patogenim mikroorganizmom, ki jih želimo odstraniti. V primeru, da ni dovolj učinkovito, pride do širjenja škodljivih mikroorganizmov in prenosa z ene na drugo površino (Boyce, 2016).

Neučinkovito čiščenje lahko povzroči večjo obremenitev prostora s škodljivimi mikroorganizmi. Najprej je v procesu čiščenja treba izboljšati higieno okolja. Mitchell s sodelavci (2021) je ugotovil, da se čistilni kader zaveda pomembnosti čiščenja, vendar se pojavi težava pri odgovornosti (npr. kdo je odgovoren za čistočo določene površine). Pomanjkljivo oziroma neučinkovito čiščenje opreme v skupni rabi lahko tako predstavlja večje tveganje za pojav in prenos škodljivih mikroorganizmov.

Do onesnaženja razkužil lahko pride tudi zaradi neupoštevanja navodil za uporabo. Klasično ročno čiščenje in razkuževanje površin lahko zmanjša število škodljivih mikroorganizmov, ampak velikokrat ne odstrani pomembnih patogenih mikroorganizmov (Boyce, 2016).

Tuladhar in sodelavci (2012) so ugotovili, da je v vseh primerih en sam bris oziroma poteg, torej čiščenje z mokro krpo bodisi z vodo bodisi s tekočim milom, povzročil zmanjšanje infektivne obremenitve na proučevane patogene mikroorganizme, vendar preostalo onesnaženje kaže, da se lahko nadaljnji prenos patogenih mikroorganizmov še vedno pojavi. Dodajanje dodatnega koraka, in sicer brisanje površin z 250 ali 1000 ppm raztopine klora je povzročilo dodatno zmanjšanje infektivne obremenitve, najverjetneje z uničenjem patogenih mikroorganizmov in ne z odstranjevanjem delcev. Priporočljivo je predhodno čiščenje onesnaženih površin pred razkuževanjem. Odstranjevanje nečistoč oziroma čiščenje, čemur nato sledi razkuževanje, pa bo preostalo stopnjo onesnaženja zmanjšalo pod ciljno raven onesnaženja.

2.4.1. Metode čiščenja

Klasično čiščenje

Učinkovitost klasičnih načinov čiščenja v prostorih šol in vrtcev je zapleteno vprašanje, ki ga določajo različni čistilni protokoli in njihov vpliv na zdravje otrok. Študije kažejo, da izboljšani čistilni protokoli zmanjšajo okuženost površin, kar je povezano z zmanjšanjem števila odsotnih učencev zaradi bolezni prebavil. To nakazuje, da same klasične metode čiščenja morda niso zadostne za ohranjanje najboljših higienskih standardov v šolah. Raziskava je pokazala, da so izobraževalni zavodi, ki so izvajali izboljšane čistilne protokole, imeli nižje ravni ATP (5,02 proti 5,26) v primerjavi s kontrolnimi šolami, kar kaže na boljšo čistost (Shaughnessy et al., 2022). Izboljšano čiščenje je pripeljalo do statistično značilnega zmanjšanja biokontaminacije, kar je bilo povezano z zmanjšanjem odsotnosti zaradi bolezni prebavil (Shaughnessy et al., 2022).

Tradicionalne metode čiščenja so zmanjšale mikrobiološke obremenitve na mizah, vendar je vključevanje elektrostaticnega razprševanja dezinfekcijskih sredstev še dodatno pripomoglo k izboljšanju higiene, saj so se CFU zmanjšali s 73,4 na 54,2 (Ford in Sopha, 2020).

Razkuževanje

Uspešnost dezinfekcije v prostorih vzgojno-izobraževalnih zavodov je raziskana v različnih študijah, ki kažejo na zmanjšanje mikrobiološke okuženosti z uporabo različnih metod. Te metode vključujejo megljenje s perocetno kislino, atomizacijo hipoklorne kisline in elektrostaticno razprševanje dezinfekcijskih sredstev. Navedene metode so se izkazale za zelo učinkovite pri odstranjevanju patogenov. Študija opravljena na Poljskem je pokazala, da je megljenje s perocetno kislino doseglo učinkovitost dezinfekcije 99,7 % v vrtcih in 99,3 % v šolah, kar je bistveno zmanjšalo mikrobiološke kolonije na površinah. Najpogostejše bakterije, ki so bile identificirane, so bile vrste *Staphylococcus*, pri katerih je prišlo do opaznega zmanjšanja njihove pogostosti po dezinfekciji (Kruszewska et al., 2021).

