

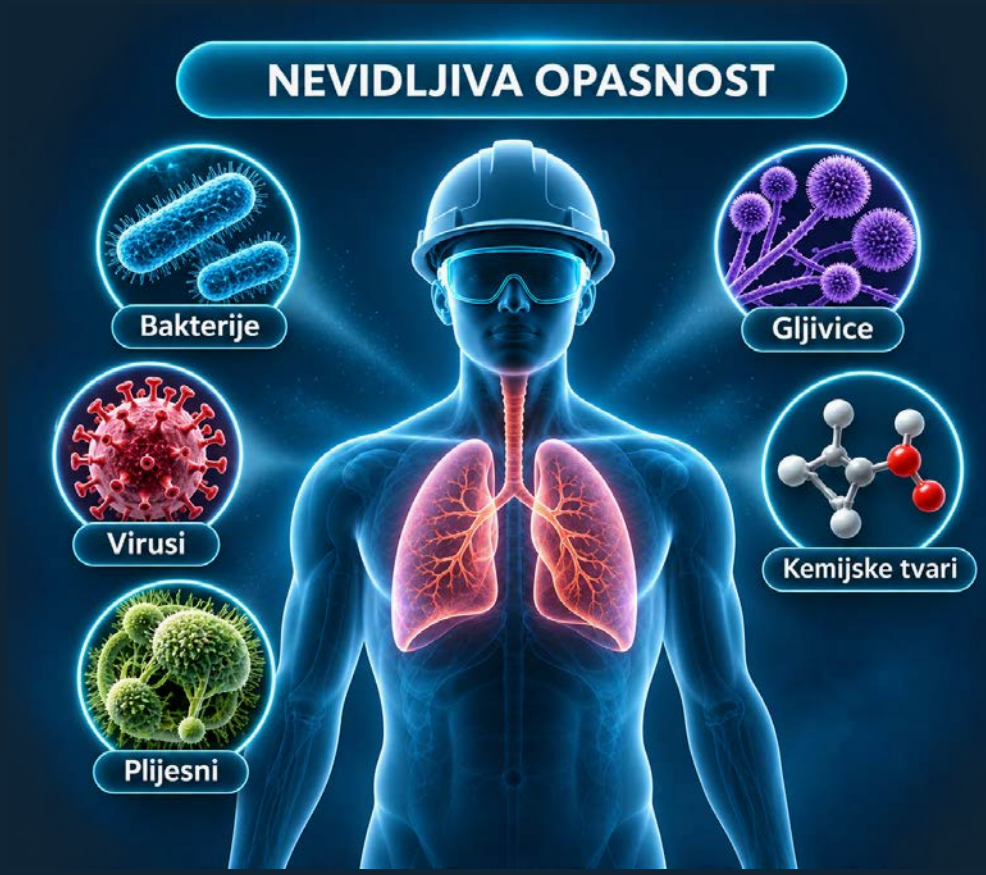
Od procjene rizika do ispitivanja i zaštite zdravlja radnika

NASTAVNI ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVSTVO „DR. ANDRIJA ŠTAMPAR”

Doc. dr. sc. Bruno Cvetković, dipl. sanit. ing.

