

9. forum o hlađenju, klimatizaciji i ventilaciji

Klima-forum

ZAŠTITA SUSTAVA ZA OBRADU ZRAKA I VODE OD ONEČIŠĆENJA BAKTERIJAMA RODA *LEGIONELLA*

Robert Marinić, mag. ing. mech., Vodoprivreda Daruvar d.d.

Prof. dr. sc. Davor Ljubas, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Juretić, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Zadar, 21. travnja 2023.

Umjesto Uvoda...

ZAKON O VODI ZA LJUDSKU POTROŠNJU, stupio na snagu 8. ožujka 2023. godine

Ovim zakonom je definirano da su **vlasnici prioriternih objekta**, a to su veliki objekti koji nisu kućanstva, s brojnim korisnicima potencijalno izloženim rizicima povezanim s vodom, osobito veliki objekti za javnu upotrebu, i to: bolnice, lječilišta, škole i ostale obrazovne ustanove, vrtići, objekti u kojima se obavljaju djelatnosti socijalne skrbi za korisnike na smještaju, sportske dvorane, skupina „hoteli”, skupina „kampovi”, učenički i studentski domovi, trgovački centri, kaznene ustanove i vojarne (članak 3, stavak 7, Zakona o vodi za ljudsku potrošnju) utvrđeni **ovim Zakonom obvezni uspostaviti, provoditi i održavati sustave i postupke samokontrole kroz procjenu rizika kućne vodoopskrbne mreže objekata** u kojima obavljaju svoje poslovanje te **provoditi preventivne i korektivne mjere** kako su propisane ovim zakonom, a sastoji se i od **provođenja nalaza na prisutnost bakterija roda *Legionella***.(čl.29, st.1,3 i 5, pod a)

► Osvrt na prošlost „Legionarske bolesti“

Na godišnjem skupu, „Američke legije“ u gradu Philadelphia, u hotelu „Bellevue-Stratford“ 1976. godine skupilo se 4400 američkih ratnih veterana. Hotel je bio izgrađen 1904. godine i imao je 700 kreveta. Nekoliko sudionika tog skupa osjetilo je zdravstvene tegobe u obliku povišene temperature i suhog kašlja, a nakon toga su pacijenti zadobili upalu pluća. Nakon tjedan dana 149 sudionika toga skupa bilo je hospitalizirano u različitim bolnicama, ali unatoč poduzetim medicinskim terapijama došlo je do smrti 29 legionara, a bolest je u novinskim tekstovima dobila naziv „Legionarska bolest“.

Nakon niza pretraga epidemiolozi su 1977. godine tek bili sigurni da su točno specificirali uzročnik legionarske bolesti. Patogena bakterija je tada dobila naziv „*Legionella pneumophila*“. Ispostavilo se da legionarska bolest nije zarazila samo pripadnike američke legije već i druge sudionike raznih skupova koji su u to vrijeme odsjeli u hotelu. Sveukupno je tada bilo 221 slučaj zaraze, a ukupno je preminulo 34 ljudi.

PATOGENI MIKROORGANIZMI

Bakterija *Legionella*

Bakterija *Legionella* prisutna je u prirodi u raznim okruženjima (tlo, okruženja koja uključuju vodu tj. vlagu - u izvorima, rijekama, jezerima, barama, riječnom i bujičnom mulju, izmaglicama...). Iz tog prirodnog okoliša, dopire do umjetno stvorenih sredina koje je stvorio čovjek putem vodovoda, zrakom u kojem je prisutna aerosol, fontanama i bazenima.

Nastajanje izvora bolesti zahtjeva postojanje visoke koncentracije bakterija *Legionella* u dotičnoj vodi (> 1000 CFU), te da su one raspršene u obliku aerosola s dimenzijama kapljice i transportnim mehanizmima koji omogućuju udisanje.

Najopasnija od više podvrsta (oko 50!) bakterije roda *Legionella*, s kojom je povezano oko 90% slučajeva upale pluća, je *Legionella pneumophila*.

Visoka koncentracija legionela u vodi slijedi proces poznat kao **proliferacija** koji nastaje kada su prisutni pogodni ambijentalni uvjeti.

Uvjeti povoljni za proliferaciju i prisutnost bakterije jesu:

- temperatura vode između 20 °C i 45 °C, gdje je moguć rast bakterija
- vodovodni sustavi s temperaturom ispod 60 °C
- kiselim i alkalnim sredinama, s pH vrijednostima između 2.7 i 8.3
- stanje stagnacije vode u distribucijskim cjevovodnim mrežama i sustavima skladištenja
- prisutnost i / ili nastajanje kamenca unutar cijevnih mreža
- prisutnost hranjivih tvari i taloga (amebe i biofilm)

Sustavi za opskrbu pitkom vodom

Razne građevine (stambene, poslovne ili industrijske) imaju, zbog zadovoljenja potreba za pitkom vodom, projektirane i izvedene vodovodne sustave s hladnom i toplom vode.

U današnje vrijeme postavljaju se sve veći zahtjevi za sanitarne sustave u građevini, posebno za sustave za pripremu potrošne tople vode (PTV). Topla voda je izložena većim fizikalno-kemijskim promjenama od hladne vode.

Vodovodne sustave potrebno je tako izvesti i koristiti, da korištenje pitke vode ne predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje (fizikalno-kemijska onečišćenja, mikroorganizmi).

U toploj vodi, na temperaturama od 25 do 55 °C, nastaju povoljni uvjeti za rast i nekontrolirano razmnožavanje patogenih mikroorganizama, koji mogu dovesti do infekcija i epidemija sa smrtnim ljudskim posljedicama.

Posebnu opasnost predstavljaju veliki vodovodni sustavi za pripremu tople potrošne vode, u velikim javnim građevinama. U takvim se sustavima obično koriste veliki spremnici koji pri određenim uvjetima predstavljaju žarište razvoja patogenih mikroorganizama, a među njima je i *Legionella pneumophila*, koja izaziva legionarsku bolest.

Tehnički sustavi koji koriste vodu

U raznim namjenama građevina koriste se i različiti sustavi koji za svoju namjenu koriste vodu, kao npr.:

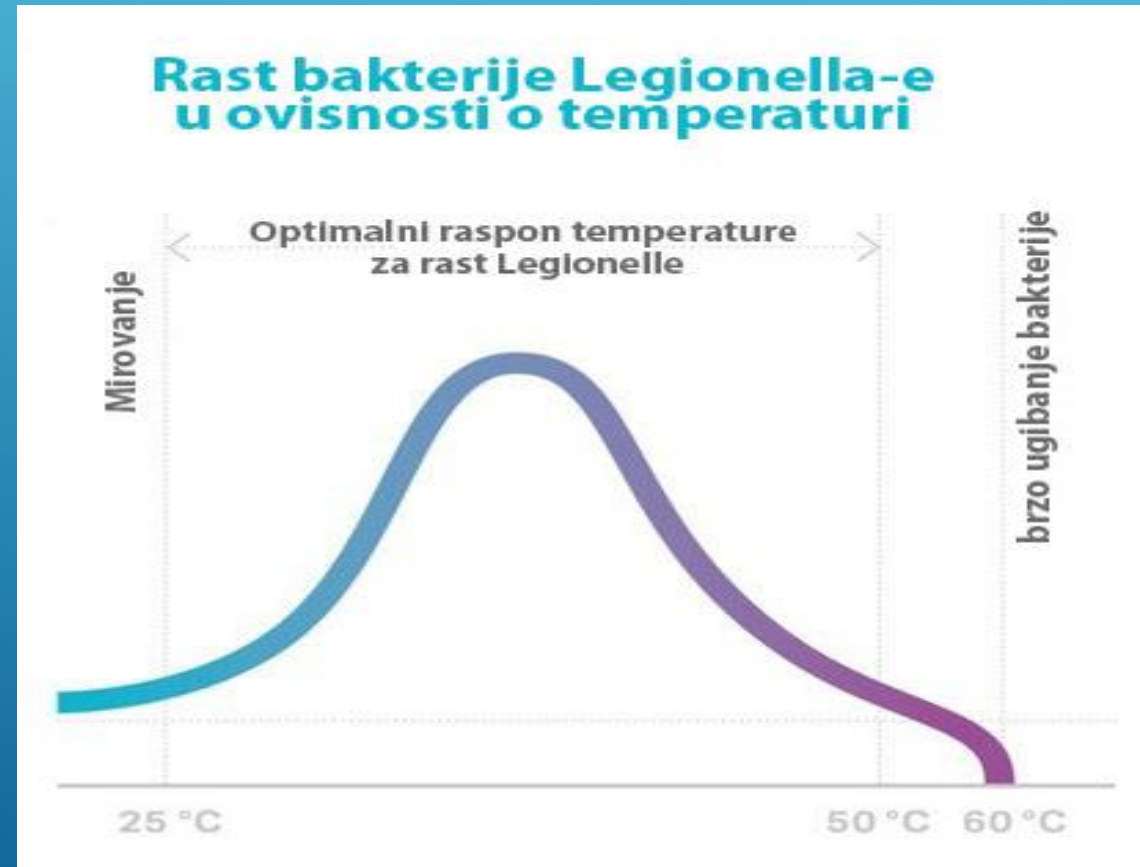
- sustavi toplovodnog grijanja i hlađenja,
- klimatizacija,
- bazenska tehnika i dr.

Zbog različitih povoljnih uvjeta koji se mogu pojaviti za razvoj patogenih mikroorganizama, potrebno je projektirati takva tehničko-tehnološka rješenja koja će omogućiti inaktivaciju patogenih mikroorganizama.

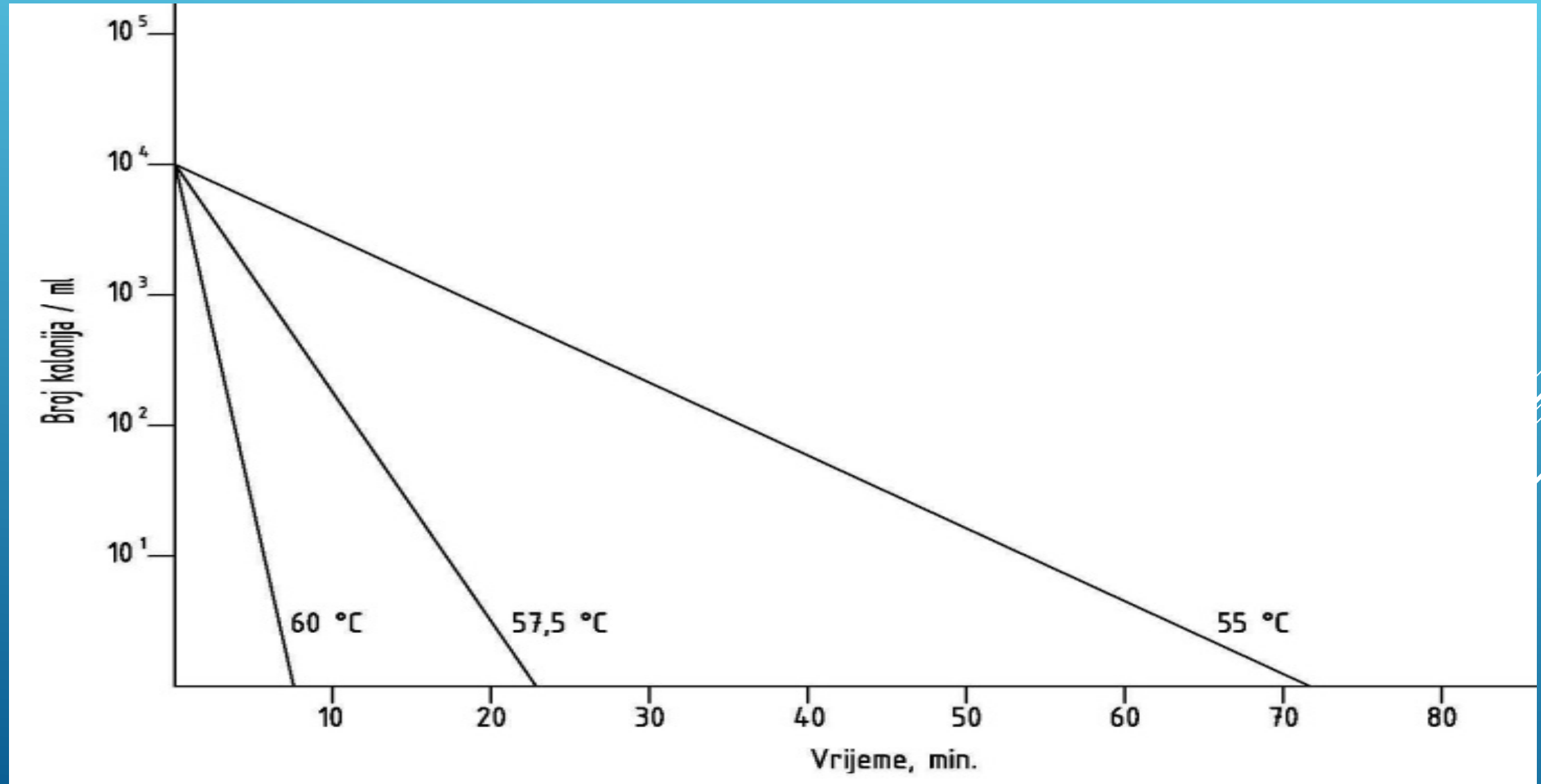
Temperaturni uvjeti

Temperatura vode je važan čimbenik koji uvjetuje preživljavanje i proliferaciju bakterija *Legionella* u vodovodnim mrežama i njihovo uništavanje. Ove bakterije mogu preživjeti nekoliko mjeseci na niskim temperaturama (ispod 20 ° C). Njihovo preživljavanje se smanjuje na temperaturama većim od 50 ° C, a smrt bakterija je praktično trenutna na temperaturi od 70 ° C.