Študija, ki je primerjala tradicionalno čiščenje z elektrostaticnim razprševanjem, je pokazala, da je slednje zmanjšalo mikrobiološke obremenitve s 73,4 CFU na 54,2 CFU na mizo, s čimer je izboljšalo splošno higieno v osnovnih in srednjih šolah. Ta metoda se je izkazala za

učinkovito tako kot dopolnilo tradicionalnemu čiščenju kot tudi samostojno (Ford in Sopha, 2020).

UV-svetloba:

Učinkovitost čiščenja z UV-svetlobo, zlasti UV-C sevanjem, je bila široko raziskovana in se je izkazala za učinkovito pri zmanjševanju mikrobiološke kontaminacije v različnih okoljih. Ta metoda je še posebej dragocena v zdravstvenih ustanovah in živilski industriji, kjer prisotnost patogenov predstavlja resno zdravstveno tveganje. UV-C sevanje deluje predvsem pri valovnih dolžinah med 100 in 280 nm, pri čemer je 253,7 nm optimalno za uničenje mikroorganizmov (Russignaga et al., 2023). UV-C sevanje uniči DNA mikroorganizmov, kar preprečuje njihovo razmnoževanje in učinkovito ubija bakterije ter viruse. Raziskave kažejo, da lahko naprave za UV-C dezinfekcijo bistveno zmanjšajo število večkratno zdravljenih bakterijskih okužb na intenzivnih enotah (Shi et al., 2023). Vključevanje UV-C dezinfekcije v standardne čistilne protokole je pokazala večjo splošno učinkovitost in dosego skladnosti z zdravstvenimi standardi (Casini et al., 2019). UV-C svetlobne diode so učinkovite pri razkuževanju površin v stiku s hrano, pri čemer so dosegli zmanjšanje patogenov, kot sta *E. coli* in *Salmonella* (Sharma et al., 2023).

Čeprav je čiščenje z UV-C svetlobo učinkovito, njegove omejitve vključujejo potrebo po neposredni izpostavljenosti svetlobi za optimalne rezultate, saj lahko sence ali ovire zmanjšajo njeno učinkovitost (Sharma et al., 2023).

3. Metodologija

3.1. Postopek zbiranja podatkov

Najprej smo preučili obstoječo literaturo. Preučili smo zgradbo in delovanje bakterij, nato smo pogledali, kako je s pojavnostjo bakterij v javnih in šolskih prostorih. V sklopu naloge smo preučili načine odstranjevanja in njihovo učinkovitost čiščenja.

Pripravili smo načrt odvzema brisov na površinah I. osnovne šole Celje. Pri vzorčenju smo načrtovali odvzeme brisov miz iz različnih učilnic. Brise prikazuje slika 7. Vzorčili smo učilnico 1. razreda in učilnico kemije, ki je ena izmed bolj zasedenih učilnic na šoli. Mize smo vzorčili tako, da smo najprej vzeli vzorce miz takoj po pouku, torej ob koncu pouka, odvzem brisa prikazuje slika 8. Brise smo odvzeli tako, da smo pobrisali območje velikosti približno 100 cm².



Slika 7: Tip brisa, s katerim smo odvzeli brise površin (Ošljak, 2025).



Slika 8: Odvzem brisa mize (Ošljak, 2025).

Za preverjanje učinkovitosti različnih metod čiščenja so bile površine obdelane z univerzalnim čistilnim sredstvom, antibakterijskim sredstvom – razkužilom in UV-svetlobo. Metode čiščenja so prikazane na sliki 9. Vzorci so bili odvzeti pred čiščenjem in po njem, da bi ocenili uspešnost posameznih metod.



Slika 9: Načini čiščenja miz (Ošljak, 2025).

V nadaljevanju smo vzeli brise očiščenih površin z namenom preverjanja učinkovitosti čiščenja. Poleg miz smo vzeli brise kljuk vhoda v šolo, stranišč, kavnega aparata in tipkovnic v računalniški učilnici in nekaj naključnih predmetov v rabi učencev in mobilnih telefonov učencev in zaposlenih, kar prikazujeta sliki 10 in 11. Na koncu smo vzeli še nekaj vzorcev iz rok nekaterih zaposlenih.



Slika 10: Odvzem brisa telefona (Ošljak, 2025).



Slika 11: Odvzem brisa rok (Ošljak, 2025).

Brisi so bili odvzeti v enem dnevu in predani v analizo v štirih urah po odvzemu, da bi zagotovili natančnost rezultatov.

Kontaminacija površin je bila testirana z uporabo metode ATP bioluminiscence, pri kateri so hitri testi Ultrasnap (Hygiena, Nemčija) merili luminescenco, izraženo v relativnih svetlobnih enotah (RLU). Dodatno so bile uporabljene klasične mikrobiološke metode za identifikacijo mikroorganizmov na selektivnih agarjih (Krulc, 2020). Analize so bile opravljene v laboratoriju Inštituta za sanitarno inženirstvo.