Ključno pitanje

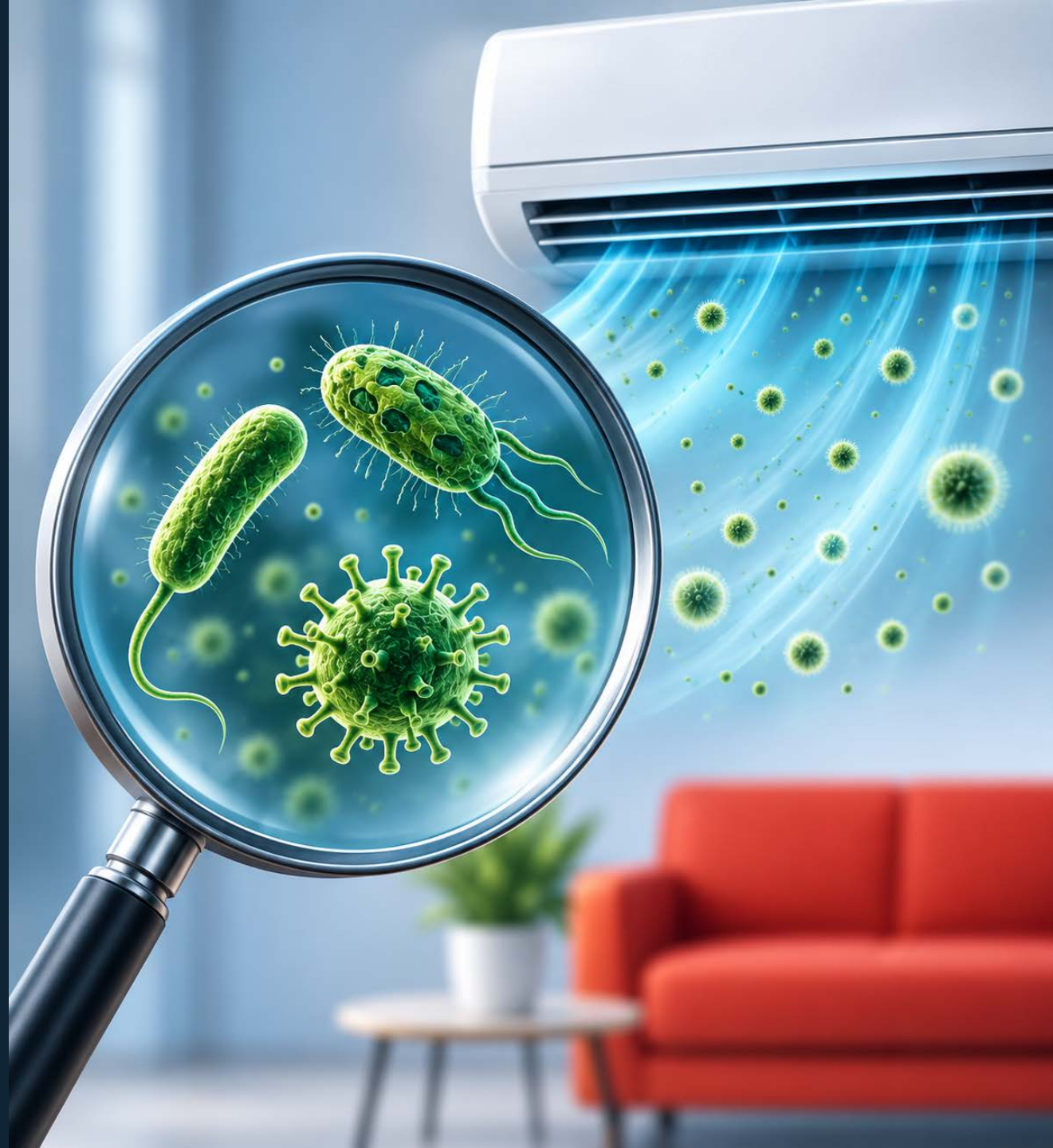
- Ono što ne vidimo ne znači da ne postoji.
- Ono što izmjerimo ne znači da smo automatski procijenili rizik.



Zrak zatvorenog prostora

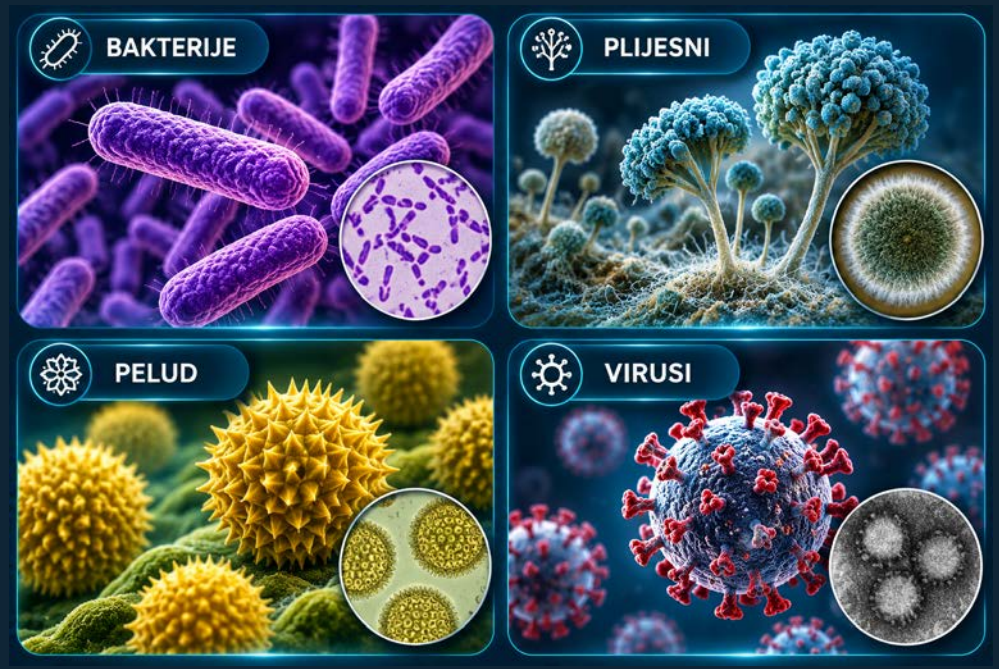
- Zrak u zatvorenim prostorima prosječno sadrži do 20 milijuna čestica u jednome m^3 što je otprilike dvadeset puta veća količina od one nađene u zraku na gustome prometnom raskršću.

- Biološke štetnosti u radnom okolišu predstavljaju važan, ali često zanemaren aspekt zaštite na radu.



Biološki agensi i druge biološke štetnosti

- Bakterije, virusi, gljive i paraziti
- Bioaerosoli: živi i neživi biološki materijal u zraku
- Endotoksini, alergeni i produkti mikroorganizama
- Razlikovati zakonsku definiciju agensa od šireg pojma bioloških štetnosti



Gdje nastaje izloženost?