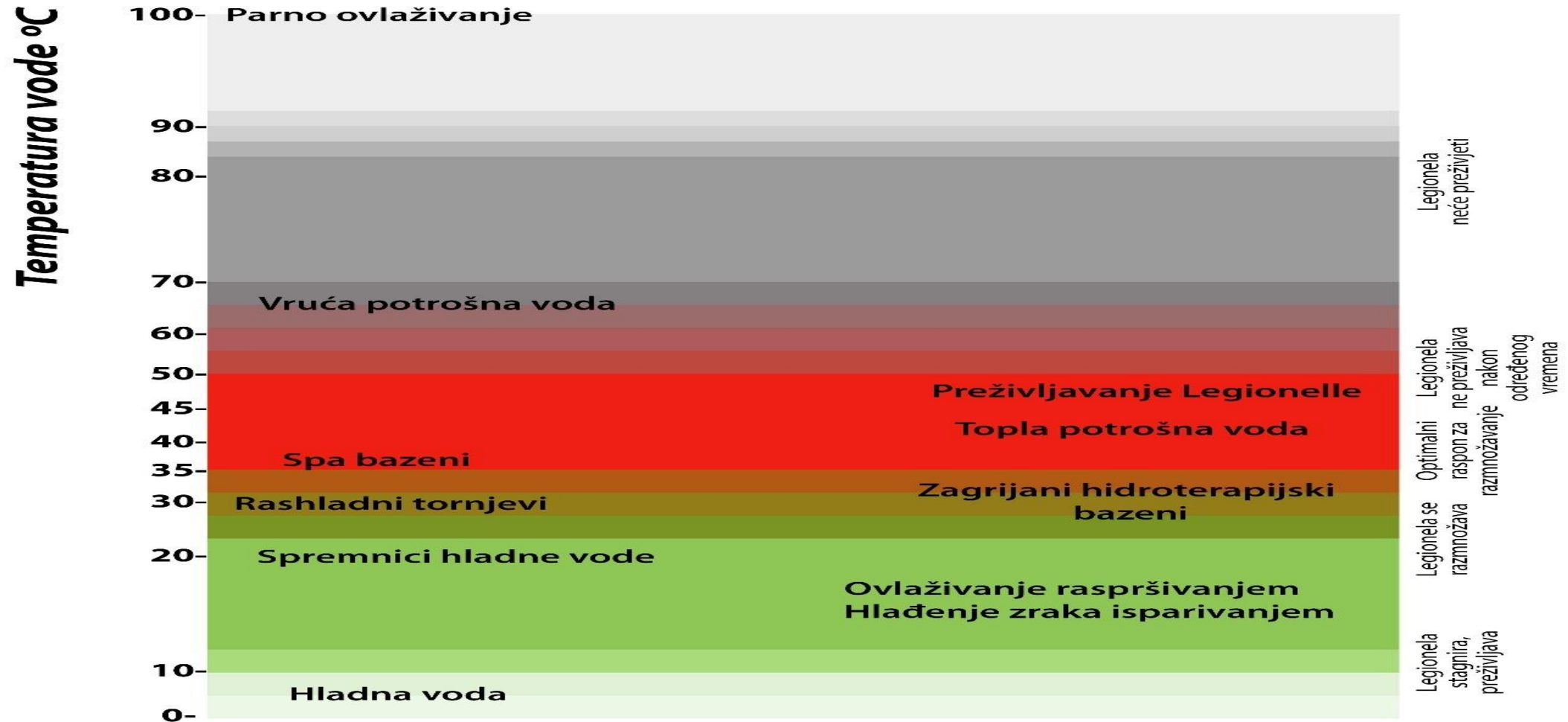
U vodovodnim mrežama potrebno je izbjegavati, što je više moguće, opseg temperaturnog raspona između 20 i 50 ° C. Optimalni uvjeti za proliferaciju bakterija su temperature između 32 i 40 ° C.



Utjecaj temperature na preživljavanje bakterija *Legionella*



Učinci temperature na reproduktivne mehanizme bakterija legionele i operativni rasponi u nekim primjenama



Preživljavanje mikroorganizama i povoljni uvjeti u različitim tehničkim instalacijama

Prisustvo kamenca na površini stijenske cijevi i uređaja (spremnika, rezervoara i sl.) pogoduje rastu bakterije koja stavlja na raspolaganje mikro-nutrijente potrebne za održavanje. Prisutnost naslaga kamenca (uglavnom kalcija i magnezija), korozijskih produkata i biofilma povećava rast i razvoj bakterija (nudeći poroznu strukturu unutar) koje bakterija može pronaći zaštitu od dezinfekcije.

Pogodnost razvoja bakterije je prisutnost mirujuće vode koja joj omogućuje dovoljno dugo vrijeme zadržavanja za reprodukciju. „Stagnacijski uvjeti“ pojavljuju se u spremnicima, posudama i cjevovodima u kojima nema cirkulacije ili je brzina vrlo niska.

Okoliš koji pogoduje razvoju i rastu bakterija su one komponente i priključci postrojenja koji se koriste diskontinuirano (sa prekidima), u „mrtvim“ dionicama vodovodne mreže i u sustavima za protupožarnu zaštitu (sprinkler instalacije, hidrantska mreža, itd.).

Lokalni stagnacijski uvjeti mogu biti posljedica lošeg rada komponenata (slaba (re)cirkulacija), porozni slojevi u cijevima i opremi (kamenac, korozija, ...) ili prisutnosti biofilma.

Rizik od proliferacije javlja se kada se voda dugo zadržava (stagnacija) pri temperaturi između 20 ° C i 50 ° C, a posebno između 32 ° C i 40 ° C. Ovi uvjeti normalno se nalaze u sustavima PTV-a za higijenu i za pranje, voda također može postati topla / mlaka (32 ... 40 ° C) izborom neodgovarajuće armature (kontrola miješajućeg ventila).

Preživljavanje mikroorganizama i povoljni uvjeti u različitim tehničkim instalacijama