Za razlago rezultatov smo uporabili merila za določanje značnosti. Merila podaja Pravilnik o posebnih ukrepih pri zastrupitvah in infekcijah oseb s hrano in njihovim preprečevanju iz leta 1985.

Bris je značen, če:

- je število aerobnih mezofilnih bakterij do 200 CFU/površino,
- ne vsebuje bakterij vrste *E. coli*, koagulaza pozitivnih stafilokokov, fekalnih streptokokov, *Proteus* ssp. In *Pseudomonas aeruginosa* (Pravilnik o posebnih

ukrepih pri zastrupitvah in infekcijah oseb s hrano in njihovim preprečevanju, 1985).

Na podlagi rezultatov je bil predlagan inovativni ukrep za zmanjšanje kontaminacije v šolskih prostorih – uporaba UV-lučk, vgrajenih v tipkovnice, s čimer bi učinkovito preprečili širjenje bakterij. Poleg tega smo pripravili video gradivo, v katerem smo predstavili izsledke raziskave učencem in podali učiteljem navodila o pogostejšem zračenju prostorov.

3.2. Raziskovalna vprašanja

Pri raziskovalni nalogi smo si postavili naslednja raziskovalna vprašanja:

- Katero čistilno sredstvo je najučinkovitejše za čiščenje šolskih prostorov?
- Kako čisti so naši mobilni telefoni?
- Kakšna je učinkovitost UV-svetlobe pri zaviranju rasti bakterij?
- Kateri predmeti v učilnicah učencev I. OŠ Celje so najbolj izpostavljeni bakterijam?
- Kateri dejavniki vplivajo na prisotnost bakterij v učilnicah in na površinah mobilnih telefonov?
- Ali je redno razkuževanje učilnic povezano z nižjo stopnjo bakterijske kontaminacije?
- Kakšna je razlika v bakterijski kontaminaciji miz pred in po čiščenju?

3.3. Hipoteze

H1: Površine učilnic (klopi, stoli, kljuke) so bolj obremenjene z bakterijami kot površine mobilnih telefonov.

H2: Površine učilnic učencev razredne stopnje so bolj obremenjene z bakterijami kot površine učilnic učencev predmetne stopnje.

H3: Redno razkuževanje znatno zmanjša bakterijsko kontaminacijo.

H4: Ozaveščenost o higieni vpliva na pogostost razkuževanja mobilnih telefonov in rok.

H5: V učilnicah lahko učinkovito uničimo bakterije z uporabo UV-C lučke.

4. Rezultati

V sklopu raziskovalne naloge smo izvedli zbiranje brisov iz različnih šolskih prostorov in površin na I. osnovni šoli Celje. Vzorce smo odvzeli s površin, ki so pogosto v stiku z učenci in zaposlenimi, vključno z mizami, kljukami, mobilnimi telefoni in drugimi predmeti v učilnicah. Preverili smo tudi učinkovitost različnih metod čiščenja, kot so uporaba univerzalnih čistilnih sredstev, antibakterijskih sredstev in UV-svetlobe. V nadaljevanju bomo predstavili rezultate vzorčenja.

BRISI ROK ZAPOSLENIH

V sklopu raziskovalne naloge smo vzeli brise rok učiteljev in ostalih zaposlenih na I. osnovni šoli Celje. Pri zaposlenih smo vzeli 7 brisov rok, od tega smo vzeli 3 brise rok pri učiteljih predmetne stopnje, 2 brisa rok učiteljic razredne stopnje, bris rok tajnice in bris rok ravnatelja. Rezultati so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1: Rezultati brisov rok

Vzorec	Escherichia coli	Koagulaza pozitivni stafilokoki	Enterokoki	Aerobne mezofilne bakterije (cfu/površina)
Roke učitelja predmetne stopnje	0	0	0	200
Roke učiteljice predmetne stopnje	0	0	0	320
Roke učiteljice predmetne stopnje	0	0	0	450
Roke tajnice	0	3	0	420
Roke ravnatelja	0	0	0	210
Roke učiteljice 2. razreda	0	9	0	630
Roke učiteljice 1. razreda	0	4	0	890