- Izvor → oslobađanje → prijenos → ulaz u organizam
- Aerosolizacija, prskanje, prašina i kontakt s kontaminiranim materijalom
- Radni zadatak i način rada često su važniji od same vrste prostora



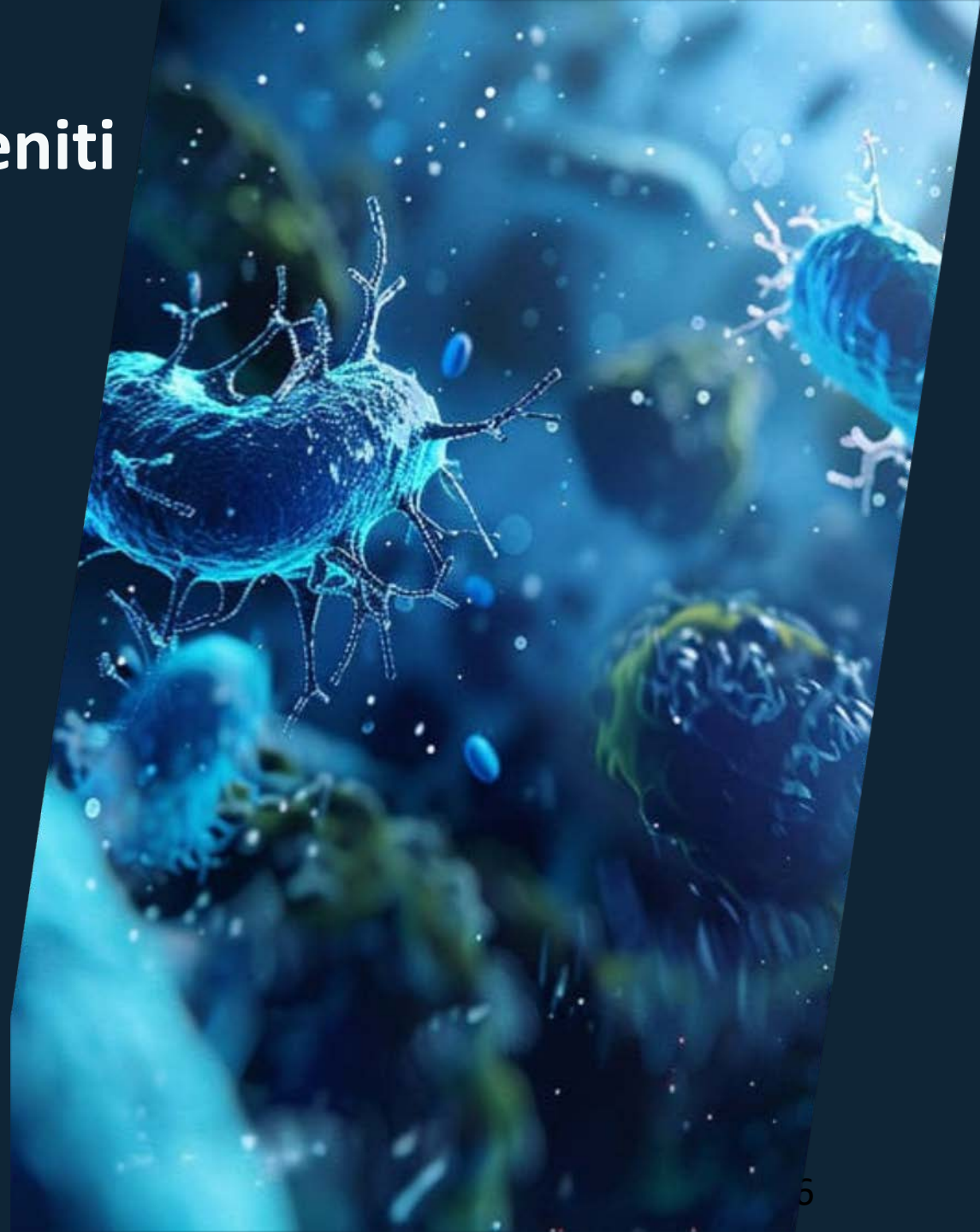
Radna mjesta s relevantnim rizikom

- Zdravstvo, laboratoriji i skrb
- Otpadne vode, kanalizacija, komunalni otpad
- Poljoprivreda, veterina i prehrambena proizvodnja
- HVAC sustavi, vlažne građevine i sanacije plijesni



Dva pojma koja ne smijemo zamijeniti

- Skupine rizika 1–4: klasifikacija bioloških agensa
- BSL 1–4: razine laboratorijske biosigurnosti i uvjeti rada
- Skupina rizika nije automatska uputa za razinu BSL-a u svakoj aktivnosti



Normativni okvir – polazište

- Zakon o zaštiti na radu
- Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti biološkim agensima pri radu (NN 129/20)
- Direktiva 2000/54/EZ i relevantne izmjene
- Za konkretan postupak provjeriti važeći pročišćeni tekst i posebne propise



Što poslodavac mora procijeniti?