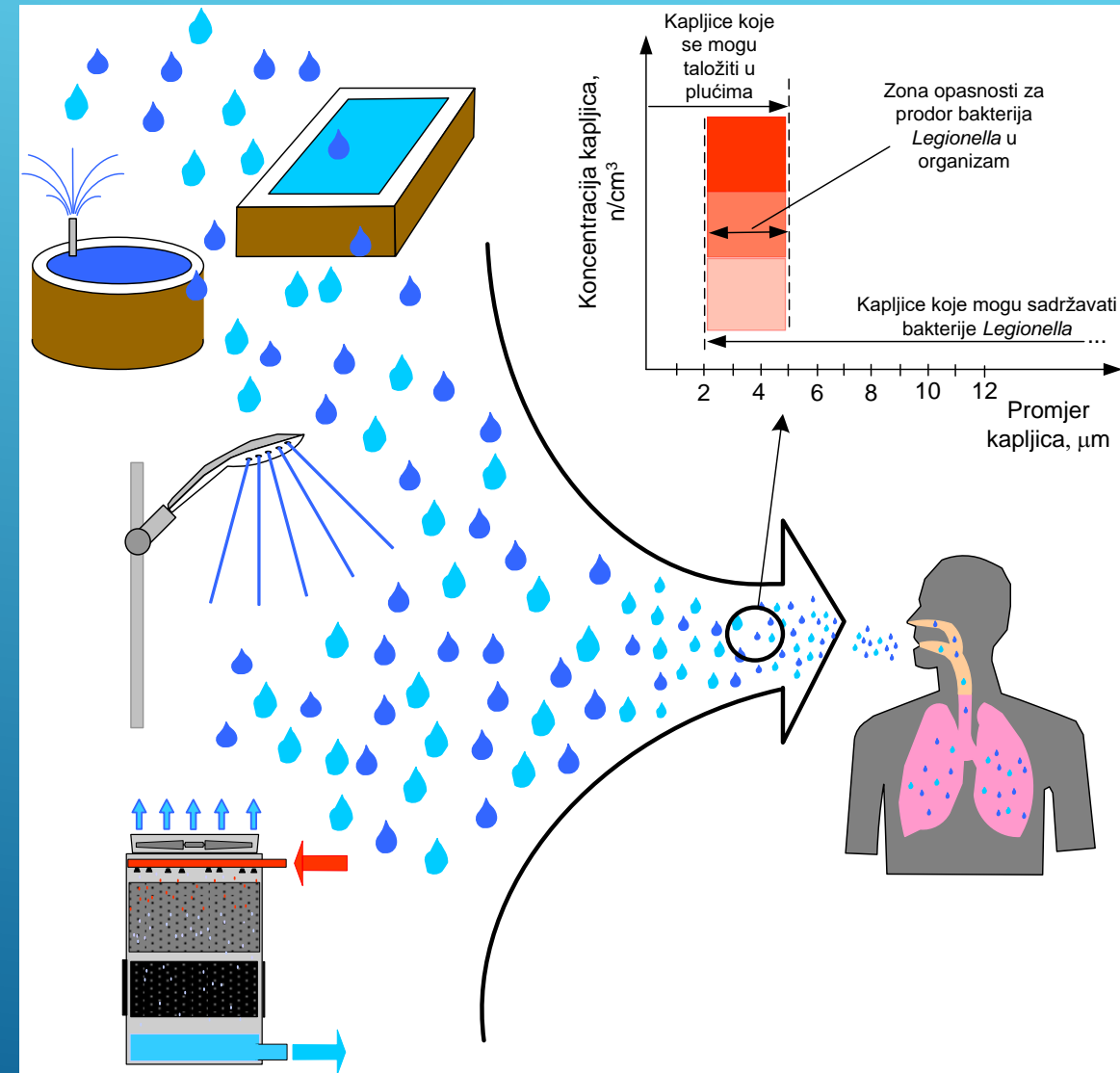
Kritični temperaturni uvjeti mogu se pojaviti i u cjevovodima za hladnu vodu, koji se zagrijavaju u šahtovima zbog loše izolacije od cjevovoda za vruću vodu, ili zbog visokih temperatura u sobama ili u svakom slučaju u područjima vertikalnih šahtova, hodnika, krovnih prostora kroz koje prolaze, ili čak kroz nekontrolirani ulazak tople vode (odsustvo nepovratnih ventila). **Stoga je potrebno provjeriti da hladna voda ne postane mlaka (temperatura ne smije prelaziti 20 (25) ° C).** Zbog toga je najvažnije da su cijevi za hladnu vodu i cjevovodi za toplu vodu u potpunosti i neovisno izolirani.

Kritični temperaturni uvjeti se odvijaju nizvodno od miješanja tople i hladne vode, miješanjem koje se uvijek mora odvijati što je moguće bliže točki uporabe, tj. na izljevnom mjestu. Najbolje je koristiti uređaja za miješanje na svakom izlaznom priključku.

Isto se mora paziti i na posude s vlažnim jedinicama ili na rashladnim tornjevima gdje, zbog uvjeta okoline, voda u stanju mirovanja može doseći vanjske temperaturne uvjete.

Uvjeti prijenosa bakterija

Za obavljanje svoje patogene funkcije, bakterija se mora prenijeti zrakom u donji dio pluća osjetljivog organizma. Ovo se događa ako se male kapljice odvajaju od vode koja je kolonizirana i nastaju aerosoli. Male kapljice koje su djelotvorne u svrhu prijenosa moraju imati promjere između 2 i 5 mikrometara, takve kapljice su još uvijek nevidljive oku. Manje kapljice ne mogu transportirati bakteriju, a veće kapljice ne dopiru do pluća.



Uobičajene zablude vezane za *Legionellu*

- Bakterija *Legionella* prenosi se i parom!

Bakterija *Legionella* ne prenosi se parom, čak i ako je voda iz koje je nastala kontaminirana. To je posljedica temperature vrenja, ali i nepostojanja kapljica vode, kao medija za prijenos bakterija, u pari. Štoviše, para se dobiva iz vode koja je u uvjetima atmosferskog tlaka isparila, dosegla temperaturu od 100 ° C i stoga bi uzrokovala trenutačnu smrt bakterija, gdje god da bi bile. **Stoga sva oprema koja proizvodi paru nije izvor kontaminacije.**

- Ventilatorske jedinice, split-klima uređaji i klimatizacijski sustavi ljeti imaju problem s *Legionellom*!

U ventilatorskim jedinicama, u unutarnjim jedinicama split-klima uređaja i klimatizacijskim sustava tijekom ljetnih dana, nema problema s *Legionellom*: **voda nastaje kondenzacijom iz vlažnog zraka koji nije nositelj bakterija.**

Problemi se mogu pojaviti zbog stagnacije vode koja je kondenzirana para u posudama uređaja za sakupljanje kondenzata, ako se ne isušuje na odgovarajući način, a može doći u kontakt s drugim konvencionalnim izvorima.

RIZIČNA PODRUČJA ZA NASTAJANJE BAKTERIJA RODA *LEGIONELLA*

Rizična postrojenja i područja

Kao opće pravilo, treba uzeti u obzir veći rizik za unutarnje i vanjske prostore onih zgrada u kojima se nalazi:

- voda koja dolazi iz vodovodnih sustava ili iz spremnika na kojima je došlo do proliferacije *Legionelle*
- gdje bi moglo doći do disperzije malih kapljica vode u zrak (stvaranje aerosola - tuševi)
- prisutnost ljudi

Stoga su postrojenja koja predstavljaju potencijalni rizik izazivanja izloženosti *Legionelli* i koja su povezana s pojavom patologije, jesu postrojenja klimatizacije, rashladne tehnike, vodovodne i instalacije za pripremu PTV;

- ovlaživači koji se koriste za klimatizacijske sustave ili kao isparivači za raspršivanje i za ovlaživanje hrane
- priklučci cijevnih sustava tople i hladne vode za pranje, osobito tuševi i mini tuševi
- rashladni tornjevi koji se koriste za odvođenje u okolinu otpadne topline iz rashladnih uređaja ishlapljivanjem