Rezultati so pokazali, da so bile roke učiteljev in zaposlenih kontaminirane z bakterijami, saj je bilo pri vseh brisih več kot 200 CFU/površino. Rezultati so nam pokazali tudi, da so roke učiteljev predmetne stopnje manj kontaminirane od rok učiteljev razredne stopnje. Na rokah učiteljev predmetne stopnje smo našli med 200 in 450 CFU/površino, na rokah

učiteljev razredne stopnje pa med 630 in 890 CFU/površino. Poleg aerobnih mezofilnih bakterij smo na rokah tajnice in obeh učiteljic razredne stopnje odkrili stafilokoke. To lahko kaže na to, da so učitelji razredne stopnje v stiku z učenci, ki še nimajo dobro oblikovanih higienskih navad. Rezultat je seveda odvisen tudi od časa, od zadnjega umivanja rok, brise smo namreč pobrali naključno. Podatki, pridobljeni z raziskavo, se skladajo z raziskavo iz leta 2017, ko so ugotovili, da so roke ljudi pogosto kontaminirane z bakterijami (Exum et al., 2017). Prav tako se bakterije pogosto prenašajo s površin, ki se jih pogosto dotikamo, vključno z mobilnimi telefoni, računalniki in drugimi vsakdanjimi predmeti.

BRISI MIZ V UČILNICAH

Za preverjanje stopnje bakterijske kontaminacije v šolskih učilnicah smo vzeli brise miz v različnih učilnicah, vključno z učilnico kemije (ena izmed najbolj zasedenih učilnic) in učilnico učencev 1. razreda. Rezultati so prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Rezultati brisov miz

Vzorec	Escherichia coli	Koagulaza pozitivni stafilokoki	Enterokoki	Aerobne mezofilne bakterije (cfu/površina)
Miza učencev 1. razreda po čiščenju	0	0	0	30
Miza kemija pred čiščenjem	0	0	0	740
Miza kemija po čiščenju z univerzalnim čistilom	0	0	0	400
Miza kemija po čiščenju z razkužilom	0	0	0	10
Miza kemija po tretmaju z UV-lučko	0	0	0	40

Rezultati so pokazali, da so mize v učilnicah po pouku kontaminirane z bakterijami, zlasti v učilnicah z večjim številom učencev. Rezultati so pokazali, da so mize v učilnici kemije, ki

je ena izmed najbolj obremenjenih učilnic na šoli, po koncu pouku kontaminirane z bakterijami, saj smo na površini mize našli 740 CFU/površino, kar je več, kot je meja snaznosti, ki je 200 CFU/površino. To je v skladu z ugotovitvami, da so površine, ki se jih ljudje pogosto dotikajo, pogosto obremenjene z mikroorganizmi (Doll et. all., 2017). Ugotovili smo, da se bakterije hitro širijo na mizah, stolih in drugih površinah v učilnicah.

Poleg pojavnosti bakterij smo na primeru učilnice kemije preverjali tudi učinkovitost različnih metod čiščenja in odstranjevanja nečistoč. Pri preverjanju učinkovitosti različnih metod čiščenja smo uporabili tri različne tehnike: univerzalna čistilna sredstva, razkužila in UV-C svetlobo. Mize so bile snažne po čiščenju z razkužilom in po tretmaju z UV-C lučko, saj so imele manj kot 200 CFU/površino. Analize so pokazale, da je uporaba razkužila zelo učinkovita za odstranjevanje bakterij, prav tako tudi UV-svetloba. Po čiščenju z razkužilom smo našli 10 CFU/površino, po obsevanju z UV-C svetlobo pa 40. Manj pa je učinkovito čiščenje z univerzalnim čistilnim sredstvom, kjer se je število bakterij po čiščenju zgolj prepolovilo, in je znašalo 400 CFU/površino, kar za 200 CFU/površino presega mejo snaznosti. Glede na to, da smo učilnico 1. razreda analizirali po delu čistilke, smo ugotovili, da je bilo prisotnih 30 CFU/površino, lahko sklepamo, da je čistilka pri delu uporabila razkužilo, saj UV-C luči ne uporabljamo.

Ugotovili smo, da je za odstranjevanje mikrobov na površinah precej učinkovita metoda razkuževanje in uporaba UV-C lučke, vendar pa je treba dovolj dolgo izpostavljati površino razkužilu in UV svetlobi. Na to opozarjajo tudi navodila za uporabo razkužila in UV-C lučke. Rezultati se skladajo z ugotovitvami v raziskavi iz leta 2019, ko so ugotovili, da je UV-lučka lahko učinkovit vir razkuževanja (Casini et al., 2019), in raziskavi iz leta 2022, ko so ugotovili, da so čistilna sredstva in razkužila pomembna pri zmanjševanju kontaminacije, vendar je njihova učinkovitost pogosto odvisna od vrste bakterij in metode uporabe (Shaughnessy et al., 2022).

BRISI KLJUK V ŠOLSKIH PROSTORIH

V sklopu raziskovalne naloge smo vzeli brise dveh kljuk v prostorih I. osnovne šole Celje. Pri tem smo odvzeli brise kljuke v moškem stranišču in kljuke vhodnih vrat na Vrunčevi ulici 13. Rezultati so prikazani v tabeli 3.