- Prirodu, stupanj i trajanje izloženosti
- Vrstu agensa i mogućnost nastanka bolesti
- Osjetljivost radnika i posebne okolnosti rada
- Primjerenost postojećih tehničkih i organizacijskih mjera



Procjena rizika nije laboratorijski izvještaj

- Procjena: opasnost + scenarij izloženosti + vjerojatnost + posljedice
- Mjerenje: podatak o odabranom uzorku u odabranom trenutku
- Negativan nalaz ne dokazuje odsutnost rizika



Kada ima smisla ispitivati biološke štetnosti?

Ispitivanje se provodi ciljano, na temelju procjene rizika i stvarnih uvjeta rada, a ne rutinski bez indikacija.



Zdravstvene pritužbe radnika

Učestale respiratorne smetnje, iritacija očiju i kože, pogoršanje astme ili alergija.



Sumnja na mikrobiološko onečišćenje

Vidljiva plijesan, vlaga, kondenzacija, propuštanja, vodene stete.



Rizik iz tehničkih sustava

Ventilacijski i klimatizacijski sustavi (HVAC), ovlaživači zraka, rashladni torjevi, sustavi vode.



Rad s biološki opterećenim materijalom

Otpadne vode, kompost, otpad, životinjskog podrijetla, mulj, biološki procesi.



Cilj ispitivanja

Utvrditi razinu izloženosti, izvor i potrebu za mjerama zaštite i poboljšanja radnih uvjeta.



Specifične djelatnosti i procesi

Prehrambena industrija, obrada otpada, poljoprivreda, animalni objekti, laboratoriji, zdravstvo.



Radovi i promjene u prostoru

Sanacije nakon plijesni ili poplave, rekonstrukcije, radovi koji mogu osloboditi bioaerosole.



Sumnja na povećanu pojavnost bolesti

Neuobičajeno veći broj respiratornih infekcija medu radnikima u odredenom razdoblju.



Provjera učinkovitosti mjera

Nakon provedenih sanacija, čišćenja, dezinfekcije ili poboljšanja ventilacije – radi provjere učinka.

Procjena rizika i indikacije

Analiza djelatnosti, uvjeta rada i zdravstvenih pritužbi.

Ciljano ispitivanje

Odabir odgovarajuće metode (aktivno uzorkovanje, sedimentacija, brisevi).

Odluka o mjerama

Tehničke, organizacijske i osobne mjere te pračenje učinka.

Kada ima smisla ispitivati?

- Kada postoji jasno definirano pitanje i odluka koju nalaz podržava
- Kod sumnje na izvor, incidenta, simptoma ili provjere učinkovitosti mjera
- Za karakterizaciju bioaerosola ili ciljano dokazivanje agensa
- Ne postoji univerzalna obveza rutinskog mjerenja svih mikroorganizama

Prije uzorkovanja: pet pitanja

- Što želimo dokazati?
- Koji agens ili pokazatelj je relevantan?
- Koje su kritične radne aktivnosti i vremenski uvjeti?
- Koja mjesta i kontrolne uzorke trebamo?
- Koja odluka slijedi iz rezultata?



Aktivno uzorkovanje zraka

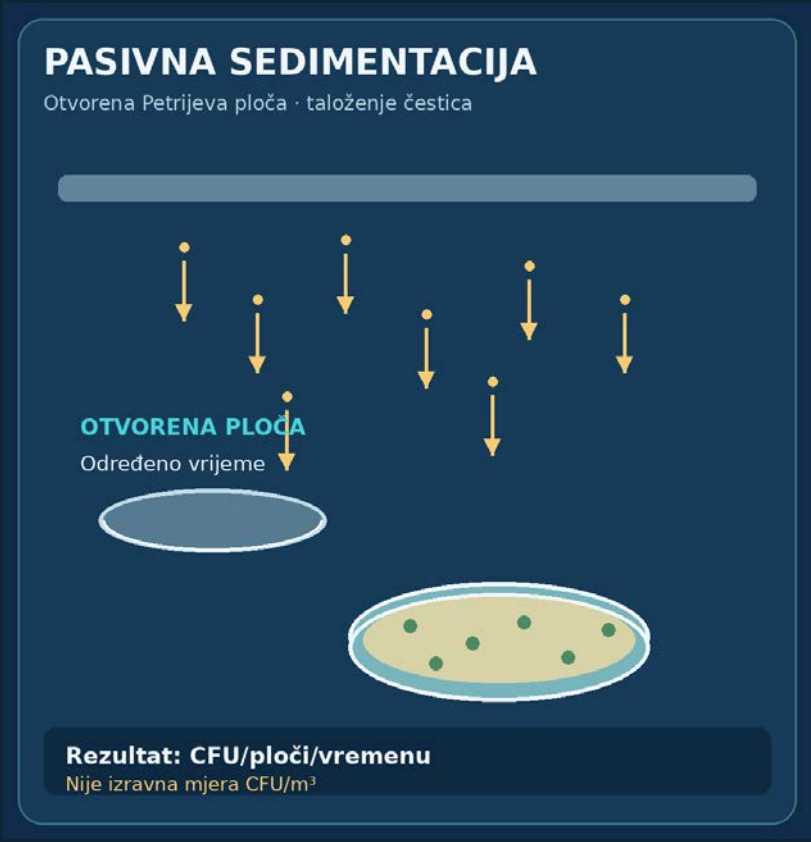
- Poznati volumen zraka → rezultat najčešće u CFU/m³ za kultivabilne mikroorganizme
- Odabir medija, protoka i volumena ovisi o cilju
- Uzorak predstavlja samo vrijeme i uvjete uzorkovanja