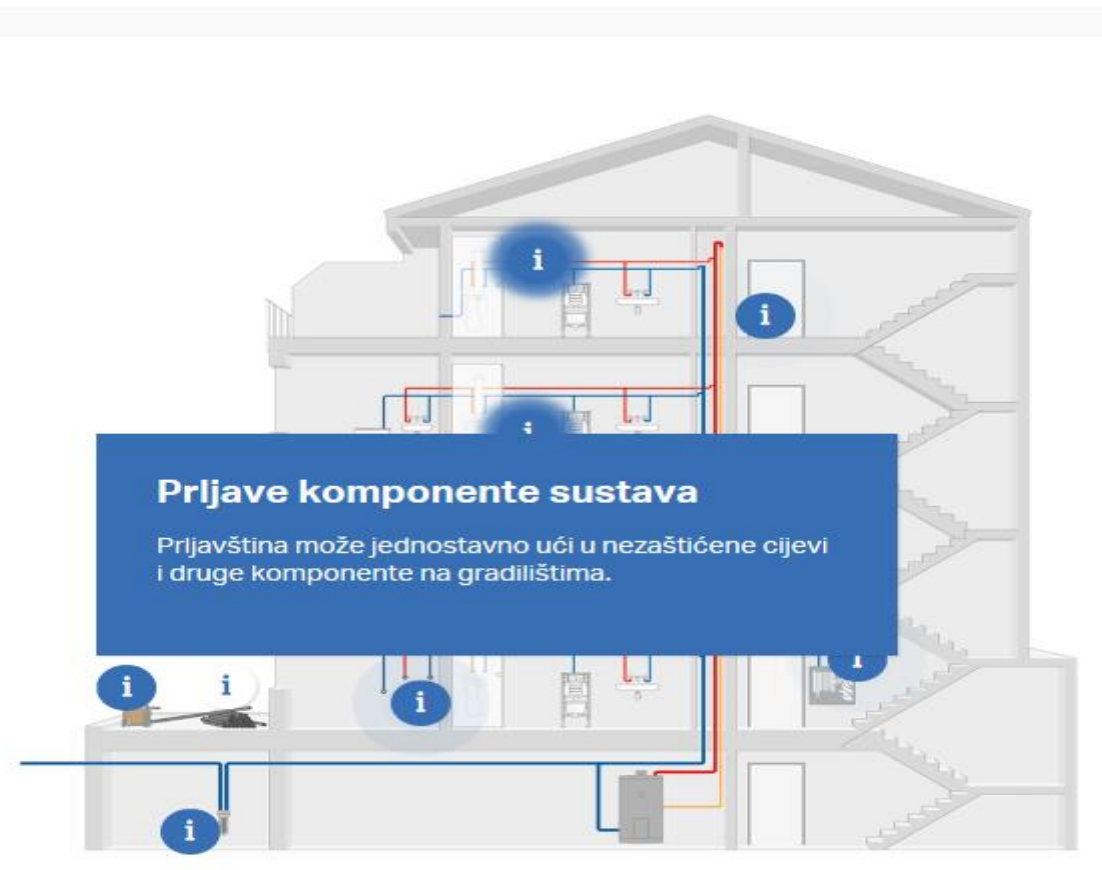
RIZIČNA PODRUČJA VODOVODNIH INSTALACIJA

Na sljedećim slikama su pokazani primjeri kada se može pojaviti kontaminacija *Legionellom* zbog nekvalitetnog projektiranja, izvođenja i loše kontrole radova.

Područja problematična za higijenu pitke vode



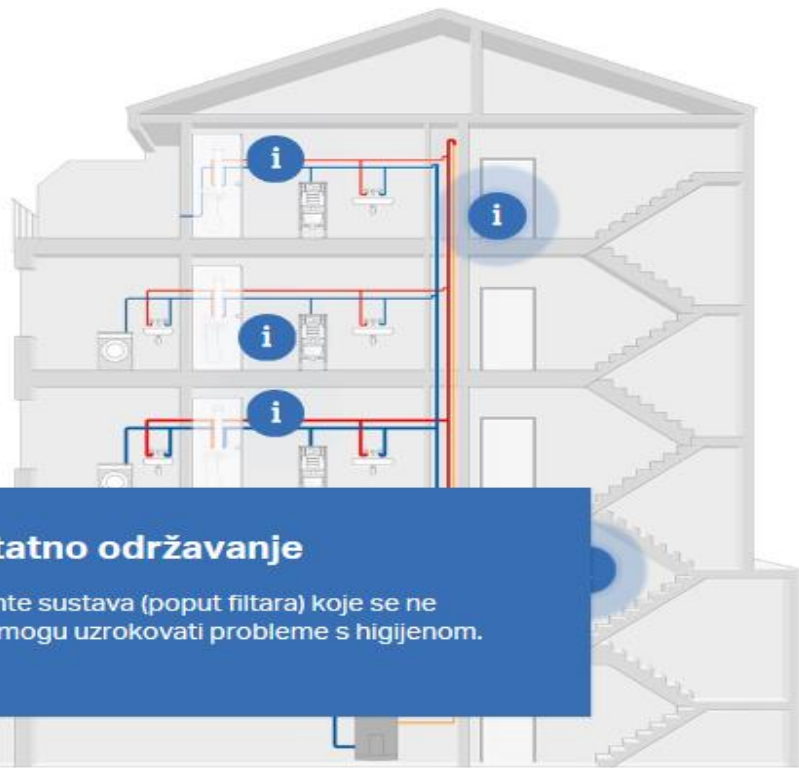
Područja problematična za higijenu pitke vode



RIZIČNA PODRUČJA VODOVODNIH INSTALACIJA

Na sljedećim slikama su pokazani primjeri kada se može pojaviti kontaminacija *Legionellom* zbog nekvalitetnog projektiranja, izvođenja i loše kontrole radova.

Područja problematična za higijenu pitke vode



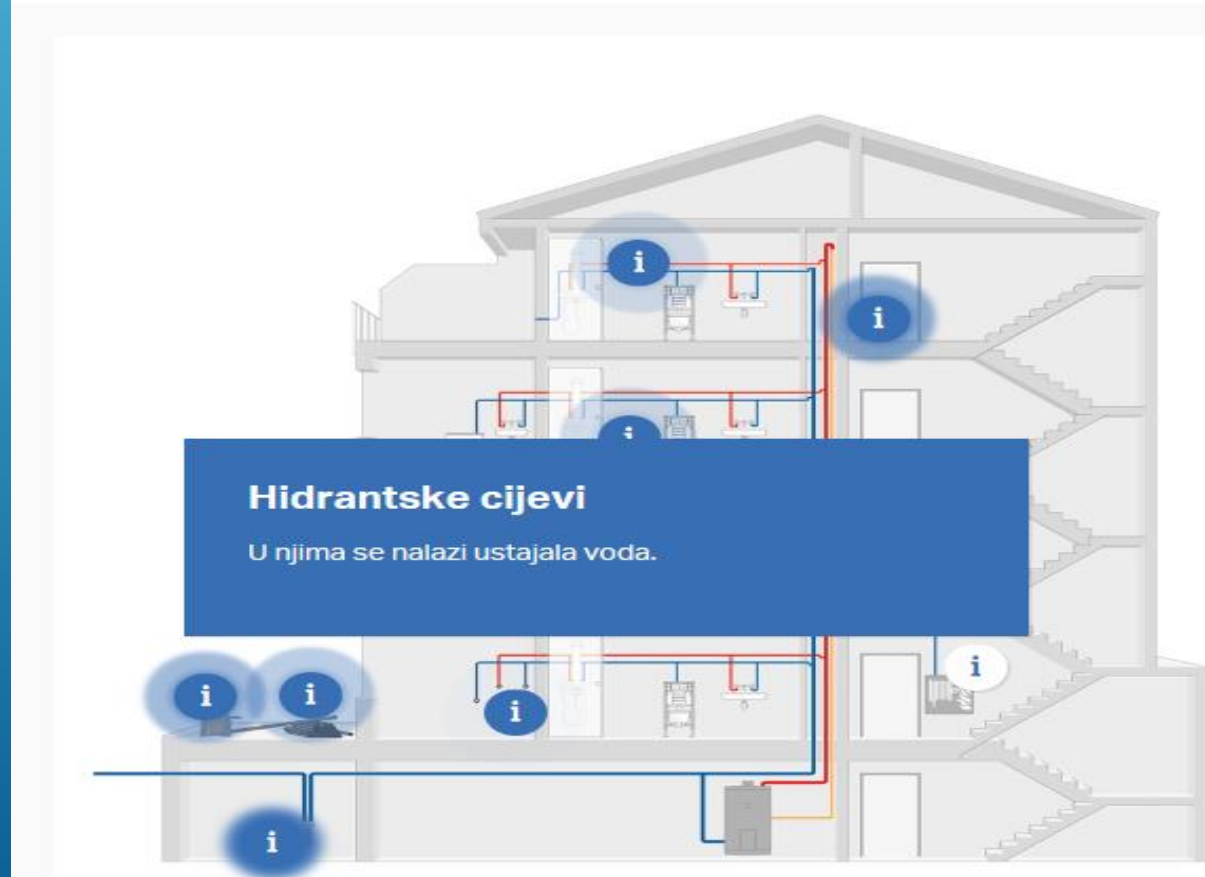
Područja problematična za higijenu pitke vode