Tabela 3: Rezultati brisov kljuk

Vzorec	Escherichia coli	Koagulaza pozitivni stafilokoki	Enterokoki	Aerobne mezofilne bakterije (cfu/površina)
Kljuka stranišče	0	0	0	250
Kljuka vhodnih vrat	0	0	0	90

Rezultati so pokazali, da so bile površine kljuk onesnažene z bakterijami. Na kljuki vhodnih vrat smo našli 90 CFU/površino, kar je manj kot mejna vrednost 200 CFU/površino, posledično je bila kljuka snažna. Na kljuki v stranišču pa 250 CFU/površino, kar kaže na to, da kljuka na stranišču ni bila snažna in je bila bolj onesnažena kot kljuka vhodnih vrat. Rezultati potrjujejo ugotovitve raziskave iz leta 2017, ko so ugotovili, da so predmeti, ki se jih ljudje večkrat dotikajo, kontaminirani z bakterijami (Doll et. all., 2017).

BRISI PREDMETOV V ŠOLSKIH PROSTORIH

Tabela 4: Rezultati brisov predmetov v šolskih prostorih

Vzorec	Escherichia coli	Koagulaza pozitivni stafilokoki	Enterokoki	Aerobne mezofilne bakterije (cfu/površina)
Kavni avtomat	0	0	0	1600
Žoga	0	0	0	80
Igrače učencev 1. razreda	0	0	0	140
Tipkovnica računalnika v 1. razredu	0	0	0	1690
Tipkovnica – računalniška učilnica	0	0	0	660

Pri analizi kontaminacije predmetov v učilnicah, in sicer kavnega avtomata, ki ga najdemo v športni dvorani in je namenjen zunanjim uporabnikom dvorane, tipkovnice računalnika učiteljice 1. razreda, igrače učencev 1. razreda, žoge v športni dvorani in tipkovnice v učilnici za računalništvo, smo ugotovili, da so bili ti predmeti prav tako izpostavljeni bakterijski onesnaženosti. Rezultati so predstavljeni v tabeli 4. Ugotovili smo, da je bila najbolj onesnažena tipkovnica učiteljice 1. razreda, saj smo našli 1690 CFU/površino. Nato sledi kavni avtomat, kjer smo našli 1600 CFU/površino. Na tipkovnici v računalniški učilnici smo odkrili 660 CFU/površino, na žogi in igračah 1. razreda pa manj bakterij, kar kaže na to, da so bile pred kratkim očiščene. Pri raziskavi smo torej ugotovili, da so bile snažne žoga in igrače učencev 1. razreda, saj je bilo manj kot 200 CFU/površino. Te ugotovitve so v skladu z raziskavami, ki potrjujejo, da so površine, ki jih ljudje pogosto uporabljajo, nagnjene k bakterijski kontaminaciji (Doll et. al., 2017). Glede na to, da elektronske opreme ne smemo izpostavljati tekočinam, predlagamo, da se v tipkovnice nameščajo UV-C luči, s katerimi bi zmanjšali obremenitev površine tipkovnic z bakterijami.

BRISI MOBILNIH TELEFONOV UČENCEV IN ZAPOSLENIH NA I. OŠ CELJE

V sklopu raziskovalne naloge smo vzeli brise mobilnih telefonov oseb, ki se zadržujejo v prostorih I. OŠ Celje. Brise smo vzeli na mobilnih telefonih treh učiteljev predmetne stopnje, mobilnem telefonu čistilke in tajnice. Poleg brisov mobilnih telefonov zaposlenih smo vzeli bris dveh mobilnih telefonov v lasti učencev 8. razreda. Rezultati so prikazani v tabeli 5.

Tabela 5: Rezultati brisov mobilnih telefonov učencev in zaposlenih

Vzorec	Escherichia coli	Koagulaza pozitivni stafilokoki	Enterokoki	Aerobne mezofilne bakterije (cfu/površina)
Mobitel učitelja predmetne stopnje	0	0	0	1100
Mobitel učiteljice predmetne stopnje	0	0	0	980
Mobitel učiteljice predmetne stopnje	0	0	0	1300
Mobitel učiteljice predmetne stopnje	0	0	0	250
Mobitel čistilke	2	0	0	320
Mobilni telefon tajnice	0	0	0	690
Mobitel učenke	0	0	0	1700
Mobitel učenca	0	0	0	1470