Pasivna sedimentacija

- Jednostavna metoda taloženja čestica na podlogu
- Ne daje pouzdanu volumensku koncentraciju u CFU/m³
- Korisna za pojedine usporedne ili higijenske svrhe, uz jasno navedena ograničenja



Brisevi i kontaktne ploče

- Ispituju površine, ne izloženost zraku
- Rezultat ovisi o površini, tehnici i području uzorkovanja
- Nalaz je koristan za provjeru čišćenja i otkrivanje rezervoara



ATP, PCR i kultura – različita pitanja

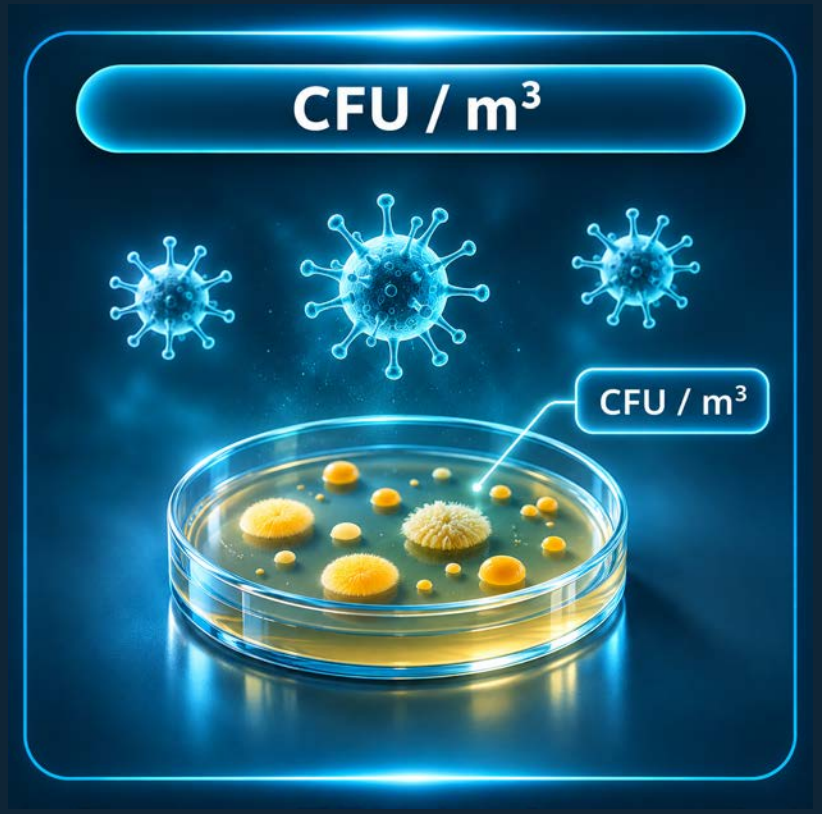
- ATP: brzi pokazatelj biološkog ostatka, nije broj patogena
- PCR: ciljana nukleinska kiselina; pozitivan nalaz ne dokazuje nužno infektivnost
- Kultura: kultivabilni mikroorganizmi, uz selekciju medijem i uvjetima rasta





CFU/m³: broj koji traži kontekst

- Koncentracija kultivabilnih kolonija nije ukupni broj svih mikroorganizama
- Ovisi o protoku, volumenu, mediju, inkubaciji i oporavku
- Vrsta mikroorganizma i radni scenarij mogu biti važniji od ukupnog broja



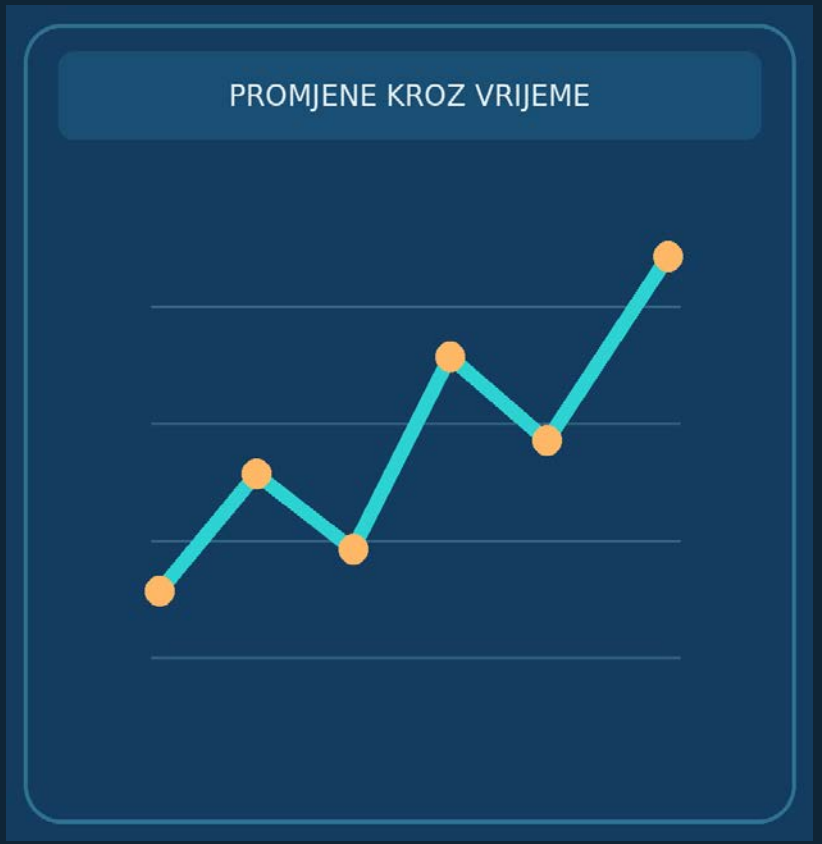
Postoje li granične vrijednosti?