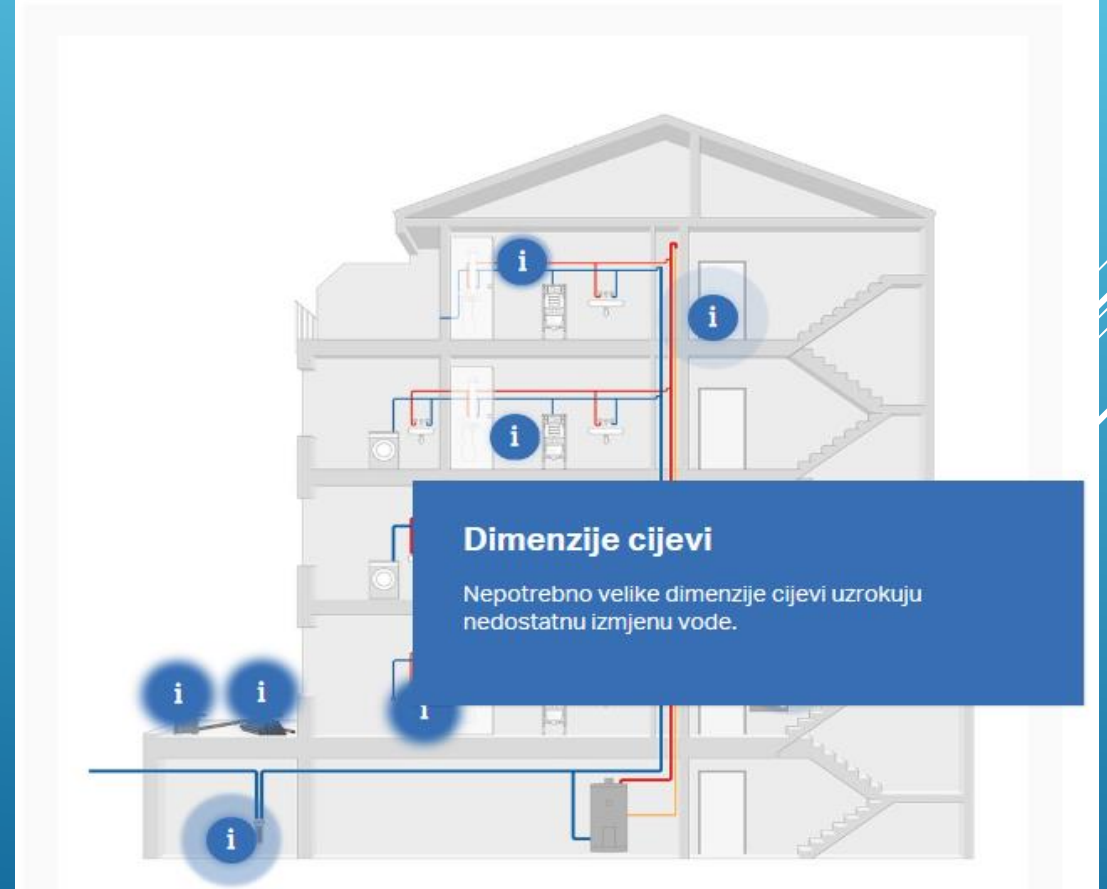
RIZIČNA PODRUČJA VODOVODNIH INSTALACIJA

Na sljedećim slikama su pokazani primjeri kada se može pojaviti kontaminacija *Legionellom* zbog nekvalitetnog projektiranja, izvođenja i loše kontrole radova.

Područja problematična za higijenu pitke vode



Područja problematična za higijenu pitke vode



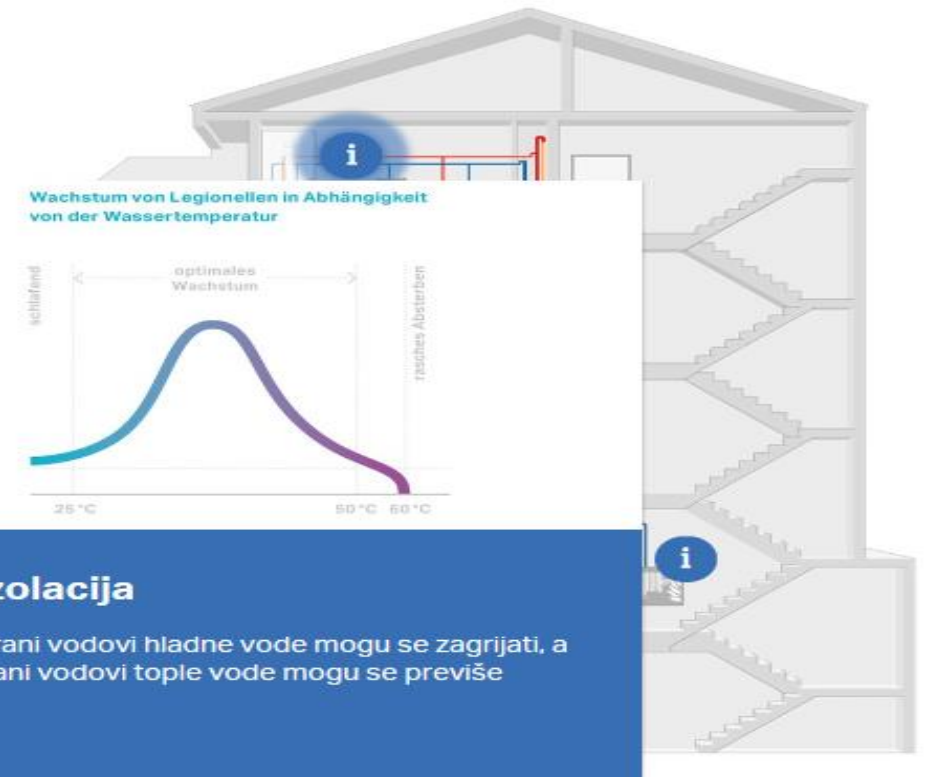
RIZIČNA PODRUČJA VODOVODNIH INSTALACIJA

Na sljedećim slikama su pokazani primjeri kada se može pojaviti kontaminacija *Legionellom* zbog nekvalitetnog projektiranja, izvođenja i loše kontrole radova.