Pri vzorčenju mobilnih telefonov, tako učencev kot zaposlenih, smo ugotovili, da so telefoni onesnaženi z bakterijami. Niti eden od analiziranih mobilnih telefonov ni bil snažen, saj so imeli več kot 200 CFU/površino, poleg tega pa je mobitel čistilke vseboval tudi bakterije *E. coli*. Najbolj so onesnaženi mobilni telefoni učencev, kjer smo na mobilnem telefonu učenke našli 1700 CFU/površino, na mobilnem telefonu učenca pa 1470 CFU/površino. Tudi mobilni telefoni zaposlenih so onesnaženi z bakterijami. Te ugotovitve so v skladu z rezultati raziskave iz leta 2011, ko so na Univerzi Cape Cast v Gani so izvedli analizo 100 naključno izbranih mobilnih telefonov. Ugotovili so, da je bilo 100 % telefonov okuženih, od tega jih je bilo kar 65 % okuženih z več kot 3 vrstami bakterij (Tagoe et. All. 2011). Ugotovili smo, da so mobilni telefoni visoko tvegane površine za širjenje mikroorganizmov zaradi njihove pogoste uporabe in stika z rokami ter drugimi površinami, zlasti v šolskem okolju, kjer so stiki med učenci in učitelji pogosti.

POVEZAVA MED HIPOTEZAMI IN REZULTATI

1. **hipoteza:** Površine učilnic (klopi, stoli, kljuke) so bolj obremenjene z bakterijami kot površine mobilnih telefonov. **Rezultat:** Rezultati kažejo, da so površine mobilnih telefonov bolj obremenjene z bakterijami kot površine miz. Posledično je hipoteza ovržena.
2. **hipoteza:** Površine učilnic učencev razredne stopnje so bolj obremenjene z bakterijami kot površine učilnic učencev predmetne stopnje. **Rezultat:** Rezultati kažejo, da so površine miz predmetne stopnje obremenjene z bakterijami. Vzorca miz pred čiščenjem v 1. razredu pa nismo odvzeli, posledično hipoteze nismo mogli ne potrditi ne ovreči.
3. **hipoteza:** Redno razkuževanje znatno zmanjša bakterijsko kontaminacijo. **Rezultat:** Rezultati kažejo, da je razkuževanje zelo dober način zmanjševanja bakterijske kontaminacije. Hipoteza je potrjena.
4. **hipoteza:** Ozaveščenost o higieni vpliva na pogostost razkuževanja mobilnih telefonov in rok. **Rezultat:** rezultat kaže, da so mobilni telefoni zaposlenih manj onesnaženi kot mobilni telefoni učencev. Hipoteza je potrjena.
5. **hipoteza:** V učilnicah lahko učinkovito uničimo bakterije z uporabo UV-C lučke. **Rezultat:** V sklopu raziskovalne naloge smo ugotovili, da UV-C lučka znatno zmanjša pojavnost bakterij. Hipoteza je potrjena.

4.1. Povzetek rezultatov

4.1.1. Dejavniki razlike v bakterijski kontaminaciji

Rezultati raziskave kažejo, da so bile nekatere površine bistveno bolj kontaminirane kot druge. Analiza vzorcev je razkrila, da so mobilni telefoni, računalniške tipkovnice in kavni avtomat med najbolj onesnaženimi predmeti, medtem ko so bile nekatere kljuke in igrače otrok manj kontaminirane. Vzroke lahko pripišemo naslednjim dejavnikom:

– RAZLIČNA POGOSTOST DOTIKANJA POVRŠIN

Površine, ki so pogosto v stiku z rokami več različnih ljudi, imajo večjo možnost prenosa bakterij. Mobilni telefoni in tipkovnice so v stalnem stiku s kožo, pogosto se jih dotikamo brez umitih rok, kar omogoča kopičenje bakterij. Nasprotno so bile nekatere igrače in kljuke manj kontaminirane, ker jih učenci manj pogosto uporabljajo ali pa so bile pred kratkim očiščene.

– UČINKOVITOST METOD ČIŠČENJA

Rezultati testiranja metod čiščenja so pokazali, da:

- razkužila in UV-C svetloba učinkovito zmanjšajo bakterijsko kontaminacijo; na mizah, ki so bile obdelane z razkužilom, smo našli bistveno manj bakterij kot na tistih, ki so bile očiščene le z univerzalnim čistilnim sredstvom;
- univerzalna čistila niso bila dovolj učinkovita; čeprav so zmanjšala število bakterij, je bila vrednost CFU (število bakterij na enoto površine) še vedno nad priporočeno mejo, kar pomeni, da bi bilo treba razmisliti o rednejši uporabi razkužil in UV-C metod na najbolj obremenjenih površinah.

– SPECIFIČNE LASTNOSTI MATERIALOV

Material površine vpliva na to, kako dolgo se bakterije obdržijo. Gladke površine (npr. steklo mobilnih telefonov, plastične tipkovnice) omogočajo daljše preživetje bakterij v primerjavi z bolj poroznimi materiali, kot so lesene klopi ali mehke igrače. To pojasnjuje, zakaj so bile tipkovnice in telefoni bolj kontaminirani kot druge površine.