- Za ukupne bakterije i plijesni u radnom zraku nema jedinstvene univerzalne zdravstvene granice
- Strane smjernice nisu automatski hrvatski obvezujući propis (Portugalski standard)
- Usporedba s vanjskim zrakom može pomoći, ali nije sama po sebi dokaz sigurnosti



Zašto jedan uzorak nije dovoljan?

- Dnevne i sezonske oscilacije
- Ventilacija, broj ljudi, radni ciklus i čišćenje
- Kratki vrhovi izloženosti mogu promaknuti
- Plan mora obuhvatiti reprezentativne i nepovoljne uvjete



Slučaj 1 | Ured i plijesan

- Zaposlenici prijavljuju miris vlage i respiratorne tegobe
- Prvo: pregled prodora vode, kondenzacije i ventilacije
- Ispitivanje samo ako može razjasniti pitanje ili potvrditi sanaciju
- Prioritet: uklanjanje izvora vlage, ne kozmetičko prikrivanje



Slučaj 2 | Pročistač otpadnih voda

- Prskanje i aerosoli tijekom održavanja
- Procijeniti zadatke, blizinu izvora i trajanje
- Zatvaranje procesa, lokalna kontrola aerosola i higijena
- Ciljano uzorkovanje po potrebi – uz zaštitu radnika odmah



Slučaj 3 | Laboratorij i ubodni incident

- Rizik se ne može procijeniti samo mjerenjem zraka
- Sigurni radni postupci, oštri predmeti i incidentni protokol
- Prijava, medicinska procjena i postupanje prema protokolu



KEMIJSKE ŠTETNOSTI | Druga strana iste procjene rizika

- Kemijska opasnost ≠ stvarna izloženost ≠ zdravstveni rizik
- Tvari i smjese, ali i emisije nastale tijekom rada: prašina, dimovi, pare, plinovi, aerosoli
- Ključno pitanje: što radnik udiše ili apsorbira, kada i koliko dugo?



Gdje nastaje kemijska izloženost?

- Otapala i sredstva za čišćenje: hlapljive organske tvari (VOC)
- Zavarivanje i obrada metala: dimovi i metalne čestice
- Brušenje, rezanje, građevina: inhalabilna i respirabilna prašina (PM)
- Dezinfekcija, laboratoriji, industrija: kiseline, lužine, reaktivne tvari (pare)



Putovi unosa i zdravstveni učinci

- Udisanje: plinovi, pare, dimovi i prašina
- Koža i oči: kontakt, apsorpcija, nadraživanje i kemijske opekline
- Gutanje: kontaminirane ruke, hrana ili površine
- Akutni učinci, senzibilizacija, kronična oštećenja i KMR rizici



Normativni okvir i informacije o kemikaliji

- Zakon o zaštiti na radu i propisi o izloženosti opasnim kemikalijama

- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti opasnim kemikalijama na radu, graničnim vrijednostima izloženosti i biološkim graničnim vrijednostima NN 91/2018 s izmjenama NN 1/2021, 148/2023 i 135/2025

- CLP oznake opasnosti i sigurnosno-tehnički list (STL/SDS)



GVI, KGVI i biološke granične vrijednosti

- GVI: granična vrijednost izloženosti, u pravilu vremenski ponderirana za 8 sati

- KGVI: kratkotrajna granična vrijednost; važni su vrhovi izloženosti (15 min max. do max. 4 puta u 8h izloženosti sa najmanjim razmakom od 60 min. Između dvije KGVI vrijednosti)

- Jedinice: ppm ili mg/m^3; prašina često mg/m^3

- Biološki monitoring: pokazatelj tvari/metabolita u biološkom uzorku



Kako se uzorkuju kemijske štetnosti?

- Osobno uzorkovanje u zoni disanja: najbolja poveznica s izloženošću radnika
- Stacionarno uzorkovanje: izvor, prostor, ventilacija i usporedne točke
- Pumpe i sorpcijske cjevčice za pare; filtri za prašinu i metale
- Izravno očitanje detektorom: brzi uvid, ali ograničena selektivnost



Uređaji za mjerenje kemijskih štetnosti u radnom okolišu

Primjeri prijenosnih (handheld) i stacionarnih (fiksnih) uređaja za detekciju, mjerenje i kontinuirani nadzor kemijskih tvari.



Prijenosni (handheld) uređaji

Brza, ciljano usmjerena mjerenja na različitim mjestima rada.



Višegasni detektor

Istodobno mjeri više plinova (O_2, H_2S, CO, LEL i dr.).



PID detektor

Brza detekcija hlapljivih organskih spojeva (VOC).



IR analizator

Mjerenje plinova (npr. CO_2, CO, CH_4).



Elektrokemijski detektor

Selektivno mjerenje specifičnih plinova (npr. NH_3, NO_2, SO_2, Cl_2).



Detektorske cjevčice

Jednostavna i brza indikativna mjerenja za pojedine tvari.



Prijenosni analizatori (FTIR, GC, GC-MS)

Napredna identifikacija i kvantifikacija kemijskih tvari na terenu.



Stacionarni (fiksni) uređaji

Kontinuirano mjerenje i nadzor kemijskih tvari u radnom prostoru.



Fiksni plinski detektor

Kontinuirani nadzor plinova (npr. CO, H_2S, NH_3) uz alarmne pragove.



Kontinuirani VOC analizator

Stalno praćenje koncentracije hlapljivih organskih spojeva u zraku.



Stacionarna postaja za kvalitetu zraka

Uzorakovanje i analiza više kemijskih parametara (plinovi, VOC, PM).



Online analitički sustav (GC-FID/GC-MS)

Automatizirana, visokoosjetljiva analiza specifičnih kemijskih tvari.



Sustav za nadzor procesa

Integrirano praćenje više mjernih mjesta, prikaz u stvarnom vremenu, trendovi i alarmi.

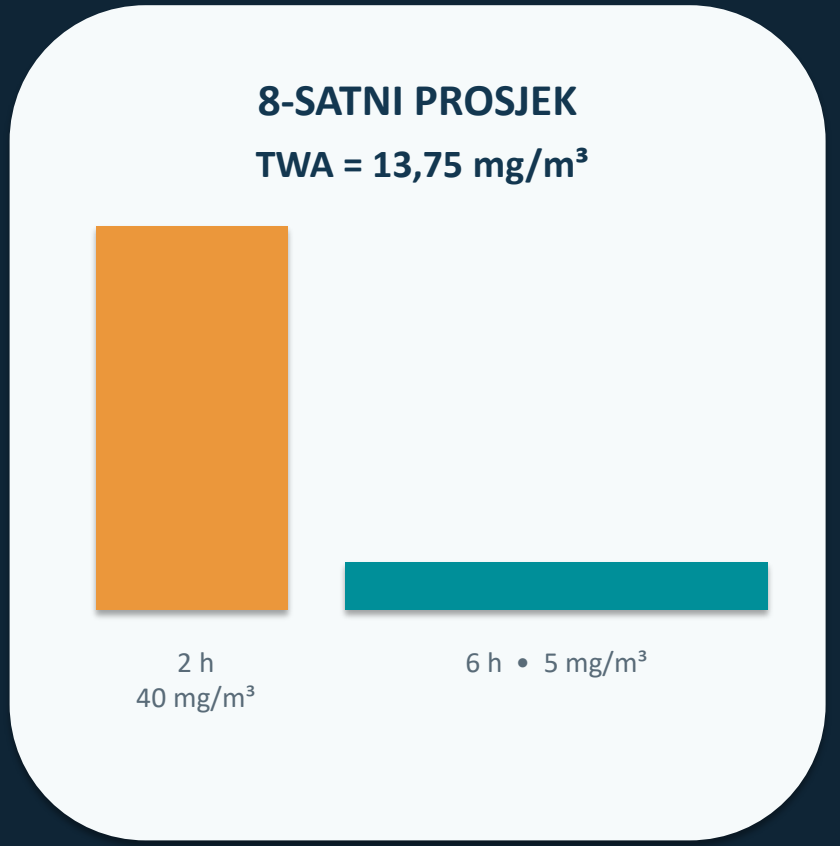
Od uzorka do laboratorijskog rezultata

- GC-MS / GC-FID: hlapljive organske tvari, uz odgovarajuću pripremu
- LC-MS/MS: odabrani organski spojevi i ciljana analitika
- ICP-MS / AAS: metali; gravimetrija: masa prašine
- Valjanost: plan, slijepi uzorci, kalibracija, granice kvantifikacije i sljedivost



Primjer izračuna: vremenski ponderirani prosjek

- Radnik: 2 sata na 40 mg/m^3 + 6 sati na 5 mg/m^3
- TWA (8 h) = (2 × 40 + 6 × 5) / 8 = 13,75 mg/m^3
- Rezultat uspoređujemo s GVI konkretne tvari, ne s proizvoljnom granicom
- Posebno provjeriti kratkotrajne vrhove i KGVI



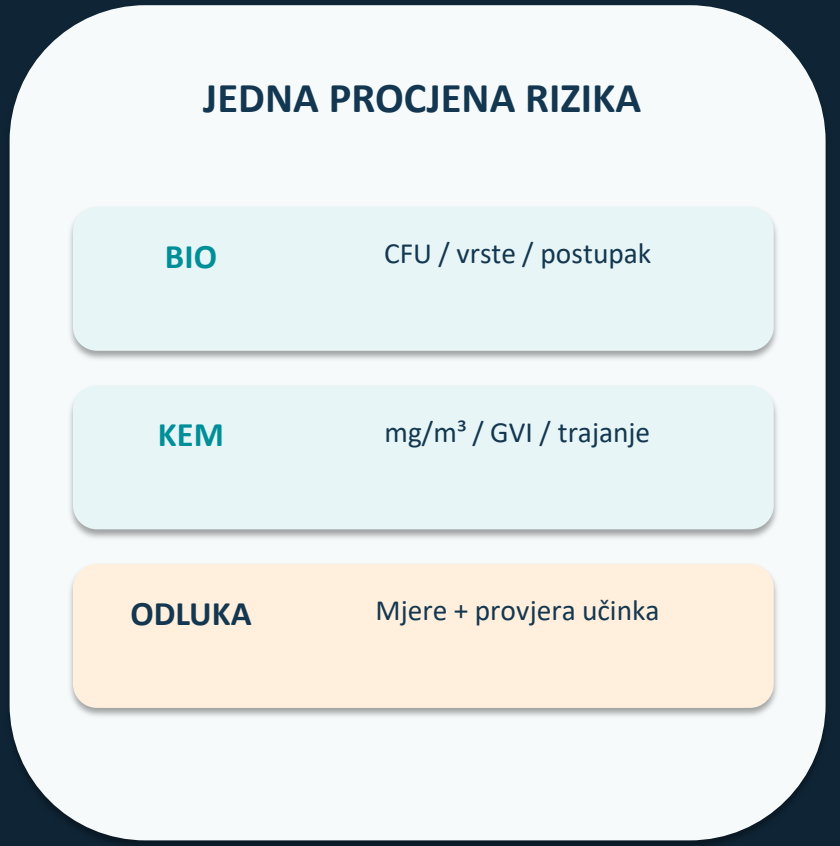
Slučaj | Čišćenje i dezinfekcija u zatvorenom

- Radnik raspršuje sredstvo za dezinfekciju u malom prostoru
- Moguća istodobna kemijska izloženost aerosolu i biološka izloženost
- Procjena: sastav sredstva, način primjene, ventilacija, trajanje, OZO
- Odluka: manje aerosolizacije, zamjena postupka, ventilacija, edukacija



Jedno stručno mišljenje – dvije vrste štetnosti

- Biološki nalaz: CFU/m^3, vrsta agensa, ograničenja kulture i radni proces
- Kemijski nalaz: analit, mg/m^3 ili ppm, trajanje i usporedba s GVI/KGVI
- Za oba: tko je izložen, koji put, koliko dugo i koja je nesigurnost?
- Zaključak mora završiti mjerama, odgovornom osobom i provjerom učinka



Hijerarhija mjera zaštite

- Uklanjanje ili zamjena opasnog postupka gdje je izvedivo
- Zatvaranje izvora, ventilacija i tehničke barijere
- Organizacija rada, higijena, čišćenje i osposobljavanje
- OZO kao dopuna, ne zamjena za kontrolu izvora



Kako napisati korisno stručno mišljenje?

- Navesti cilj i ograničenja ispitivanja
- Razdvojiti opažanja, rezultate i stručnu interpretaciju
- Predložiti mjeru, odgovornu osobu i rok
- Predvidjeti provjeru učinkovitosti nakon provedbe



Pet poruka za inženjere ZNR – biološki i kemijski rizici

- Rizik se procjenjuje prema radu, ne samo prema prostoriji
- Ispitivanje mora imati cilj i plan
- Metode ne mjere istu stvar
- Ne interpretirati broj bez konteksta
- Prevencija počinje kontrolom izvora

Izvori i stručna uporišta

- Zakon o ZNR (N.N. br. 96/18)
- Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti biološkim agensima pri radu (N.N.129/2020)
- Zakon o zaštiti na radu (N.N. br. 71/14, 118/14, 94/18, 96/18)
- Direktiva o biološkim agensima 2000/54/EC
- Commission Directive (EU) 2020/739 of 3 June 2020 amending Annex III to Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council as regards the inclusion of SARS-CoV-2 in the list of biological agents known to infect humans and amending Commission Directive (EU) 2019/1833
- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti opasnim kemikalijama na radu, graničnim vrijednostima izloženosti i biološkim graničnim vrijednostima (NN 91/2018, 1/2021, 148/2023, 135/2025)
- CLP i REACH (STL/SDS)
- HRN EN 689:2018 Norma za mjerenje izloženosti udisanjem kemijskih agensa na radnom mjestu i strategiju provjere usklađenosti s graničnim vrijednostima profesionalne izloženosti (OELV)
- WHO Laboratory Biosafety Manual 4th edition
- EN 13098:2019 Mjerenje mikroorganizama i mikrobnih komponenti u zraku

HVALA NA POZORNOSTI

Pitanja ?

Koji je najveći izazov bioloških štetnosti u vašoj praksi?