Područja problematična za higijenu pitke vode



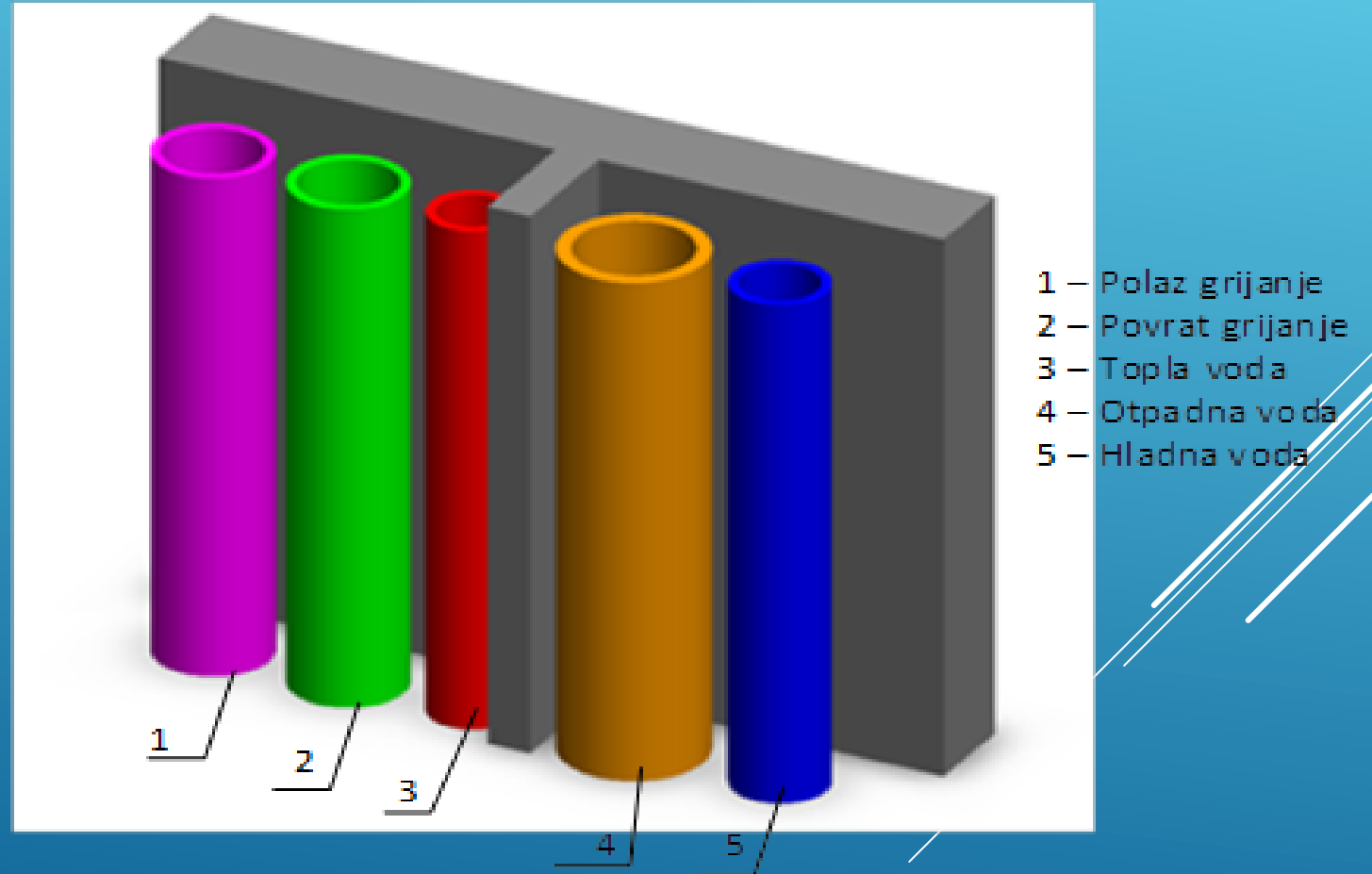
Područja problematična za higijenu pitke vode



RIZIČNA PODRUČJA VODOVODNIH INSTALACIJA

Na sljedećim slikama su pokazani primjeri kada se može pojaviti kontaminacija *Legionellom* zbog nekvalitetnog projektiranja, izvođenja i loše kontrole radova.

Na slici se nalazi jedan od primjera pravilno postavljenih instalacija. Ljubičastom i zelenom bojom su naznačeni polazi i povrati sustava grijanja dok crvena i plava boja predstavljaju toplu i hladnu pitku vodu.

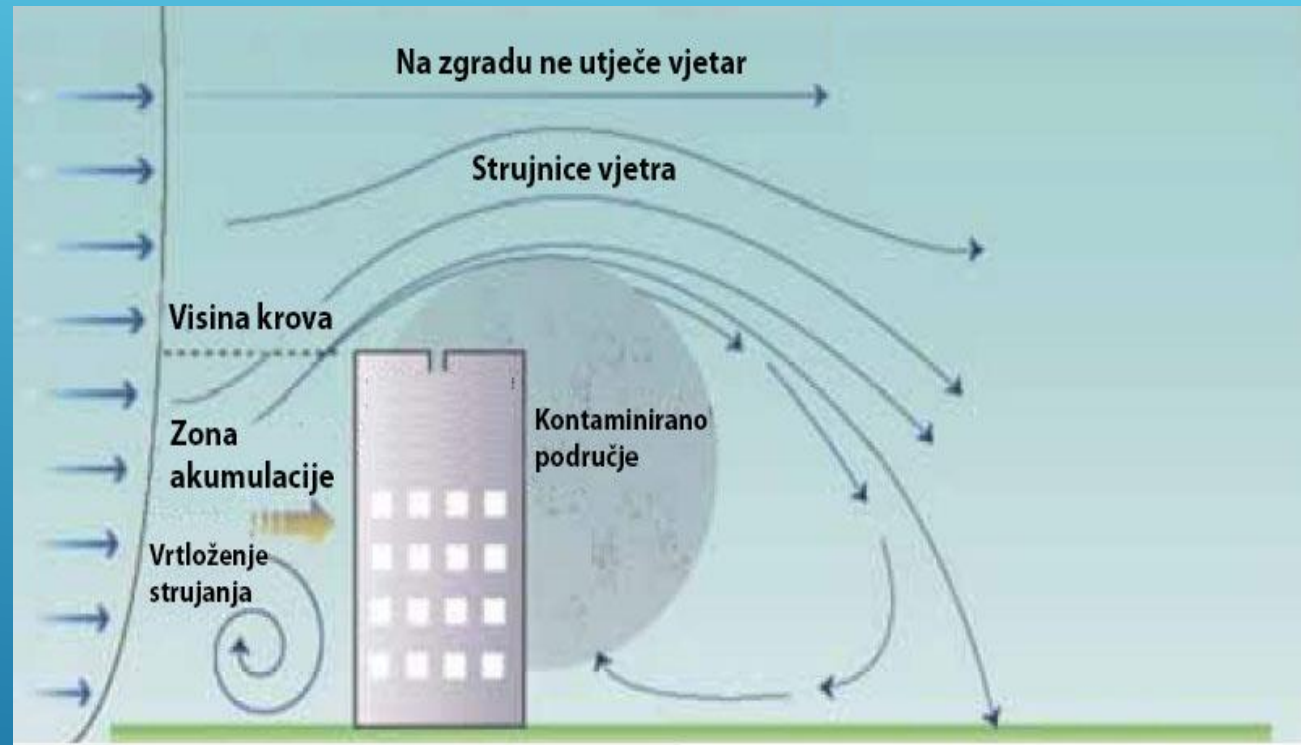


RIZIČNA PODRUČJA KOD RASHLADNIH TORNJEVA

Voda rashladnih tornjeva je izlazne temperature u rasponu od 24 do 35 ° C koja je optimalna za rast i razvoj legionelle, i upravo iz tog razloga posebnu pažnju treba posvetiti izgradnji rashladnog tornja i njegovim kritičnim komponentama.

Ovisno o obliku građevine i smjeru vjetra, treba voditi računa o strujanju koje se pojavljuje oko građevine. Položaj rashladnih tornjeva je najčešće na samom vrhu objekta, pa zbog utjecaja vjetra nastaje strujanje koje raznosi aerosol, po u kontaminiranom području treba voditi računa da se prozori na građevini ne mogu otvoriti, zatim da nije iza rashladnog tornja u smjeru niz vjetar susjedna zgrada, na kojoj su prozori ili otvori kako se s aerosoli ne bi prenijela bakterija u prostor gdje borave ljudi.

Rizik od ulaska kroz prozore na strani vjetra (negativnog tlaka) zgrade s rashladnim tornjem iznad krova (slika desno)

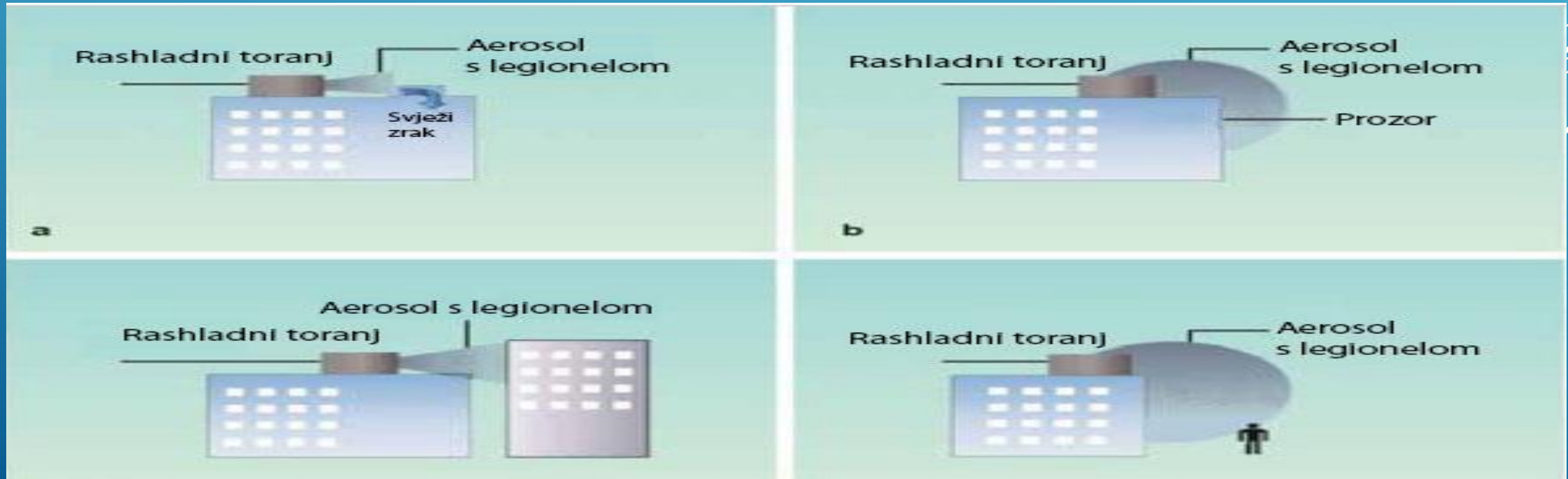


IZLAZNA STRUJA ZRAKA IZ RASHLADNOG TORNJA

Fine kapljice vode (aerosol), kapljice koje izlaze iz mlaznica rashladnog tornja, koje su uvučene u vanjski dio (jedinice) zajedno s protokom vlažnog zraka.

Aerosol može sadržavati mikroorganizme ili krute tvari, ako su prisutne u procesnoj vodi za hlađenje. Da bi se izbjegao ulazak u okolnu atmosferu tih vodenih kapljica strujom zraka –treba ugraditi eliminator kapljica.

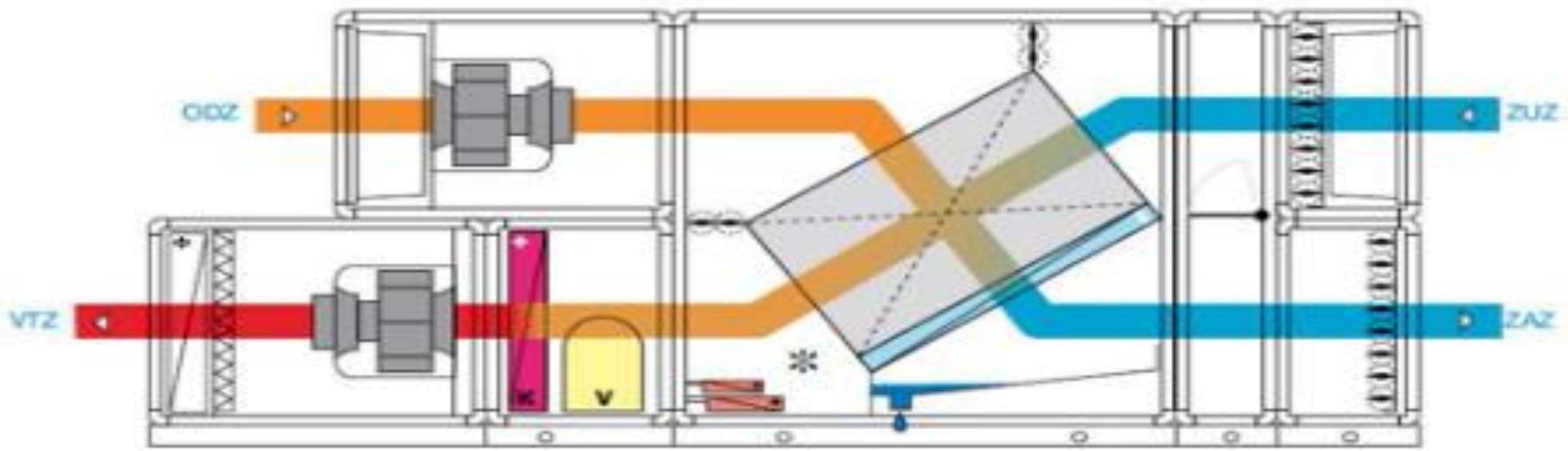
Tijekom zimske sezone vodena para u vlažnom zraku kondenzira, što dovodi do takozvanog "oblaka pare" ili "maglice". To može predstavljati vizualni problem, ali i sigurnosni problem kada se vizualna barijera stvara u zoni gdje je vidljivost važna (na primjer u zračnim lukama).



RIZIČNA PODRUČJA KOD KLIMA-KOMORA PRI ODVLAŽIVANJU

Pri odvlaživanju na klima-komorama, rizično područje je posuda (tava) za skupljanje kondenzata. Ako je prilikom odvlaživanja, količina kondenzata tako intenzivna, da se u posudi zadržava kondenzat, a ukoliko nema filtera koji sprečavaju prolaz čestica od 2 do 5 μ m, onda postoji opasnost da će se to područje kontaminirati bakterijama. Zrak koji prelazi preko vodene površine, zbog turbulencije će na tom području sa sobom ponijeti i aerosoli kontaminiranu s bakterijama.

Shematski prikaz strujanja u klima-komori s rekuperatorom i skupljačem kondenzata (slika dolje)



HVALA NA PAŽNJI!

Robert Marinić, mag. ing. mech.