– HIGIENA UPORABNIKOV

Na mobilnih telefonih učencev je bilo zaznano več bakterij kot na telefonih zaposlenih. To lahko nakazuje, da imajo učenci slabše higienske navade, saj si manj pogosto umivajo roke ali ne čistijo svojih naprav. Podobno so bile roke učiteljev razredne stopnje bolj kontaminirane kot roke učiteljev predmetne stopnje, kar lahko pomeni, da so pogostejše v stiku z mlajšimi otroki, ki še nimajo dobro razvitih higienskih navad. Prav tako so bili slabi vzorci na rokah čistilnega osebja.

SKLEP

Razlike v bakterijski kontaminaciji so posledica kombinacije več dejavnikov: pogostosti dotikanja, uporabe različnih metod čiščenja, materialov površin in higienskih navad uporabnikov. Raziskava je potrdila, da je učinkovitost čiščenja pomembna za zmanjšanje bakterijske obremenitve, zato priporočamo pogostejšo uporabo razkužil in UV-C luči na najbolj obremenjenih površinah, kot so tipkovnice, mobilni telefoni in mize v učilnicah.

5. Zaključek

Naša raziskava je pokazala, da so šolski prostori pogosto obremenjeni z bakterijami, predvsem površine, ki se jih učenci in učitelji pogosto dotikajo. Med najbolj onesnaženimi površinami so bile mize, kljuke, mobilni telefoni in računalniške tipkovnice. Posebej izstopajo mobilni telefoni učencev, saj so vsebovali največ bakterij, pri enem vzorcu smo zaznali celo bakterije *Escherichia coli*, kar kaže na fekalno kontaminacijo in predstavlja tveganje za zdravje.

Preverjanje učinkovitosti različnih metod čiščenja je pokazalo, da razkužila in UV-C svetloba bistveno zmanjšajo bakterijsko kontaminacijo, medtem ko navadna univerzalna čistila niso bila dovolj učinkovita. To pomeni, da bi morali v šolskih prostorih več poudarka nameniti pravilnemu razkuževanju površin in morebitni implementaciji UV-C svetlobe v določenih učilnicah.

Naši rezultati potrjujejo, da lahko ustrezna higiena in ozaveščanje učencev o pomenu čistoče znatno prispevata k zmanjšanju bakterijske obremenitve. Predlagamo redno čiščenje površin z učinkovitejšimi metodami, pogostejše zračenje učilnic in uvedbo UV-C luči na najbolj obremenjenih površinah (npr. tipkovnice v računalniških učilnicah).

V prihodnje bi bilo smiselno razširiti raziskavo tudi na analizo virusov, ki se prav tako prenašajo preko površin ter preučiti učinek različnih čistilnih sredstev in razkužil na dolgi rok.

Z upoštevanjem teh ugotovitev lahko zmanjšamo tveganje za širjenje nalezljivih bolezni v šolskem okolju in izboljšamo splošno higiensko stanje šolskih prostorov.

6. Seznam literature in spletnih virov

Aakash, S., Housyn, M., Brahmaiah, P., Sampathkumar, B., & Ankit, P. (2023). UV-C inactivation of microorganisms in droplets on food contact surfaces using UV-C light-emitting diode devices. *Frontiers in Food Science and Technology*, 3. Dostopno 15. 1. 2025. <https://doi.org/10.3389/frfst.2023.1182765>

Boyce, J. M. (2016). Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 5(1). Dostopno 15. 1. 2025. <https://doi.org/10.1186/s13756-016-0111-x>

Chiu, C. H., Su, L. H., & Chu, C. (2004). *Salmonella enterica* serotype Choleraesuis: Epidemiology, pathogenesis, clinical disease, and treatment. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(2), 311–322.

Cobrado, L., Silva-Dias, A., Azevedo, M. M., & Rodrigues, A. G. (2017). High-touch surfaces: Microbial neighbours at hand. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 36(11), 2053–2062. Dostopno 15. 1. 2025 <https://doi.org/10.1007/s10096-017-3042-4>

Doll, M., Stevens, M., & Bearman, G. (2018). Environmental cleaning and disinfection of patient areas. *International Journal of Infectious Diseases*, 67, 52–57. Dostopno 15. 1. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.10.014>

Douglas, F. B., & Keith, S. (2020). An evaluation of conventional cleaning and disinfection and electrostatic disinfectant spraying in K-12 schools. *Canadian Journal of Infection Control*, 35(1), 35–38.

Exum, N. G., Kosek, M. N., Davis, M. F., & Schwab, K. J. (2017). Surface sampling collection and culture methods for *Escherichia coli* in household environments with high fecal contamination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 947. Dostopno 10. 1. 2025. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080947>

Gubina, M., & Ihan, A. (2002). Medicinska bakteriologija z imunologijo in mikologijo. Medicinski razgledi.

Hullegie, S., Bruijning-Verhagen, P., Uiterwaal, C. S. P. M., Smit, H. A., de Hoog, M. L. A., & van der Ent, C. K. (2016). First-year daycare and incidence of acute gastroenteritis. *Pediatrics*, 137(5). Dostopno 10. 1. 2025. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-3356>

Jakša, Š. (n.d.). Peti element: Uničite slabe bakterije, izboljšajte imunski sistem.

Jurjevec, M., & Gobec, M. (n.d.). Ocena tveganja za nevarnosti biološkega, kemijskega, okoljskega in neznanega izvora na zdravje ljudi.

Krulec, A., Biasizzo, M., Čebular, M., Henigman, U., Tajnikar, S., & Grebenc, S. (2020). Vodnik za vzorčenje živil in pitne vode (1. izd., str. 140). Inštitut za sanitarno inženirstvo.

Kruszewska, E., Grześ, H., Czupryna, P., Pancewicz, S., Groth, M., Wondim, M., & Moniuszko-Malinowska, A. (2021). Fogging with peracetic acid in schools and kindergartens. *Frontiers in Public Health*, 9, 697917. Dostopno 20. 12. 2024. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.697917>

Mastroeni, P., & Sheppard, M. (2004). Salmonella infections in the mouse model: Host resistance factors and in vivo dynamics of bacterial spread and distribution in the tissues. *Microbes and Infection*, 6, 398–405.

Meyer, J., Nippak, P., & Cumming, A. (2021). An evaluation of cleaning practices at a teaching hospital. *American Journal of Infection Control*, 49(1), 40–43. Dostopno 14. 12. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.06.187>

Mitchell, B. G., McGhie, A., Whiteley, G., Farrington, A., Hall, L., Halton, K., & White, N. M. (2020). Evaluating bio-burden of frequently touched surfaces using Adenosine Triphosphate bioluminescence (ATP): Results from the Researching Effective Approaches to Cleaning in Hospitals (REACH) trial. *Infection, Disease & Health*, 25(3), 168–174. Dostopno 15. 1. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.idh.2020.02.001>

Nataro, J. P., & Kaper, J. B. (1998). Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11(1), 142–201.

Pravilnik o posebnih ukrepih pri zastrupitvah in infekcijah oseb s hrano in o njihovem preprečevanju. Ur. L. SRS št. 24-1296/1981 z dopolnitvami SRS 35-1585/1982.

Pravilnik o posebnih ukrepih pri zastrupitvah in infekcijah oseb s hrano in o njihovem preprečevanju. Ur. L. SRS št. 24-1296/1981 z dopolnitvami SRS 35-1585/1982.

Prijatelj, V. (2012). Novosti – izkušnje – pobude – odmevi: Računalniška oprema mora biti vključena v sistem obvladovanja bolnišničnih okužb. *Obzornik Zdravstvene Nege*, 46(3), 251–253. Dostopno 15. 1. 2025. Pridobljeno od <https://obzornik.zbornica-zveza.si/index.php/ObzorZdravNeg/article/view/2889>

Shaughnessy, R., Hernandez, M. S., & Haverinen-Shaughnessy, U. (2022). Effects of classroom cleaning on student health: A longitudinal study. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 32(5), 767–773. Dostopno 15. 1. 2025. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00427-8>

Tagoe, D. N., Gyande, M. V. K., & Ansah, M. E. O. (2011). Bacterial contamination of mobile phones: When your mobile phone could transmit more than just a call.

Tomažič, I., Zidar, P., Dolenc Koce, J., & Ambrožič Avguštin, J. Učbenik za biologijo.

Torkar, G. (2017). Bakterije in virusi, povzročitelji nalezljivih bolezni. Ljubljana: Naravoslovna solnica, 21(2), 34–35.

Tuladhar, E., Hazeleger, W. C., Koopmans, M., Zwietering, M. H., Beumer, R. R., & Duizer, E. (2012). Residual viral and bacterial contamination of surfaces after cleaning and disinfection. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(21), 7769–7775. Dostopno 15. 1. 2025. <https://doi.org/10.1128/AEM.02144-12>

IZJAVA

Mentor MARTIN MELANŠEK v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom IZPOSTAVLJENOST BAKTERIJAM V PROSTORIH I. OŠ CELJE, katere avtorica je MIJA OŠLJAK:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 2. 3. 2025

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe