

Smernica REHVA COVID-19, 17. november 2020

(ta dokument posodablja vse predhodne različice t.j.: iz 3. avgusta, 3. aprila in 17. marca. Po potrebi bodo sledile posodobitve)

Kako upravljati in uporabljati stavbne prezračevalne, klimatske in ostale sisteme, da bi preprečili širjenje korona virusa (SARS-CoV-2), bolezen (COVID-19) na delovnih mestih

1. Uvod

V tem dokumentu REHVA povzema nasvete o delovanju in uporabi stavbnih sistemov med epidemijo koronavirusa (COVID-19), z namenom zmanjšanja tveganj prenosa COVID-19 preko HVAC (Ogrevanje, Prezračevanje, Klimatizacija) sistemov v stavbah. Prosimo, berite spodaj navedene nasvete kot *trenutna* navodila; dokument bomo dopolnili z novimi dokazi in informacijami, ko bodo na voljo.

Spodnji predlogi so mišljeni kot dodatek k splošnim napotkom za delodajalce in lastnike stavb, ki so predstavljeni v dokumentu WHO „[Priprava delovnih mest za COVID-19](#)“. Spodnje besedilo je namenjeno predvsem strokovnjakom za HVAC sisteme in upravnikom stavb. Lahko je uporabno tudi za npr. strokovnjake za varstvo pri delu in javno zdravje ter druge strokovnjake vključene v odločitve v zvezi z uporabo stavb.

V tem dokumentu so zajeti varnostni ukrepi v zvezi s stavbnimi sistemi. Področje uporabe je omejeno na poslovne in javne stavbe (npr. pisarne, šole, trgovine, športne objekte itd.), kjer se pričakuje le občasno prisotnost okuženih oseb. Stanovanjske stavbe ne spadajo v področje uporabe tega dokumenta.

Te smernice so osredotočene načasne ukrepe in ukrepe, ki jih je enostavno organizirati, in jih je mogoče izvesti v obstoječih stavbah, ki se uporabljajo med epidemijo ali po njej in so zasedene običajno ali manj.

Izjava o omejitvi odgovornosti:

Ta dokument izraža strokovne nasvete in poglede REHVA, ki temeljijo na razpoložljivih znanstvenih dognanjih o COVID-19, ki so bila na voljo ob objavi. Podatki o SARS-CoV-2 v mnogih vidikih niso popolni, zato so za priporočila uporabljeni dokazi¹ iz prejšnjih izkušenj z virusi, ki se prenašajo po zraku. REHVA, avtorji prispevkov in vsi, ki sodelujejo v publikaciji izključujejo kakršno koli odgovornost za kakršno koli neposredno, posredno, naključno škodo ali kakršno koli drugo škodo, ki bi nastala zaradi uporabe informacij v tem dokumentu ali bi bila povezana z njimi.

¹ V zadnjih dveh desetletjih smo bili soočeni s tremi izbruhi koronavirusne bolezni: (i) SARS v letih 2002–2003 (SARS-CoV-1), (ii) MERS v letu 2012 (MERS-CoV) in Covid-19 v letih 2019–2020 (SARS-CoV-2).

Povzetek

Nedavno so se pojavili novi dokazi o prenosu SARS-CoV-2 po zraku in splošno prepoznavanje prenosa na večji razdalji z aerosoli. Zaradi tega so bili ukrepi prezračevanja najpomembnejši tehnični ukrepi pri nadzoru okužbe. Medtem ko je fizična razdalja pomembna, da se izognete tesnemu stiku, lahko tveganje za prenos po zraku in navzkrižno okužbo od 1,5 m naprej pri okuženi osebi zmanjšate z ustreznim prezračevanjem in učinkovitimi rešitvami za distribucijo zraka. V takšnih razmerah so potrebne vsaj tri ravni napotkov: (1) kako upravljati HVAC in druge stavbne sisteme v obstoječih stavbah v času epidemije; (2) kako opraviti oceno tveganja in oceniti varnost različnih stavb in prostorov; in (3) kakšni bi bili daljnosežnejši ukrepi za nadaljnje zmanjšanje širjenja virusnih bolezni v prihodnosti v stavbah z izboljšanimi prezračevalnimi sistemi. Vsak prostor in delovanje stavbe sta unikatna in zahtevata posebno presojo. Predlagamo 15 priporočil, ki jih je mogoče uporabiti v obstoječih stavbah z razmeroma nizkimi stroški za zmanjšanje števila navzkrižnih okužb v zaprtih prostorih. Kar zadeva količino zraka, je vedno boljše več prezračevanja, vendar to ni edini vidik. Veliki prostori, kot so učilnice, ki so dejansko prezračevani po trenutnih standardih, so relativno varni, majhne sobe, ki jih zaseda več oseb, pa imajo največjo verjetnost okužbe, tudi če so dobro prezračevane. Čeprav obstaja veliko možnosti za izboljšanje rešitev za prezračevanje, je pomembno prepoznati, da trenutna tehnologija in znanje že omogočata uporabo številnih prostorov v stavbah med izbruhom COVID-19, če prezračevanje ustreza obstoječim standardom in se izvaja ocena tveganja.

Kazalo vsebin

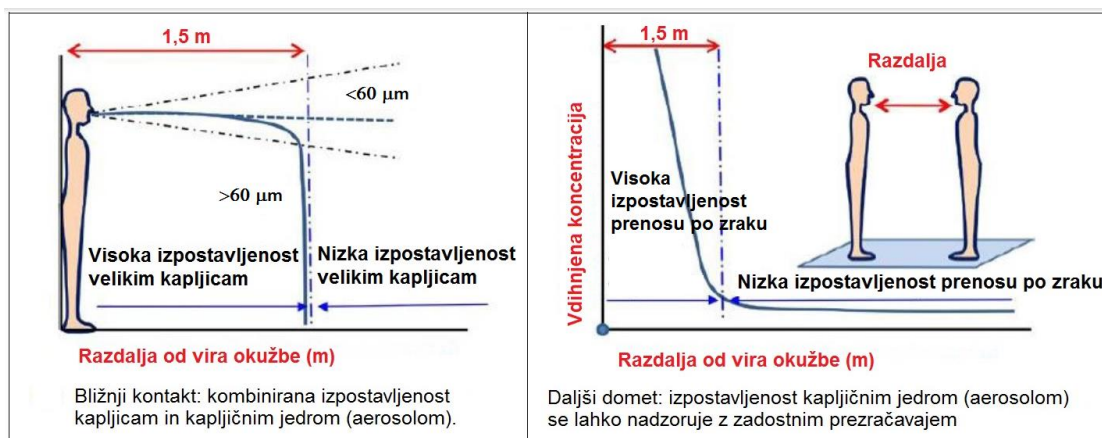
| | |
|---|-----------|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Prenosne poti | 3 |
| 3. Ogrevalni, prezračevalni in klimatizacijski sistemi v kontekstu COVID-19 | 7 |
| 4. Praktični ukrepi za obratovanje stavbnih sistemov med epidemijo za zmanjšanje tveganja prenosa okužb | 9 |
| 5. Povzetek praktičnih ukrepov za obratovanje stavbnih sistemov med epidemijo ... | 15 |
| Priloga 1: Ocena tveganja za prenos po zraku in daljnosežni ukrepi za zmanjšanje širjenja virusnih bolezni v stavbah prihodnost z izboljšanimi prezračevalnimi sistemi | 16 |
| Priloga 2: Pregledi za omejevanje puščanja zraka preko regenerativnih prenosnikov toplote zrak-zrak (t.i. rotorji, oz. entalpijska kolesa) | 25 |
| Priloga 3: Prezračevanje v bolniških sobah | 27 |
| Priloga 4: COVID-19 Smernice za prezračevanje in stavbne sisteme za šolsko osebje | 29 |
| Povratne informacije | 32 |
| Literatura | 33 |

2. Prenosne poti

Za vsako epidemijo so pomembne prenosne poti povzročitelja okužbe. Za COVID-19 in za številne druge respiratorne viruse prevladujejo tri poti prenosa: (1) kombinirani prenos preko kapljic in po zraku v 1-2 m tesnem stičnem območju, ki izhaja iz kapljic in aerosolov, ki se izločajo pri kihanju, kašljanju, petju, kričanju, govorjenju in dihanju; (2) zračni prenos na dolge razdalje (na osnovi aerosola); in (3) površinski (kontaktni) stik roka - roka, površina - roka itd. Možnosti preprečevanja so: fizična razdalja, da se izognete tesnemu stiku, prezračevanje, da se prepreči prenašanje skozi zrak in higiena rok, da ne pride do površinskega prenosa. Ta dokument se osredotoča predvsem na ukrepe za zmanjšanje prenosa po zraku, medtem ko osebna zaščitna oprema, kot so maske, ne spada v področje uporabe dokumenta. Dodatni poti prenosa, ki potrebujejo pozornost in sta prav tako obravnavani v tem dokumentu, sta fekalno-oralna pot in resuspendiranje SARS-CoV-2.

Velikost koronavirusnega delca je 80-160 nanometrov^{2,i} in ostaja aktiven na površinah več ur ali nekaj dni, razen če ni posebnega čiščenja,^{iii,iv}. V zraku v zaprtih prostorih lahko SARS-CoV-2 ostane aktiven do 3 ure in 2-3 dni na površinah v prostorih pri običajnih notranjih pogojih. Virus v zraku ni gol, ampak ga vsebujejo kapljice izdihne tekočine. Velike kapljice padejo navzdol, majhne kapljice pa ostanejo v zraku in lahko potujejo na velike razdalje, saj jih prenašajo zračni tokovi v prostorih in v odvodnih zračnih kanalih prezračevalnih sistemov, pa tudi v dovodnih kanalih, kadar zrak kroži. Dokazi kažejo, da je prenos po zraku med drugim povzročil dobro znane okužbe s SARS-CoV-1 v preteklosti^{iv, vii}.

Izdihane kapljice suspendirane v zraku (kar pomeni leteče), imajo razpon premerov od manj kot 1 μm (mikrometer = mikron) do več kot 100 μm , kar je največja velikost delcev, ki jih je mogoče vdihavati. Imenujemo jih tudi aerosoli, to so delci, suspendirani na zraku, saj so kapljice tekoči delci. Glavni mehanizmi za prenos zraka so prikazani na sliki 1.



Slika 1. Razlika med tesnim kontaktnim kombiniranim kapljičnim in aerosolnim prenosom (levo) in aerosolnim prenosom na dolge razdalje (desno), ki ga je mogoče nadzorovati s prezračevanjem, saj koncentracijo virusa razredči na nizko raven. (Slika: L. Liu, Y. Li, P. V. Nielsen et al.^{xii})

Prenos po zraku je odvisen od velikosti kapljic^{ix,x} in ga običajno delimo na območja tesnega stika in na dolge razdalje:

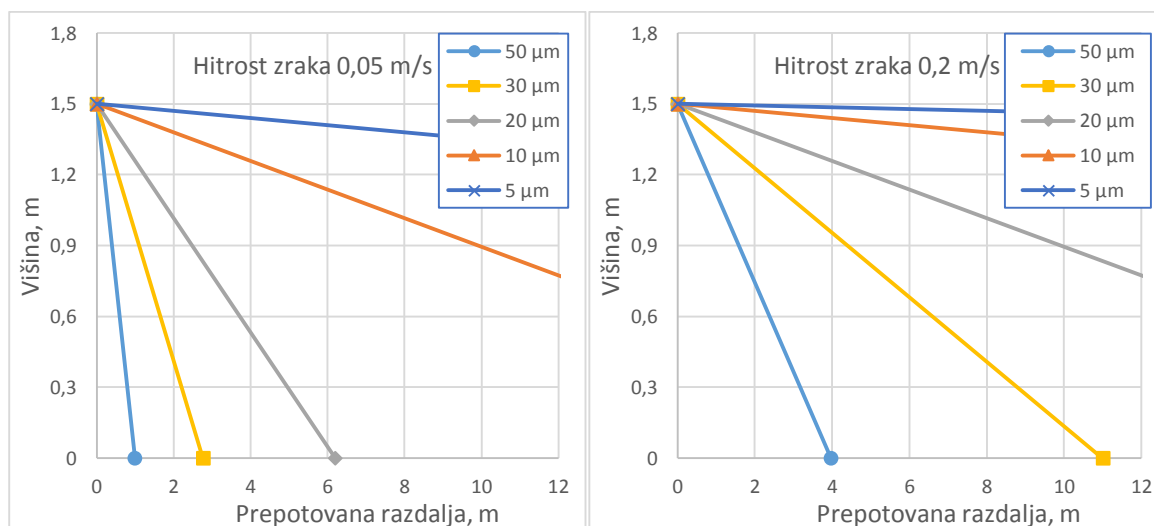
1. Območje prenosa kapljic kratkega dosega za dogodke v tesnem stiku je mogoče določiti s prepotovano razdaljo, preden majhne in velike kapljice (do 2000 μm = 2 mm) padejo na površine. Pri začetni hitrosti kapljice 10 m/s večje kapljice padejo na tla v 1,5 m. Pri dihanju so hitrosti kapljic 1 m/s za normalno dihanje, 5 m/s za govorjenje, 10 m/s za kašelj in 20-50 m/s za kihanje. Izločene kapljice izparijo in se izsušijo v zraku, tako da se jedra kapljic skrčijo na približno polovico ali tretjino začetnega premera. Kapljice z začetnim premerom manjšim

² 1 nanometer = 0,001 mikro metra

od 60 μm ne dosežejo tal, preden se v celoti izsušijo, in se z zračnimi tokovi lahko prenašajo dlje kot 1,5 m.

2. Za prenos po zraku na daljših razdaljah velja več kot 1,5 m. Izsušitev kapljic je hitra; na primer, 50 μm kapljica se izsuši v približno dveh sekundah in 10 μm kapljica v 0,1 s, do približno polovico začetnega premera kapljičnega jedra³. Kapljična jedra <10 μm lahko prenašajo zračni tokovi na dolge razdalje, saj so začetne hitrosti za 10 μm in 5 μm (ravnotežni premer kapljičnih jeter) le 0,3 cm/s in 0,08 cm/s, zato je potrebno približno 8,3 oziroma 33 minut, da pade za 1,5 m. Zaradi takojšnjega sušenja se izraz "kapljica" pogosto uporablja za izsušena kapljična jedra, ki vsebujejo nekaj tekočine, kar razloži, zakaj virusi lahko preživijo v njih. Kapljična jedra tvorijo suspenzijo delcev v zraku, to je aerosol. Z učinkovitim mešalnim prezračevanjem je koncentracija aerosolov skoraj stalna od 1 do 1,5 m naprej. Na to koncentracijo najbolj vplivajo hitrosti izmenjave zraka v primerno prezračenih prostorih, zmanjša pa se tudi z odlaganjem in razpadanjem delcev z virusom.

Razdalja 1,5 m za padanje velikih kapljic, prikazana na Sliki 2 - levo, velja, če v prostoru ni gibanja zraka. Običajno porazdelitev zračnih tokov prezračevanja in konvekcijskega gibanja zaradi toplotnih dobitkov povzroča hitrosti zraka med 0,05 in 0,2 m/s v tipičnih z ljudmi zasadenih prostorih. Uporaba teh hitrosti kot spodnje in zgornje meje skupaj s hitrostmi usedanja delcev omogoča oceno, kako daleč lahko kapljice potujejo, preden pod vplivom gravitacije padejo 1,5 m. Te ocene kažejo, da lahko tudi kapljice večje od 30 μm potujejo veliko več kot 1-2 metra.

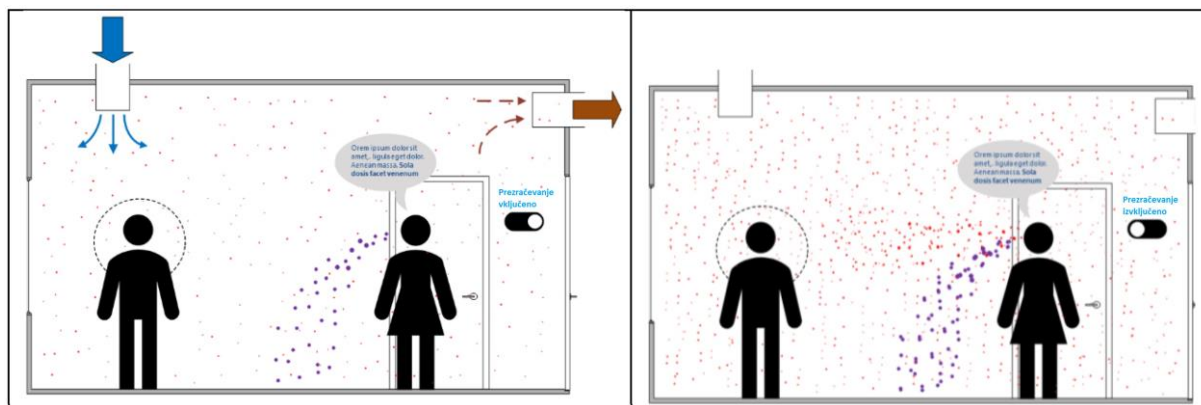


Slika 2. Ocene potovalne razdalje za različne velikosti kapljic s hitrostjo zraka v prostoru 0,05 in 0,2 m/s, preden se pod vplivom gravitacije usede 1,5 m. Prepotovana razdalja predstavlja gibanje po sprostitvi začetnega curka in se izračuna z ravnotežnim premerom popolnoma izsušenih dihalnih kapljic (vrednosti μm na sliki se nanašajo na ravnotežne premere). S turbulenco je prepotovana pot manjša, čas poravnave pa daljši.

Bolj pomembna od tega, kako daleč potujejo kapljice različnih velikosti, je oddaljenost od vira ali okužene osebe ki pogojuje, pri kateri bo dosežena skoraj konstantna koncentracija aerosola. Kot prikazuje slika 1 - desno, se bo koncentracija kapljičnih jeter hitro zmanjšala v prvih 1-1,5 metra od izdiha osebe^{xii}. Ta učinek je posledica aerodinamike toka izdihanega zraka in pretoka v mikro okolju okoli ljudi. Porazdelitev jeter kapljic je odvisna od položaja ljudi, števila izmenjav zraka, vrste sistema za distribucijo zraka, kot je na primer mešalno, izpodrivno ali osebno prezračevanje in drugih zračnih tokov v prostoru. Zato tesni stik znotraj prvega 1,5 metra ustvarja visoko izpostavljenost tako

³ Fizika suspendiranih dihalnih kapljic v zraku kaže, da bo kapljica z začetnim premerom 20 μm izhlapela v 0,24 sekunde v sobnem zraku, hkrati pa se ob 50% RH skrčila do kapljičnih jeter z ravnovesnim premerom približno 10 μm . Za 10 μm kapljice, vključno s še nekaj tekočine, je potrebnih 8,3 minute, da padejo 1,5 m v mirujočem zraku.

velikim kapljicam kot kapljičnim jedrom, kar podpirajo eksperimentalne in numerične študije^{xii}. Koncentracije aerosolov in navzkrižno okužbo 1,5 m ali več od okužene osebe lahko kontrolirate z ustreznimi rešitvami za prezračevanje in distribucijo zraka. Učinek prezračevanja je prikazan na Sliki 3.



Slika 3. Ponazoritev, kako okužena oseba (oseba, ki govori na desni) vodi v izpostavljenost aerosolom (rdeče pike) v območju dihanja druge osebe (v tem primeru oseba na levi). Izdihane velike kapljice so označene z vijoličnimi pikami. Ko je prostor prezračevan z mešalnim prezračevalnim sistemom, je število delcev obremenjenih z virusom, v območju dihanja veliko manjša kot pri izključenem prezračevanju. Leva slika: prezračevalni sistem vključen, desna: prezračevalni sistem izključen.

Za SARS-CoV-2 je prenos na dolge razdalje na osnovi aerosola z okužbo zaradi izpostavljenosti delcem kapljičnih jeder prvič potrdila WHO za bolnišnične postopke generiranja aerosolov in jih obravnavala v navodilih za povečanje prezračevanja^{xiv}. Japonske oblasti so bile ene prvih, ki so obravnavale možnost aerosolnega prenosa v določenih okoliščinah, na primer med pogovorom veliko ljudi na kratki razdalji v zaprtem prostoru in s tem povezano tveganje za širjenje okužbe, tudi brez kašlja ali kihanja^{xv}. Po tem so sledili številni drugi organi, vključno z ameriškim CDC, vlado Združenega kraljestva, italijansko vlado in kitajsko nacionalno zdravstveno komisijo. Pomembni dokazi so izhajali iz študije, v kateri so ugotovili, da je prenos aerosola verodostojen, saj virus lahko v aerosolih ostane aktiven več ur. Analize dogodkov kjer se je okužilo veliko ljudi so pokazale, da je zaprto okolje z minimalnim prezračevanjem močno prispevalo k značilno visokemu številu sekundarnih okužb^{xvi}. Dobro znani dogodki, ki poročajo o aerosolnem prenosu, so iz restavracije Guangzhou^{xvii} in doline Skagit Chorale^{xviii}, kjer je stopnja prezračevanja zunanjega zraka znašala 1-2 L/s na osebo. Številni znanstveniki priznavajo dejstvo, da so se pojavili pomembni dokazi, ki kažejo, da se SARS-CoV-2 prenaša z aerosoli^{xix,xx}. Do danes sta Evropski center za preprečevanje in obvladovanje bolezni (ECDC) v pregledu sistemov HVAC v okviru COVID-19 in nemški Robert-Koch-Institut priznala aerosolni transport^{xxi,xxii}. Nazadnje je WHO junija 2020 v odprtem pismu 239 znanstvenikov^{xxiii} dodala aerosolni prenos svojemu znanstvenemu poročilu^{xxiv}. Na splošno mehanizem prenosa na večje razdalje na osnovi aerosola pomeni, da zgolj razdalja 1-2 m od okužene osebe ni dovolj, zato je za učinkovito odstranjevanje delcev v prostorih potreben nadzor koncentracije z redčenjem.

Površinski (fomitni) kontaktni prenos se lahko pojavi, kadar izločene velike kapljice padejo na bližnje površine in predmete, kot so npr. mize. Oseba se lahko okuži s COVID-19 tako, da se dotakne površine ali predmeta, ki ima virus na sebi, nato pa se dotakne svojih ust, nosu ali morebiti oči, vendar so ameriški CDC in drugi ugotovili, da ta pot ni smatrana kot glavni način za širjenje virusa^{xxv}.

WHO prepoznava fekalno-oralno pot, to je pot prenosa aerosolov/odplak za okužbe s SARS-CoV-2^{xxvi}. WHO kot previdnostni ukrep predlaga izpiranje stranišč z zaprtim pokrovom. V tem kontekstu je nujno, da se izognete izsušenim odtokom v talnih in drugih sanitarnih napravah z rednim dolivanjem vode (vsake 3 tedne odvisno od podnebja) tako, da sifon deluje pravilno. To preprečuje pretok aerosola skozi kanalizacijo in je v skladu z opazovanji med izbruhom SARS 2002-2003: odprte povezave s kanalizacijskimi cevmi so bile prenosna pot v stanovanjski stavbi v Hong Kongu (Amoy Garden)^{xxvii}. Znano je, da splakanje stranišč ustvarja dvigajoče se zračne tokove, ki vsebujejo kapljice in ostanke kapljic, če stranišča splaknemo z odprtimi pokrovi. Viruse SARS-CoV-2 so odkrili v vzorcih blata (o čemer so poročali v zadnjih znanstvenih člankih in kitajske oblasti).^{xxviii,xxix,xxx}

Sklep v zvezi s prenosom po zraku (aerosoli)

Pred kratkim so bili pridobljeni novi dokazi in splošno priznavanje aerosolne prenosne poti. Ko je bila 17. marca 2020 objavljena prva različica tega dokumenta, je REHVA po načelu ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) predlagala uporabo vrste HVAC ukrepov, ki pomagajo nadzorovati pot aerosolov v stavbah. Do danes obstajajo dokazi o prenosu na osnovi aerosolov na osnovi SARS-CoV-2 in ta pot je zdaj priznana po vsem svetu. Relativni prispevek različnih prenosnih poti pri širjenju COVID-19 je še vedno predmet razprav. Prav tako je zelo odvisno od situacije, ali prevladuje ena ali druga prenosna pot. Na primer v bolnišnicah z odlično 12 ACH (Air Change per Hour oz število izmenjav zraka na uro) stopnjo prezračevanja se večinoma odpravlja aerosolni prenos, v slabo prezračenih prostorih pa je lahko prevladujoč. Prenosne poti ostajajo pomemben predmet raziskovanja in že je bilo dokumentirano, da pot aerosola na kratke razdalje med tesnim stikom^{xxxi} prevladuje pri izpostavljenosti okužbam dihal. Medicinska literatura je začela govoriti o novi paradigmi nalezljivih aerosolov. Zaključeno je, da ni dokazov, ki bi podprli koncept, da je večina okužb dihal povezanih predvsem z prenosom velikih kapljic in da so aerosoli z majhnimi delci pravilo, ne pa izjema v nasprotju s trenutnimi smernicami^{xxxi}. V stavbah in prostorih ni dvoma, da lahko z razdajo do 1,5 m od okužene osebe in s prezračevanjem kontroliramo tveganje navzkrižne okužbe.

3. Ogrevalni, prezračevalni in klimatizacijski sistemi v kontekstu COVID-19

Obstajajo številni možni ukrepi za zmanjšanje tveganj prenosa COVID-19 v stavbah. Ta dokument zajema priporočila za prezračevalne rešitve kot glavni „inženirski nadzor“, kot je opisano v tradicionalni hierarhiji zatiranja okužb (Slika 4) za zmanjšanje okoljskih tveganj zaradi prenosa po zraku. V skladu s hierarhijo so prezračevanje in drugi HVAC in vodovodni sistemi na višji ravni kot uporaba administrativne kontrole in osebne zaščitne opreme (vključno z maskami). Zato je zelo pomembno razmisliti o sistemskih ukrepih prezračevanja in drugih stavbnih sistemih za zaščito pred prenosom po zraku. Te se lahko uporabijo v obstoječih stavbah z razmeroma niskimi stroški, da se zmanjša tveganje okužbe v zaprtih prostorih.



Slika 4. Tradicionalna piramida za zatiranje okužb, prilagojena iz ameriškega centra za nadzor bolezni^{xxxiii}

Evropski center za preprečevanje in obvladovanje bolezni (ECDC) je za javne zdravstvene organe v državah EU/EEA in Veliki Britaniji pripravil smernice o prezračevanju prostorov v okviru COVID-19^{xxi}. Te smernice so namenjene strokovnjakom za javno zdravje in služijo kot osnova REHVA-i za pripravo specifičnih smernic tehničnih sistemov za strokovnjake za HVAC. Glavne dokaze in sklepe ECDC lahko povzamemo, kot sledi:

- *Prenos COVID-19 običajno poteka v zaprtih prostorih.*
- *Trenutno ni dokazov o okužbi ljudi s SARS-CoV-2, ki bi jih povzročili nalezljivi aerosoli, ki se distribuirajo po zračnih kanalih prezračevalnega sistema. Tveganje je ocenjeno kot zelo nizko.*
- *Dobro vzdrževani HVAC sistemi, vključno s klimatskimi napravami, varno filtrirajo velike kapljice, ki vsebujejo SARS-CoV-2. Aerosoli COVID-19 (majhne kapljice in kapljična jedra) se lahko širijo po sistemih HVAC znotraj stavbe ali vozila in samostojnih klimatskih enot, če se zrak recirkulira.*
- *Pretok zraka, ki ga ustvarijo prezračevalne naprave, lahko olajša širjenje kapljic, ki jih izločajo okužene osebe na daljše razdalje v prostorih.*
- *HVAC sistemi imajo lahko dopolnilno vlogo pri zmanjšanju prenosa v notranjih prostorih s povečanjem izmenjav zraka, zmanjšanjem recirkulacije zraka in povečanjem uporabe zunanjega zraka.*
- *Skrbniki stavb morajo vzdrževati ogrevalne, prezračevalne in klimatizacijske sisteme v skladu s trenutnimi proizvajalčevimi navodili, zlasti glede čiščenja in menjave filtrov. V zvezi s COVID-19 ni dodatnih koristi ali potrebe po dodatnih ciklih vzdrževanja.*
- *Izogibati se je treba varčevalnim nastavitvam, na primer prezračevanju glede na potrebo, ki ga nadzira časovno stikalo ali CO₂.*
- *Razmisliti je treba o podaljšanju obratovalnih časov HVAC sistemov pred in po običajnih obdobjih.*
- *Neposredni pretok zraka je treba preusmeriti stran od skupin posameznikov, da se prepreči širjenje patogena od okuženih oseb in prenos.*
- *Organizatorji in skrbniki, odgovorni za zborovanja in kritične nastavitve infrastrukture, naj preučijo možnosti s pomočjo svojih tehničnih/vzdrževalnih skupin, da se čim bolj izognejo recirkulaciji zraka. Razmisliti bi morali o pregledu svojih postopkov za uporabo recirkulacije*

v sistemih HVAC na podlagi informacij, ki jih je posredoval proizvajalec, in če niso na voljo, poiskati nasvet proizvajalca.

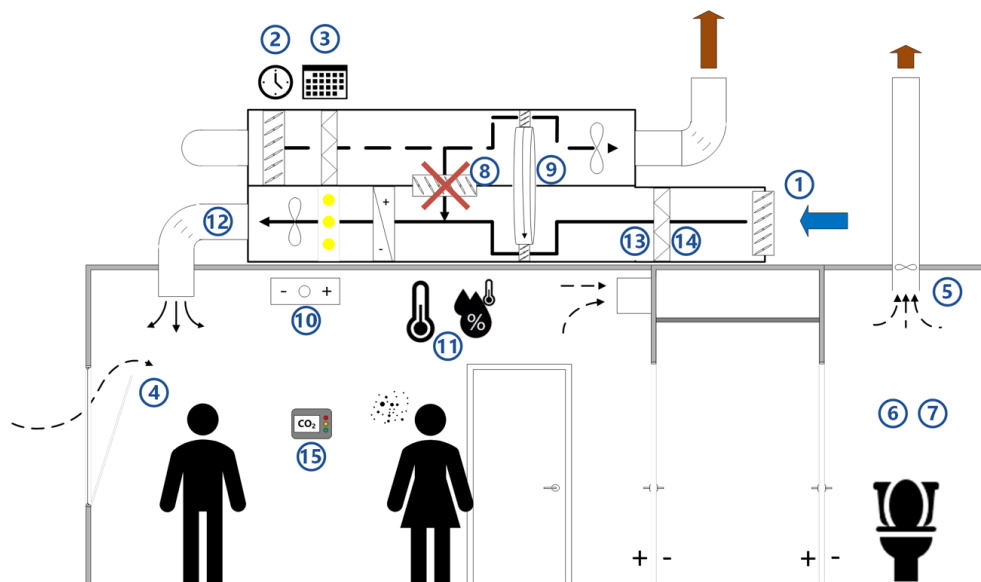
- Najprej je treba zagotoviti število izmenjav zraka na uro, skladno z veljavnimi gradbenimi predpisi, kar je minimum. Povečanje števila izmenjav zraka na uro zmanjša tveganje za prenos v zaprtih prostorih. To lahko dosežemo z naravnim ali mehanskim prezračevanjem, odvisno od nastavitve.

V smernicah ECDC^{xxxiv} poudarja pomen prezračevanja s sklepom, da bi lahko bilo izvajanje optimalnega prezračevanja, prilagojenega posameznim zahtevam v zaprtih prostorih, ključnega pomena pri preprečevanju izbruhov in pojavov dogodkov ojačenega prenosa. Po smernicah mora biti ves čas zagotovljeno minimalno število izmenjav zraka na uro v skladu z veljavnimi gradbenimi predpisi. Navedeno je, da bo povečanje števila izmenjav zraka na uro z naravnim ali mehanskim prezračevanjem zmanjšalo tveganje za prenos v zaprtih prostorih. Prezračevanje velja za glavno metodo, ker ni dokazov o učinkovitosti metod za dekontaminacijo zraka (npr. Obsevanje z UV-svetlobo) za uporabo v človeškem okolju.

4. Praktični ukrepi za obratovanje stavbnih sistemov med epidemijo za zmanjšanje tveganja prenosa okužb

Ta REHVA navodila za delovanje gradbenih storitev zajema 15 glavnih postavk, kot je prikazano na Sliki 5:

1. Število izmenjav zraka
2. Časi prezračevanja
3. Onemogočeno delovanje glede na potrebe
4. Odpiranje oken
5. Prezračevanje toaletnih prostorov
6. Okna v straniščih
7. Splakovanje stranišč
8. Recirkulacija
9. Oprema za rekuperacijo toplote
10. Ventilatorski konvektorji in split enote
11. Ogrevanje, hlajenje in možne nastavitve vlaženja
12. Čiščenje kanalov
13. Zunanji zrak in filtri za izsesavanje zraka
14. Vzdrževalna dela
15. Spremljanje kakovosti zraka (IAQ)



Slika 5. Glavne postavke smernic REHVA za delovanje stavbnih sistemov.

4.1 Povečajte dovod (vtok) in odvod (odtok) zraka

V stavbah z mehanskimi prezračevalnimi sistemi se priporočajo podaljšani časi obratovanja sistema. Spremenite čase obratovanja tako, da začnete prezračevati z nazivno hitrostjo vsaj 2 uri pred začetkom uporabe stavbe in preklopite na nižjo hitrost obratovanja 2 uri po koncu uporabe stavbe. Prezračevalnim sistemom, ki obratujejo glede na kontrolirano potrebo spremenite nastavljeno vrednost CO₂ na nižjo vrednost 400 ppm, da se zagotovi obratovanje pri nazivni hitrosti. V stavbah, ki so bile zaradi pandemije izpraznjene (nekatero pisarne ali izobraževalne stavbe), ni priporočljivo izključiti prezračevanja, temveč uporabiti obratovanje z zmanjšano hitrostjo v normalnih časih delovanja. Podaljšanje časov delovanja pomaga odstraniti virusne delce iz stavbe in odstraniti sproščene delce virusov s površin. Pozimi in poleti je potrebno sprejeti višjo rabo energije, ker imajo prezračevalni sistemi dovolj toplotne in hladilne moči, da upoštevajo ta priporočila brez ogrožanja toplotnega udobja.

Splošni nasvet: dovajajte čim več zunanjega zraka, kolikor je to mogoče. Ključni vidik je skupni pretok zunanjega zraka, ki je običajno načrtovan kot pretok dovodnega svežega zraka na kvadratni meter površine tal ali na osebo. Količina čistega zraka iz zračnega čistilca prispeva k pretoku dovodnega zraka (za podrobnosti glejte Prilogo 1).

Če se zaradi dela na daljavo zmanjša število zaposlenih, ne skoncentrirajte preostalih zaposlenih na manjših površinah, temveč vzdržujte ali povečujte razdalje med ljudmi (najmanjša fizična razdalja 2-3 m med osebami), da spodbudite učinek čiščenja s prezračevanjem. Več informacij o stopnjah prezračevanja in tveganjih v različnih prostorih je na voljo v Prilogi 1.

Odvodni (odtočni) prezračevalni sistemi stranišč bi morali delovati podobno kot glavni prezračevalni sistem. Preklopite na nazivno hitrost najmanj 2 uri pred odpiranjem stavbe in jo lahko preklopite na nižjo hitrost 2 uri po času uporabe stavbe.

Dodatna navodila za prezračevanje prostorov za bolnike so v Prilogi 3 in za šolsko osebje v Prilogi 4.

4.2 Uporabljajte več prezračevanja z odpiranjem oken

Splošno priporočilo: izogibajte se gneči in slabo prezračeni prostorom. V stavbah brez mehanskih prezračevalnih sistemov je priporočljivo aktivno uporabljati okna (veliko več kot običajno, tudi če to povzroča delno toplotno neugodje). Zračenje z odpiranjem oken je torej edini način za povečanje izmenjav zraka. Okna odprite za približno 15 minut, ko vstopite v prostor (še zlasti, če je bil prostor predhodno zaseden z drugimi osebami). Tudi v stavbah z mehanskim prezračevanjem se lahko prezračevanje z odpiranjem oken uporablja za dodatno povečanje prezračevanja.

Odperta okna v straniščih z vzgonskim ali mehanskim odvodom zraka lahko povzročijo prenos onesnaženega zraka iz stranišča v druge prostore, kar pomeni, da prezračujemo v obratni smeri. Zato se je treba izogibati odprtemu oknu v straniščih za vzdrževanje negativnega tlaka v straniščih in ustrezno smer mehanskega prezračevanja. V primeru, ko ni ustreznega prezračevanja stranišč in prezračevanja z odpiranjem oken v straniščih ni mogoče preprečiti, je pomembno, da so istočasno okna odprta tudi v drugih prostorih, da se doseže prečni pretok zraka skozi stavbo.

4.3 Vlaženje in klimatizacija nimata praktičnega učinka

Relativna vlažnost in temperatura zraka prispevata k prenosu virusa v zaprtih prostorih, kar vpliva na sposobnost preživetja virusa, tvorbo jeder kapljic in občutljivost sluznic uporabnikov stavbe. Prenos nekaterih virusov v stavbah je mogoče omejiti s spreminjanjem temperature zraka in ravni vlažnosti, da se zmanjša sposobnost preživetja virusa. V primeru SARS-CoV-2 to na žalost ni možnost, saj so koronavirusi precej odporni na spremembe v okolju in so dovetni le za zelo visoko relativno vlažnost nad 80% in temperaturo nad 30 °C^{ii, iii, iv}, kar zaradi toplotnega ugodja in izogibanja rasti mikrobov v stavbah niso dosegljivi in sprejemljivi. SARS-CoV-2 preživi 14 dni pri 4 °C, en dan pri 37 °C in 30 minut pri 56 °C^{xxxv}.

Stabilnost (sposobnost preživetja) SARS-CoV-2 je bila testirana pri tipični notranji temperaturi 21-23 °C in relativni vlažnosti 65 % z zelo visoko stabilnostjo virusa pri tej temperaturi in RH (RH = Relative Humidity oz. slovensko. relativni vlažnosti)^{xxxvi}. Skupaj s prejšnjimi dokazi o MERS-CoV je dobro dokumentirano, da ima lahko vlaženje do 65 % zelo majhen vpliv ali ne vpliva na stabilnost virusa SARS-CoV-2. Sedanji dokazi ne podpirajo stališča, da bo zmerna vlažnost (RH 40-60 %) koristna za zmanjšanje sposobnosti preživetja SARS-CoV-2, zato vlaženje NI metoda za zmanjšanje sposobnosti preživetja SARS-CoV-2.

Majhne kapljice (0,5 - 50 μm) hitreje izhlapijo pri kateri koli relativni vlažnosti (RH)^{xxxvii}. Nosni sistemi in sluznice so občutljivejši na okužbe pri zelo nizki RH 10-20 %^{xxxviii, xxxix}, zato se včasih priporoča nekaj vlaženja pozimi (do ravni 20-30 %), čeprav je bila uporaba vlažilcev zraka povezana z večjim številom vseh in kratkotrajnih bolniških odsotnosti^{xl}.

V stavbah, opremljenih s centralnim vlaženjem, ni treba spreminjati nastavljenih vrednosti sistemov vlaženja (običajno 25 ali 30 %^{xli}). Navadno nobena prilagoditev nastavljenih vrednosti za ogrevalne ali

hladilne sisteme ni potrebna, sistem pa lahko deluje normalno, saj ni neposredne posledice za tveganje prenosa SARS-CoV-2.

4.4. Varna uporaba sistemov za rekuperacijo toplote

Prenos delcev virusa preko naprav za rekuperacijo toplote ni težava, če je sistem HVAC opremljen z dvojnimi prenosniki toplote iz odpadnega na sveži zrak ali drugo napravo za rekuperacijo toplote, ki zagotavlja 100 % ločitev zraka med odvodno in dovodno stranjo^{xlii}. Nekatere naprave za rekuperacijo toplote lahko prepuščajo delce in plinasta onesnažila s strani odvodnega (odtočnega) zraka na stran dovodnega (vtočnega) zraka. Regenerativni prenosniki toplote zrak-zrak (t.i. rotorji, imenovani tudi kolesa) lahko povzročijo znatno puščanje v primeru slabe zasnove in vzdrževanja. Za pravilno obratujoče rotacijske prenosnike toplote, opremljene s sektorji za čiščenje in pravilno nastavljene, so stopnje puščanja približno enake kot pri ploščatih prenosnikih toplote v območju 0-2 %, kar je v praksi nepomembno. Pri obstoječih sistemih mora biti puščanje pod 5 % in je treba nadomestiti s povečanim prezračevanjem zunanega zraka, skladno z EN 16798-3:2017. Vendar pa mnogi vrtljivi prenosniki toplote morda niso pravilno nameščeni. Najpogostejša napaka je, da so ventilatorji nameščeni tako, da se ustvari večji tlak na strani odvodnega (odtočnega) zraka. To bo povzročilo uhajanje odvodnega (odtočnega) zraka v dovodni (vtočni) zrak. Stopnja nenadzorovanega prenosa onesnaženega odvodnega zraka je lahko v teh primerih 20 %^{xlii}, kar ni sprejemljivo.

Izkaže se, da so rotacijski prenosniki toplote, ki so pravilno izdelani, nameščeni in vzdrževani, skoraj brez prenosa onesnaževal, vezanih na delce (vključno z bakterijami, virusi in glivami, ki se prenašajo na zrak), vendar je prenos omejen na plinasta onesnaževala, kot je tobačni dim in druge vonjave^{xliiv}. Tako ni dokazov, da bi bili delci virusa, ki se začnejo pri 0,2 µm, preneseni skozi kolo. Ker večji delci puščanja povzročajo razlike v tlaku med dovodnim in odvodnim zrakom, bo ustavitev rotorja le malo vplivala na puščanje. Zato rotorja ni treba izklopiti. Običajno obratovanje rotorjev tudi olajša ohranjanje višjih stopenj prezračevanja. Znano je, da je pretok puščanja največji pri majhnem pretoku zraka, zato so priporočljive višje ravni prezračevanja, kot je priporočeno v Poglavju 4.1. Če se na odsekih za rekuperacijo toplote odkrijejo kritična puščanja, je mogoče prilagajanje tlaka ali obvod (nekateri sistemi so opremljeni z obvodom), da se izognete situaciji, ko večji tlak na odvodni strani povzroči uhajanje zraka na dovodno stran. Razlike v tlaku lahko popravite z blažilniki za nadzor pretoka zraka ali z drugimi smiselnimi ukrepi. Za konec priporočamo pregled opreme za rekuperacijo toplote, vključno z merjenjem tlačne razlike in oceno puščanja na podlagi merjenja temperature (glejte Prilogo 2).

4.5 Brez centralne recirkulacije (vračanja zavrženega zraka)

Delci virusa v odvodnih (odtočnih) zračnih kanalih lahko tudi ponovno vstopijo v stavbo, ko so centralizirane enote za obdelavo zraka opremljene z recirkulacijskimi enotami. Splošno priporočilo je, da se med epidemijo SARS-CoV-2 izognete centralni recirkulaciji: zaprite recirkulacijske lopute bodisi s sistemom upravljanja stavb, bodisi ročno. To je še posebej pomembno v stavbah, ki jih uporabljajo občutljivi uporabniki⁴ (npr. domovi starejših občanov).

Včasih so klimatske naprave in odseki za recirkulacijo opremljeni s povratnimi zračnimi filtri. To ne bi smelo biti razlog za odprtje loput recirkulacije, saj ti filtri običajno ne odstranijo virusnih snovi, ker imajo grobo ali srednjo zmogljivost filtrov (razred filtrov G4/M5 ali ISO grobo/ePM10).

V zračnih sistemih in sistemih zrak in voda, kjer se zaradi omejenih zmogljivosti hlajenja ali ogrevanja ni mogoče izogniti centralni recirkulaciji, je treba delež zunanega zraka čim bolj povečati in priporočiti dodatne ukrepe za filtriranje povratnega zraka. Za popolno odstranitev delcev in virusov iz povratnega zraka bodo potrebni filtri HEPA. Toda zaradi večjega padca tlaka in posebnih potrebnih okvirjev filtrov HEPA, filtrov običajno ni enostavno namestiti v obstoječe sisteme. Lahko pa uporabimo

⁴ V bolnišnicah je uporaba recirkulacije v mnogih državah strogo prepovedana.

tudi namestitvev kanalskih naprav za razkuževanje, kot je ultravijolično germicidno obsevanje (UVGI), imenovano tudi ultravijolično razkuževanje (GUV). Pomembno je, da je ta oprema pravilno dimenzionirana in nameščena. Če je tehnično mogoče, je bolje namestiti filter višjega razreda v obstoječe okvirje in povečati tlak odvodnih ventilatorjev, ne da bi zmanjšali pretok zraka. Minimalno izboljšanje je zamenjava obstoječih filtrov povratnega zraka z nizko učinkovitostjo z ePM1 80 % (prej F8) filtri. Filtri nekdanjega razreda F8 imajo sprejemljivo učinkovitost zajemanja delcev, obremenjenih z virusom (učinkovitost zajema 65-90 % za PM1).

4.6 Cirkulacija v prostoru: ventilatorski konvektorji, split in indukcijske enote

V prostorih, ki imajo samo ventilatorske konvektorje ali split enote (vodni ali neposredni ekspanzijski sistemi), je prva prioriteta doseganje ustreznega prezračevanja z zunanjim zrakom. V takih sistemih so konvektorji in split enote navadno neodvisne od mehanskega prezračevanja, ki lahko da ne obstaja, možni pa sta dve opciji prezračevanja:

1. Aktivno odpiranja oken skupaj z namestitvijo CO₂ monitorjev kot indikatorjev prezračevanja z zunanjim zrakom;
2. Namestitvev samostojnega mehanskega prezračevalnega sistema (lokalnega ali centraliziranega brez recirkulacije, glede na tehnično izvedljivost). Le tako lahko v prostorih ves čas zagotovite zadosten dovod zunanjega zraka.

Če se uporablja možnost 1, so pomembni monitorji CO₂, saj ventilatorski konvektorji in split enote s funkcijo hlajenja ali ogrevanja izboljšujejo toplotno udobje in lahko traja predolgo, preden uporabniki zaznajo slabo kakovost zraka in pomanjkanje prezračevanja^{xlv}. V času zasedenosti pustite okna delno odprta (če jih je mogoče odpreti), da povečate raven prezračevanja. Glejte primer monitorja CO₂ v [Prilogi 4](#), Slika 17. Ventilatorski konvektorji imajo grobe filtre, ki praktično ne filtrirajo manjših delcev, vendar vseeno lahko zbirajo potencialno onesnažene delce, ki se lahko nato sproščajo, ko ventilatorji začnejo delovati. Upoštevajte standardne postopke vzdrževanja s priporočili v nadaljevanju.

Split enote in včasih tudi ventilatorski konvektorji lahko povzročijo visoke hitrosti zraka. V skupnih prostorih (večji prostori z ventilatorskimi konvektorji ali split enotami, ki jih zaseda veliko oseb), se je treba v primeru lokalnih hitrosti zraka 0,3 m/s ali več izogibati usmerjenemu pretoku zraka od ene osebe do druge z ureditvijo delovnih mest ali prilagoditvami toka zraka.

4.7 Čiščenje kanalov nima praktičnega učinka

Obstaja pretirano stališče, ki priporoča čiščenje prezračevalnih kanalov, da se prepreči prenos SARS-CoV-2 prek prezračevalnih sistemov. Čiščenje kanalov ni učinkovita zaščita pred okužbo iz prostora v prostor, ker prezračevalni sistem ni vir kontaminacije, če sledimo predhodnim napotkom o vračanju toplote in recirkulacije. Virusi, pritrjeni na majhne delce, se ne odlagajo zlahka v prezračevalnih kanalih in jih običajno tok zraka odstrani^{xlvi}. Zato niso potrebne nobene spremembe pri običajnih postopkih čiščenja in vzdrževanja kanalov. Veliko bolj pomembno je povečati dovod (vtok) svežega zraka ter se izogibati recirkulaciji zraka v skladu s predhodnimi priporočili.

4.8 Dodatne menjave zunanjih zračnih filtrov niso potrebna

V kontekstu COVID-19 so bila vprašanja, ali je treba filtre zamenjati in kakšen je zaščitni učinek v zelo redkih primerih onesnaženja z virusom na prostem, na primer, če so izpusti zavrženega (odpadnega) zraka blizu dovodnim (vtočnim) odprtina zrak. Sodobni prezračevalni sistemi (klimatske naprave) so opremljeni s finimi zunanjimi zračnimi filtri takoj po dovodu zunanjega zraka (razred filtrov F7 ali F8⁵ ali ISO ePM2.5 ali ePM1), ki dobro filtrirajo trdne delce iz zunanjega zraka. Velikost najmanjših virusnih delcev v dihalnih aerosolih je približno 0,2 µm (PM0,2), manjša od

⁵ Zastarela klasifikacija filtrov EN 779:2012, ki jo nadomešča EN ISO 16890-1:2016, Zračni filtri za splošno prezračevanje - 1. del: Tehnične specifikacije, zahteve in sistem klasifikacije, ki temelji na učinkovitosti trdnih delcev (ePM).

površine zajema filtrov F8 (učinkovitost zajema 65-90 % za PM1). Kljub temu je večina virusnega materiala že na območju zajemanja filtrov. To pomeni, da v redkih primerih z onesnaženim virusom zunanji zrak standardni fini zunanji zračni filtri zagotavljajo primerno zaščito pred nizko koncentracijo in občasnim pojavljanjem virusnega materiala v zunanjem zraku.

Elementi za rekuperacijo in recirkulacijo toplote so opremljeni z manj učinkovitimi srednjimi ali grobi filtri za izsesavanje zraka (G4/M5 ali ISO grobi/ePM10), katerih namen je zaščititi opremo pred prahom. Ti filtri imajo zelo nizko učinkovitost zajema virusa (glejte Poglavje 4.4 za rekuperacijo toplote in 4.5 za recirkulacijo).

Z vidika zamenjave filtra je mogoče uporabiti običajne postopke vzdrževanja. Zamašeni filtri v tem kontekstu niso vir kontaminacije, vendar zmanjšujejo dovod (vtok) zraka, kar negativno vpliva na onesnaženje v zaprtih prostorih. Filtre je treba zamenjati po običajnem postopku, ko so preseženi tlak ali časovne omejitve, ali glede na načrtovano vzdrževanje. Za zaključek ne priporočamo menjave obstoječih zunanjih zračnih filtrov z nadomeščanjem z drugimi vrstami filtrov, niti ne priporočamo, da jih zamenjate prej kot običajno.

4.9 Varnostni postopki za vzdrževalno osebje

Vzdrževalno osebje za HVAC je lahko v nevarnosti za okužbo, če filtri (zlasti filtri za odtok zraka) ne bodo zamenjani v skladu s standardnimi varnostnimi postopki. Če želite biti na varni strani, vedno predvidevajte, da imajo filtri na sebi aktivne mikrobiološke snovi, vključno z živimi virusi. To je še posebej pomembno v vsaki stavbi, saj je pred kratkim prišlo do okužbe. Filtre je treba zamenjati, ko sistem ne obratuje, z rokavicami in z zaščito dihal, ki se jih odloži v zapečateni vrečko.

4.10 Sobni čistilci za zrak in UVGI so lahko uporabni v posebnih primerih

Sobni čistilci zraka učinkovito odstranjujejo delce iz zraka, kar zagotavlja podoben učinek kot prezračevanje. Za učinkovito delovanje morajo čistilci zraka imeti vsaj učinkovitost HEPA filtrov. Na žalost večina cenjenih sobnih čistilcev zraka ni dovolj učinkovita. Naprave, ki uporabljajo principe elektrostatične filtracije namesto HEPA filtrov (ki niso enaki sobnim ionizatorjem!). Pogosto delujejo s podobno učinkovitostjo. Ker je pretok zraka skozi čistilce zraka omejen, je uporabna površina, ki jo čistilci pokrivajo, po navadi majhna. Za izbiro čistilnika zraka prave velikosti mora biti zmogljivost pretoka zraka v enoti (pri sprejemljivi ravni hrupa) najmanj 2 ACH (zamenja se dvakratnik količine zraka v prostoru na uro) in bo imela pozitiven učinek do 5 ACH^{xlvii} (izračunajte stopnjo pretoka zraka skozi čistilnik zraka v m³/h pomnožite prostornino prostora z 2 ali 5). Če se čistilci zraka uporabljajo v velikih prostorih, jih je treba postaviti blizu ljudi v prostoru in jih ne smete postavljati v kot ali izven vidnega polja. Posebna oprema za dezinfekcijo UVGI se lahko namesti v povratne zračne kanale v sistemih z recirkulacijo ali v prostoru, deaktivirajo viruse in bakterije. Takšno opremo, ki se večinoma uporablja v zdravstvenih ustanovah, je treba pravilno dimenzionirati, namestiti in vzdrževati. Zato so čistilci zraka enostavni kratkoročni omilitveni ukrep, vendar pa so na dolgi rok potrebne izboljšave prezračevalnega sistema, da se dosežejo ustrezne stopnje prezračevanja na prostem.

4.11 Navodila za uporabo pokrova stranišča

Če so toaletne školjke opremljene s pokrovi, je priporočljivo, da stranišča splaknete z zaprtimi pokrovi, da se čim bolj zmanjša sproščanje kapljic in ostankov kapljic iz plinov v zrak^{xlviii,xxvi}. Uporabniki stavb morajo biti natančno poučeni, da uporabljajo pokrove. Vodna tesnila morajo delovati ves čas^{xxvii}. Redno preverjajte vodna tesnila talnih sifonov in po potrebi dodajte vodo vsaj vsake tri tedne.

4.12 Nevarnost legionele po zaustavitvi

V celotnem obdobju epidemije SARS-CoV-2 (COVID-19) se je v mnogih stavbah dolgotrajno zmanjšala uporaba ali so bile stavbe prazne. Sem spadajo na primer hoteli/letovišča, šole, športni objekti, telovadnice, bazeni, kopaljšča in številne druge vrste stavb in objektov, opremljenih s HVAC in vodnimi sistemi.

Glede na številne dejavnike, vključno s postavitvijo sistema in načrtovanjem, lahko dolgotrajna zmanjšana raba (ali brez) povzroči zasajanje vode v delih HVAC in vodnih sistemov, kar poveča tveganje za izbruh legionarske bolezni (legionellosis) ob ponovnem zagonu.

Pred ponovnim zagonom sistema je treba opraviti temeljito analizo tveganja za oceno vseh tveganj, povezanih z legionelozo. Več ustreznih organov zagotavlja informacije o povezanih ocenah tveganja in postopkih ponovnega zagona, vključno z ^{xlix}lilitiiii.

4.13 Spremljanje kakovosti zraka v prostorih (IAQ)

Tveganje za navzkrižno kontaminacijo z aerosoli je zelo veliko, kadar prostori niso dobro prezračeni. Če je za nadzor prezračevanja potrebno dejanje uporabnikov (hibridni ali naravni prezračevalni sistemi) ali v stavbi ni namenjenega prezračevalnega sistema, je priporočljivo v zasedenem območju namestiti senzorje CO₂, ki opozarjajo na premalo zračenja, zlasti v prostorih, ki se pogosto uporabljajo eno uro ali več s strani skupin ljudi, kot so učilnice, sejne sobe in restavracije. Med epidemijo je priporočljivo začasno spremeniti privzete nastavitve »semaforja«, tako da rumena/oranžna lučka (ali opozorilo) nastavi 800 ppm in rdeča lučka (ali alarm) do 1000 ppm, da sproži takojšnje delovanje, da doseže zadostno prezračevanje tudi v razmerah z zmanjšano zasedenostjo. V nekaterih primerih se lahko uporabijo samostojni senzorji CO₂ ali »semaforji CO₂«, glejte primer v [Prilogi 4](#). Včasih je morda bolje uporabiti CO₂ senzorje, ki so del spletnega senzorskega omrežja. Signali teh senzorjev lahko opozorijo stanovalce stavb na uporabo oken z možnostjo odpiranja in mehanskih prezračevalnih sistemov z več nastavitvami na pravilen način. Uporabniki lahko shranijo podatke in upravljavcem stavb zagotovijo tedenske ali mesečne podatke, tako da vedo, kaj se dogaja v njihovi stavbi in prostorih z visoko koncentracijo, da jim je v pomoč pri prepoznavanju tveganj okužb.

5. Povzetek praktičnih ukrepov za obratovanje stavbnih sistemov med epidemijo

1. Zagotovite ustrezno prezračevanje prostorov z zunanjim zrakom.
2. Vključite prezračevanje z nazivno hitrostjo vsaj 2 uri pred odpiranjem stavbe in ga nastavite na nižjo hitrost 2 uri po času uporabe stavbe.
3. Prenastavitve prezračevanje, ki deluje na podlagi potreb tako, da bo deloval z nazivno hitrostjo.
4. Redno odpirajte okna (tudi v mehansko prezračenih stavbah).
5. Zagotavljajte prezračevanje stranišč z nazivnimi pretoki podobno kot glavni prezračevalni sistem.
6. Izogibajte se odprtim oknom v straniščih, da preprečite podtlak in zagotovite pravo smer zračnih tokov mehanskega prezračevanja.
7. Naročite uporabnikom stavbe, da stranišče splakujejo z zaprtim pokrovom.
8. Preklopite klimatske naprave z recirkulacijo na 100% zunanji zrak.
9. Preglejte opremo za rekuperacijo toplote in se prepričajte, da je puščanje pod nadzorom.
10. Poskrbite za ustrezno prezračevanje z zunanjim zrakom v prostorih z ventilatorskimi konvektorji ali split enotami. Ne spreminjajte nastavitve ogrevanja, hlajenja in morebitnih nastavitvev vlaženja.
11. Izvedite načrtovano čiščenje kanalov kot običajno (dodatno čiščenje ni potrebno).
12. Zamenjajte centralni zunanji zrak in odsesavajte zračne filtre, kot je običajno, v skladu z načrtom vzdrževanja.
13. Redna menjava in vzdrževanje filtrov se izvajata z zaščitnimi ukrepi, vključno z zaščito dihal.
14. Uvedite omrežje senzorjev IAQ (CO₂), ki uporabnikom in vzdrževalcem omogoča spremljanje, da prezračevanje deluje pravilno.

Priloga 1: Ocena tveganja za prenos po zraku in daljnosežni ukrepi za zmanjšanje širjenja virusnih bolezni v stavbah prihodnost z izboljšanimi prezračevalnimi sistemi

1. Uvod

Ta priloga povzema razpoložljive informacije o stopnjah prezračevanja in predstavlja metodo za oceno tveganja navzkrižne okužbe, ki se lahko uporablja za tipične prostore v ne stanovanjskih stavbah. Razpoložljive informacije o COVID-19 omogočajo trditev, da je bil prenos te bolezni povezan z neposredno bližino (za katero prezračevanje ni rešitev) in s prostori, ki so preprosto neustrezno prezračevani. Slednje potrjujejo dokazi z dogodkov kjer se je okužilo veliko ljudi, pri katerih je bilo prezračevanje z zunanjim zrakom le 1-2 L/s na osebo^{xvii, xviii}, kar je za 5-10 krat nižje od običajno priporočenih 10 L/s na osebo v obstoječih standardih. Vprašanje, koliko prezračevanja bi bilo potrebno za bistveno zmanjšanje prenosa SARS-CoV-2 po zraku in kateri drugi dejavniki, kot so porazdelitev zraka in velikost prostora, je obravnavano v naslednjih odstavkih. Pomembno je razumeti, da ta tema vključuje visoke negotovosti glede na trenutno znanje a znanstveni razvoj lahko hitro zagotovi nove informacije. Področje uporabe tega dodatka velja samo za zmanjšanje prenosa po zraku na velike razdalje, zato obravnavane prezračevalne rešitve ne vplivajo na bližnji način prenosa (1-2 m) v neposrednem stiku in površinskem stiku.

2. Stopnja prezračevanja, velikost sobe in vplivi aktivnosti na tveganje za okužbo

Kot je razloženo v [Poglavju 2](#), je nadzor nad koncentracijo aerosola, ki vsebuje virus, na razdalji več kot 1,5 m od okužene osebe odvisen od sistema prezračevanja. Skupna doza izpostavljenosti virusu (na primer pri skupni uporabi sobe z nekom okuženim), je enak produktu koncentracije in časa. Da bi zmanjšali dozo in tveganje za okužbo, je treba povečati prezračevanje in skrajšati čas zasedenosti. V obstoječih prezračevalnih sistemih običajno ni mogoče znatno povečati hitrosti ventilatorja, zato lahko sistem doseže zmogljivost, za katero je dimenzioniran. Včasih je mogoče skupni pretok zraka povečati za 10-20 % in z morebitnim uravnoteženjem pomembno več v določenih prostorih. Drugi ukrepi za izboljšanje so omejeni na ukrepe, opisane v [Poglavju 4.1](#).

S pravnega vidika mora stopnja prezračevanja z zunanjim zrakom izpolnjevati vsaj nacionalne minimalne zahteve, določene v lokalni gradbeni zakonodaji ali drugih predpisih (ki lahko vključujejo tudi posebne predpise za COVID-19). Če nacionalni predpisi o prezračevanju ne obstajajo, bodo običajno lokalni gradbeni zakoni vedno vsebovali določbo o "dobri gradbeni praksi", ki se nanaša na uporabo nacionalnih, evropskih ali mednarodnih standardov in smernic. Tipično dimenzioniranje v skladu z ISO 17772-1:2017 in EN 16798-1:2019 ima za posledico privzeto kategorijo notranjega okolje II t.j. 1,5-2 L/s na m² uporabne površine (10-15 L/s na osebo) stopnje zunanjega pretoka zraka v pisarnah in do približno 4 L/s na m² uporabne površine (8-10 L/s na osebo) v sejnih sobah in učilnicah.

Izboljšanje prezračevanja v obstoječih ali novih stavbah odpira vprašanje: Ali je stopnja prezračevanja kategorije II dovolj ali je za zmanjšanje tveganja navzkrižne okužbe potrebno več prezračevanja s svežim zrakom? V teh standardih tveganje za okužbo trenutno ni obravnavano kot merilo zasnove. Po drugi strani pa je tveganje navzkrižne okužbe dobro znano in se uporablja pri načrtovanju bolnišničnih zgradb, kjer vodi do prezračevanja s hitrostjo 6-12 ACH (glej [Prilogo 3](#)). Bolnišnični prezračevalni sistemi so dobro delovali v pogojih COVID-19, saj so bile navzkrižne okužbe pod nadzorom, kar dokazuje, da lahko prezračevanje z visoko zmogljivostjo ohranja koncentracijo aerosola na nizki ravni. V ne bolnišničnih zgradbah je očitno nižja stopnja emisij in manjše število okuženih na tlorisno površino. Torej bi lahko bila nižja stopnja prezračevanja kot v bolnišnicah, na primer stopnja prezračevanja kategorije I, izhodišče za zmanjšanje tveganja. Omeniti je treba tudi, da 4 L/s na m² uporabne površine v sejnih sobah in učilnicah ustreza 5 ACH in ni veliko nižje od stopnje izmenjave zraka v bolniških sobah z varnostnimi ukrepi pred prenosom po zraku.

Tveganje za okužbo je mogoče izračunati za različne dejavnosti in prostore z uporabo standardnega Wells-Rileyjevega modela za prenos bolezni po zraku, kalibriranega na COVID-19 s pravilno jakostjo vira, tj. Stopnjo emisij kvant. V tem modelu se izpuščena virusna obremenitev izrazi s stopnjo emisije

kvante (E , kvante/h). Kvant je opredeljen kot odmerek kapljičnih jeder, potrebnih za povzročitev okužbe pri 63 % dovzetnih oseb. Pri modelu Wells-Riley je verjetnost okužbe (p) povezana s številom vdihanih kvant (n) v skladu z enačbo (1)^{xi}:

$$p = 1 - e^{-n} \quad (1)$$

Vdihane kvante (n , kvante) so odvisne od časovno povprečne koncentracije kvant (C_{avg} , kvante/m³), količine dihanega zraka človeka v prostoru (Q_b , m³/h) in trajanja zasedenosti (D , h):

$$n = C_{avg} Q_b D \quad (2)$$

Koncentracija kvant v zraku se s časom povečuje od začetne vrednosti nič po obliki "ena minus eksponentna", kar je standardni dinamični odziv popolnoma mešane notranje prostornine za konstanten vhodni vir. Za izračun koncentracije se lahko uporabi popolnoma mešan model materialne bilance prostora (enačba (3)):

$$\frac{dC}{dt} = \frac{E}{V} - \lambda C \quad (3)$$

kjer

E Emisija kvant (kvant/h);

V prostornina prostora (m³);

λ koeficient izgube prvega redaⁱ za kvante/h zaradi seštetih učinkov prezračevanja (λ_v , 1/h), odlaganje na površine (λ_{dep} , 1/h), razpad virusa (k , 1/h) in filtriranje s prenosnim čistilnikom zraka, če se uporablja ($k_{filtration}$, 1/h), $\lambda = \lambda_v + \lambda_{dep} + k + k_{filtration}$;

C časovno odvisna koncentracija nalezljivih kvant v zraku (kvant/m³).

Izgube zaradi odlaganja na površine se lahko uporabi 0.3 1/h na podlagi podatkov Thatcherⁱⁱ in Diapouliⁱⁱⁱ. Za razpad virusa je Fears^{iv} pokazal da ni razpada v aerosolu z virusom 16 ur pri 53% RH, toda Van Doremalen^v je ocenil razpolovno dobro v zraku za SARS-CoV-2 na 1.1 h, kar je enako stopnji razpada 0.63 1/h. Povprečna vrednost teh dveh študij je 0.32 1/h.

Pri prenosnih čistilnikih zraka je stopnja odstranjevanja ($k_{filtracija}$) odvisna od hitrosti pretoka zraka skozi HVAC filter (Q_{filter}) in učinkovitosti odstranjevanja filtra (η_{filter}):

$$k_{filtration} = \frac{Q_{filter} \eta_{filter}}{V} \quad (4)$$

Za prenosne čistilce z visoko učinkovitim filtrom za delce (HEPA), Stopnja dovoda čistega zraka (CADR, m³/h) je na voljo in stopnja odstranitve filtracije se lahko izračuna kot $k_{filtration} = CADR/V$. Upoštevati je treba, da sta učinkovitost odstranjevanja filtrov in CADR odvisna od velikosti delcev. Te parametre je treba oceniti na podlagi porazdelitve velikosti delcev, ki vsebujejo virus. Primeri za izračun v nadaljevanju so izvedeni brez čistilcev zraka.

Ob predpostavki, da je koncentracija kvantov na začetku zasedenosti 0, je enačba (3) rešena in povprečna koncentracija določena na naslednji način:

$$C(t) = \frac{E}{\lambda V} (1 - e^{-\lambda t}) \quad (5)$$

$$C_{avg} = \frac{1}{D} \int_0^D C(t) dt = \frac{E}{\lambda V} \left[1 - \frac{1}{\lambda D} (1 - e^{-\lambda D}) \right] \quad (6)$$

kjer

t čas (h).

Primere za izračun lahko najdemo v člankih, ki analizirajo dogodek Chorale v dolini Skagit in stopnje generiranja kvantov za SARS-CoV-2. Stopnje emisij kvant se spreminjajo v širokem razponu od 3 do 300 kvant/h, odvisno od dejavnosti, tako da višje vrednosti veljajo za glasno govorjenje, kričanje in petje ter tudi za višje stopnje metabolizma, kot je prikazano v *Tabeli 1*. Volumetrične stopnje dihanja so odvisne od dejavnosti, kot je prikazano v tabeli

| Aktivnost | Intenzivnost kvanta emisij kvanto/h |
|--|-------------------------------------|
| Počitek, dihanje skozi usta | 3,1 |
| Težka aktivnost, , dihanje skozi usta | 21 |
| Lahka aktivnost, govorjenje | 42 |
| Lahka aktivnost, petje (ali glasno govorjenje) | 270 |

Table 1. 85. percentila stopnje emisij za različne dejavnosti^v.

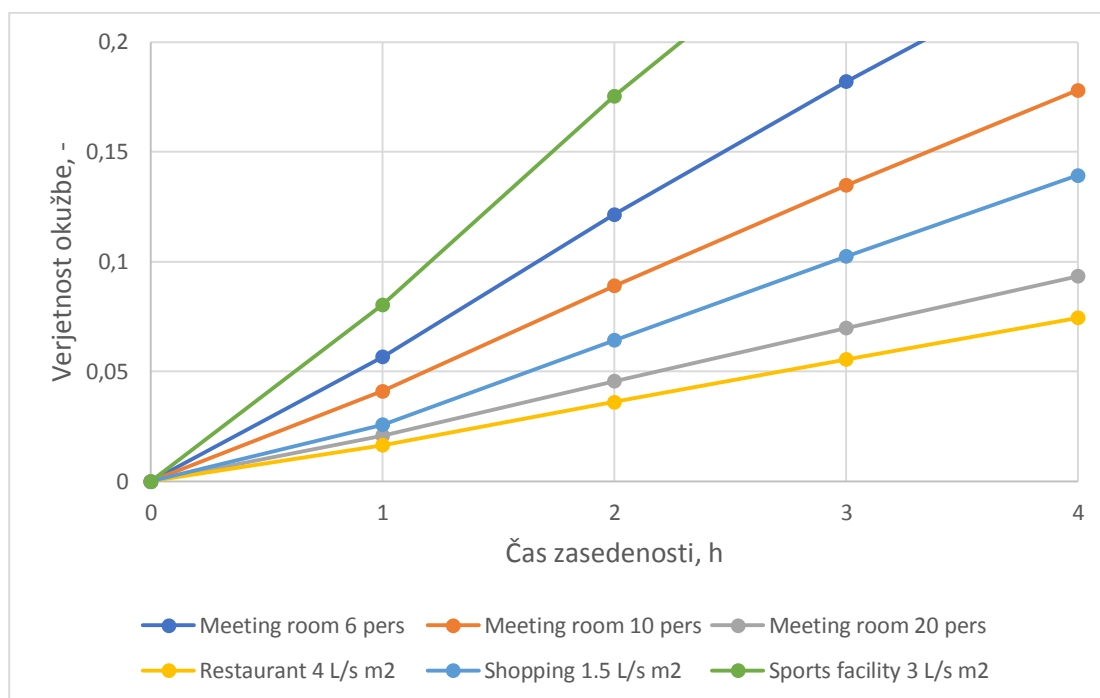
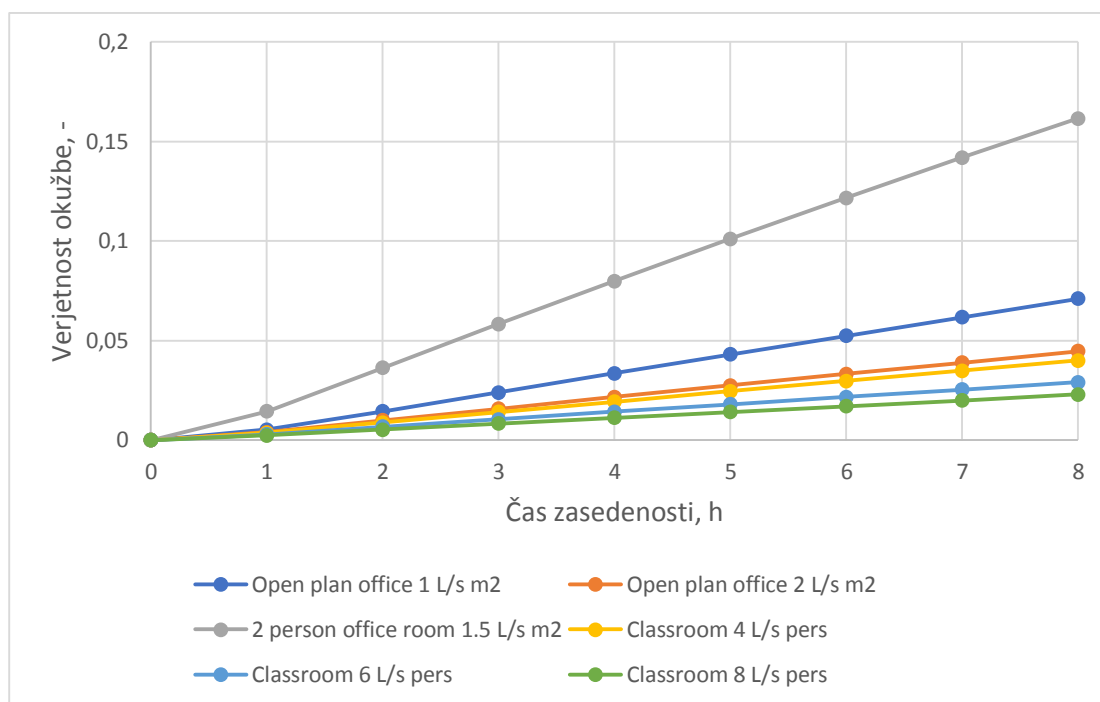
| Aktivnost | Hitrost dihanja, m ³ /h |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Stoječe (pisarna, učilnica) | 0,54 |
| Govorjenje (sejna soba, restavracija) | 1,1 |
| Lahka rekreacija (nakupovanje) | 1,38 |
| Težka rekreacije (športi) | 3,3 |

Table 2. Volumetrične hitrosti dihanja^{vvi}.

Čeprav vrednosti emisij kvant/h za SARS-CoV-2 vključujejo nekatere negotovosti, je že mogoče izračunati ocene tveganja okužbe in opraviti primerjave učinka prezračevanja in parametrov prostora. Rezultati takih izračunov so prikazani na *Sliki 6* za pogosto uporabljene stopnje prezračevanja in prostore. Predpostavlja se, da je v vseh izračunanih prostorih ena okužena oseba. Uporabljene so bile naslednje časovno povprečene stopnje emisij, izračunane iz dejavnosti, prikazanih v *Tabeli 1*: 5 kvant/h za pisarniško delo in zasedenost učilnic, 15 kvant/h za restavracijo, 10 kvant/h za nakupovanje, 21 kvant/h za šport in 19 kvant/h za sejne sobe. Medtem ko so bile značilne stopnje okužbe s COVID-19 v splošni populaciji 1: 1.000 ali 1:10.000, domneva, da je v sobi, ki jo uporablja npr. 10 (pisarna), 25 (šola) ali 100 oseb (restavracija) samo ena okužena oseba, je zelo verjetna.

Ocena tveganja, prikazana na *Sliki 6.*, pripomore k celovitejšemu razumevanju, kako lahko aerosole, obremenjene z virusi, odstranimo s prezračevanjem. Rezultati kažejo, da je pri stopnjah prezračevanja kategorije II v skladu z ISO 17772-1:2017 in EN 16798-1:2019 verjetnost okužbe razmeroma nizka (pod 5 %) za pisarne odprtega tipa, učilnice, dobro prezračene restavracije, in na kratko največ 1,5-urni nakupovalni izleti ali sestanki v veliki sejni sobi. Majhne pisarniške sobe, ki jih zasedajo 2-3 osebe, in majhne sejne sobe kažejo večjo verjetnost okužbe, saj je tudi v dobro prezračevanih majhnih prostorih pretok zraka na okuženega veliko manjši kot v velikih sobah. Zato bi lahko v epidemičnih razmerah majhne prostore varno zasedla samo ena oseba. V normalno prezračevanih prostorih, v katerih je ena oseba, sploh ni tveganja za okužbo zaradi odsotnosti vira emisij. V pisarni odprtega tipa je zelo vidna razlika med 1 L/s m² in 2 L/s m² stopnje prezračevanja

(upoštevajte, da je 1 L/s m² pod zahtevo standarda). Govorne in pevske dejavnosti so povezane z visokim ustvarjanjem kvant, a tudi fizične vaje povečajo nastajanje kvant in hitrost dihanja, kar neposredno vpliva na odmerek. Tako so številni notranji športni objekti (razen bazenov in velikih dvoran) prostori z večjo verjetnostjo okužbe, če niso posebej zasnovani za visoko stopnjo prezračevanja s svežim zrakom.



Slika 1. Ocena nevarnosti okužbe za nekatere običajne nestanovanjske prostore in stopnje prezračevanja, izračunane s prezračevalnim kalkulatorjem REHVA COVID-19. V pisarniški sobi za 2 osebi 16 m² se uporablja stopnja prezračevanja 1,5 L/s na m², v sejnih sobah pa 4 L/s na m². Podrobni vhodni podatki so navedeni v tabeli 3.

Potek dela izračuna verjetnosti okužbe je prikazan v Tabeli 3. Skupna stopnja pretoka zraka je izračunana kot zmnožek L/s prezračevanja glede na površino tal in površine tal, zato večja kot je soba, večja je skupna hitrost pretoka zraka na okuženo osebo (v vseh sobah je predvidena 1 okužena oseba). Treba je opozoriti, da število ljudi nima vpliva, ker se izračuna na okuženo osebo. Višina

prostora (prostornina) je pomembna za razvoj koncentracije, tako da se vir E vklopi v času $t = 0$ in koncentracija začne naraščati. Pri izračunu je bila upoštevana 8-urna zasedenost in povprečna koncentracija je precej blizu stanju dinamičnega ravnovesja, saj je vrednost v oklepajih v vseh primerih višja od 0,9 (1,0 bo ustrezalo stanju dinamičnega ravnovesja).

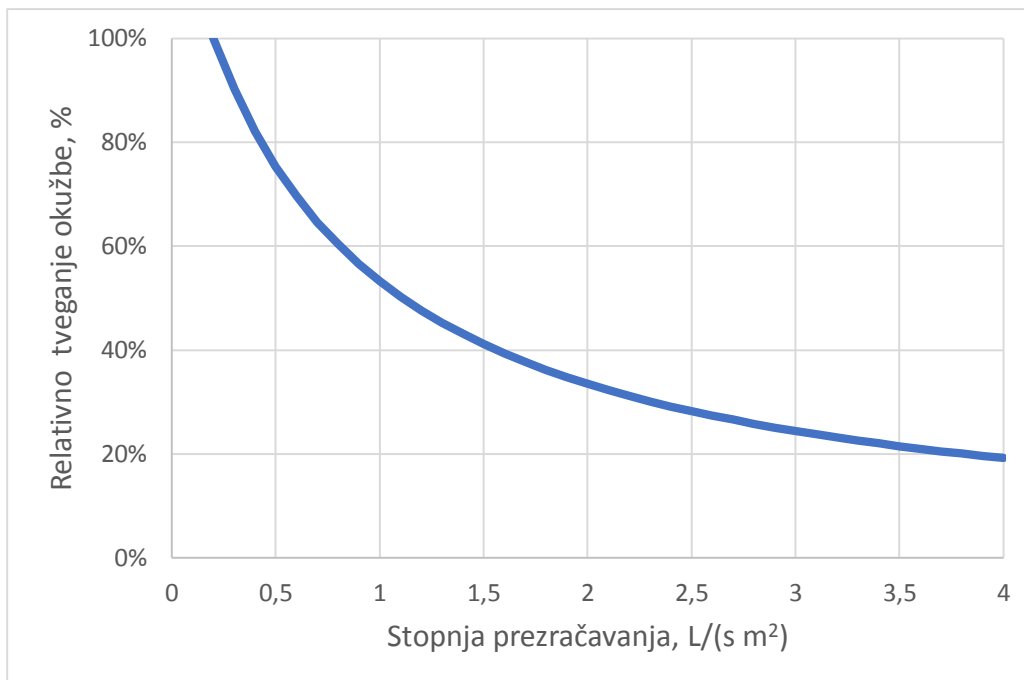
| Case Specific Input Parameters | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--------|---------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | Floor area | Height | Ventilation rate per floor area | Quanta emission rate | Breathing rate | Occupancy time | Air change rate | Total first order loss rate | Room volume | x steady state concentration | Average concentration | Quanta inhaled (dose) | Probability of infection |
| | A (m ²) | h (m) | L/(s m ²) | quanta/h | m ³ /h | Δt (h) | k _{ven} (h ⁻¹) | k _{tot} (h ⁻¹) | V (m ³) | ∏ | quanta/m ³ | quanta | - |
| Open plan office 1 L/s m ² | 50 | 3 | 1 | 5 | 0.54 | 8 | 1.2 | 1.82 | 150 | 0.93 | 0.02 | 0.07 | 0.071 |
| Open plan office 2 L/s m ² | 50 | 3 | 2 | 5 | 0.54 | 8 | 2.4 | 3.02 | 150 | 0.96 | 0.01 | 0.05 | 0.045 |
| 2 person office 1.5 L/s m ² | 16 | 3 | 1.5 | 5 | 0.54 | 8 | 1.8 | 2.42 | 48 | 0.95 | 0.04 | 0.18 | 0.162 |
| Meeting room 6 pers | 18 | 3 | 4 | 19 | 1.1 | 8 | 4.8 | 5.42 | 54 | 0.98 | 0.06 | 0.56 | 0.428 |
| Meeting room 10 pers | 25 | 3 | 4 | 19 | 1.1 | 8 | 4.8 | 5.42 | 75 | 0.98 | 0.05 | 0.40 | 0.331 |
| Meeting room 20 pers | 50 | 3 | 4 | 19 | 1.1 | 8 | 4.8 | 5.42 | 150 | 0.98 | 0.02 | 0.20 | 0.182 |
| Classroom 4 L/s pers | 56 | 3 | 2 | 5 | 0.54 | 8 | 2.4 | 3.02 | 168 | 0.96 | 0.01 | 0.04 | 0.040 |
| Classroom 6 L/s pers | 56 | 3 | 3 | 5 | 0.54 | 8 | 3.6 | 4.22 | 168 | 0.97 | 0.01 | 0.03 | 0.029 |
| Classroom 8 L/s pers | 56 | 3 | 4 | 5 | 0.54 | 8 | 4.8 | 5.42 | 168 | 0.98 | 0.01 | 0.02 | 0.023 |
| Restaurant 4 L/s m ² | 50 | 3 | 4 | 15 | 1.1 | 8 | 4.8 | 5.42 | 150 | 0.98 | 0.02 | 0.16 | 0.147 |
| Shopping 1.5 L/s m ² | 50 | 3 | 1.5 | 11 | 1.38 | 8 | 1.8 | 2.42 | 150 | 0.95 | 0.03 | 0.32 | 0.272 |
| Sports facility 3 L/s m ² | 50 | 3 | 3 | 21 | 3.3 | 8 | 3.6 | 4.22 | 150 | 0.97 | 0.03 | 0.85 | 0.573 |

Tabela 3. Potek izračuna verjetnosti okužbe za primere na Sliki 6.

Pomembno je razumeti omejitve izračuna verjetnosti:

- Rezultati so občutljivi na stopnje emisij kvant, ki se lahko spreminjajo v velikem obsegu, kot je prikazano v Tabeli 1. Negotovost teh vrednosti je velika. Verjetno obstajajo tudi super razpršilci, ki so manj pogosti, vendar imajo lahko višje stopnje emisij (kot v primeru zbora^{lviii}). Zaradi tega so absolutne verjetnosti okužbe negotove in boljše je pogledati vrstni red (tj. Ali je tveganje reda 0,1 % ali 1 % ali 10 % ali se približuje 100 %). Relativni učinek nadzornih ukrepov je mogoče boljše razumeti iz tega izračuna glede na trenutno stanje znanja;
- izračunana verjetnost okužbe je statistična vrednost, ki velja za veliko skupino oseb, vendar so razlike v individualnem tveganju lahko velike, odvisno od osebnega zdravstvenega stanja in občutljivosti posameznika;
- Predpostavka popolnega mešanje ustvarja novo negotovost, ker v velikih prostorih z visokim stropom koncentracija virusa ni nujno enaka po celotni prostornini prostora. Pri izračunu se za pisarno odprtega tipa uporablja 50 m² tlorisne površine. Na splošno je mogoče do 4 m visoke prostore z največjo prostornino 300 m³ pričakovati dobro mešanje; vendar je potrebno natančneje simulirati koncentracije z analizami CFD. Včasih lahko učinki termičnega dviga iz ljudi poskrbijo za dodatno mešanje v visokih prostorih, kot so gledališča ali cerkve.

Te omejitve in negotovosti pomenijo, da lahko izračun namesto napovedovanja absolutnega tveganja za okužbo primerja relativno učinkovitost rešitev in strategij prezračevanja, da podpre najprimernejšo izbiro. Model izračuna lahko pokaže, katera strategija ponuja najmanj obremenitve za neokužene osebe. Model je mogoče uporabiti za prikaz prostorov z nizkim in visokim tveganjem v obstoječih stavbah, kar je zelo koristno pri oceni tveganja, kako je treba stavbe uporabljati med izbruhom. Rezultate izračuna je enostavno pretvoriti v obliko relativnega tveganja. Na Sliki 7 je to storjeno za pisarno odprtega tipa, kjer se stopnja prezračevanja 2 L/s na osebo (0,2 L/s na m²) z gostoto prebivalstva 10 m² na osebo šteje za 100 % relativno stopnjo tveganja. Ta stopnja prezračevanja, ki znaša polovico absolutnega minimuma 4 L/s na osebo, se lahko uporablja za opis dogodkov super prenašanja. Rezultati na Sliki 7 kažejo, da bo skupna hitrost prezračevanja 2 L/s na m² zmanjšala relativno tveganje na 34 %, podvojitve te vrednosti na 4 L/s na m² pa relativno manjše nadaljnje zmanjšanje na 19 %.



Slika 2. Relativno tveganje v pisarni odprtega tipa s površino 50 m², pri čemer se 2 L/s na osebo (0,2 L/s na m²) stopnja prezračevanja šteje kot referenčna raven za dogodek super širjenja s 100-odstotnim relativnim tveganjem.

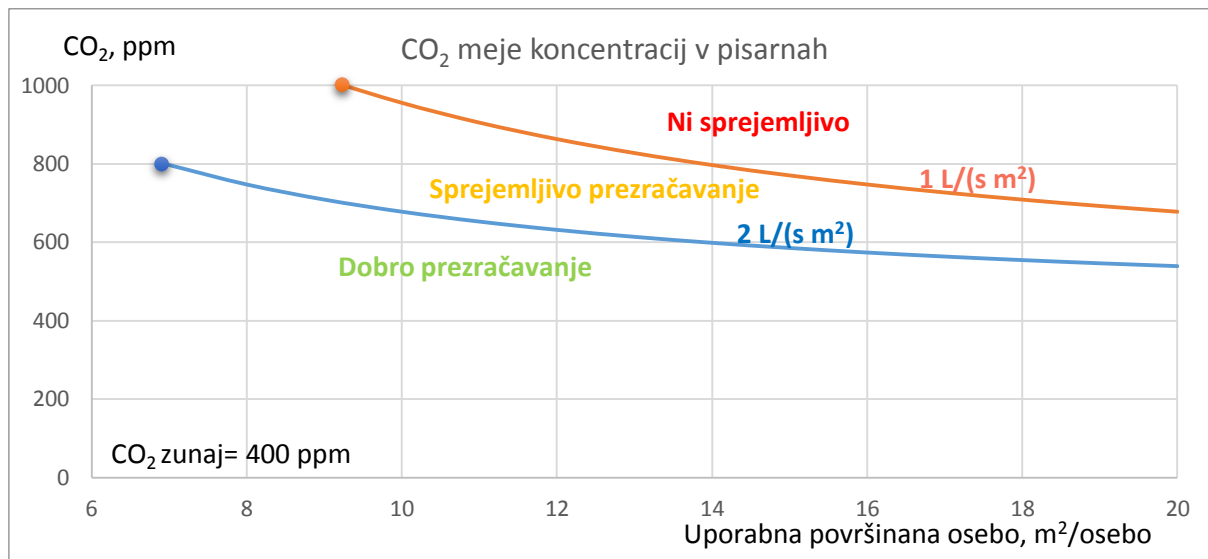
Slika 7 omogoča oceno, kakšna je razlika med stopnjami prezračevanja kategorije II in I. Z gostoto ljudi 10 m² na osebo stopnja pretoka zraka v kategoriji II oziroma I postane 2,0 L/s na m², če upoštevamo materiale z niskimi onesnaževalci. Tako prezračevanje kategorije II povzroči 43 % relativno tveganje, kategorija I pa 34 %, kar kaže na znatno izboljšanje, saj ima krivulja v tem območju precej globok naklon.

3. Koncentracija CO₂ kot indikator prezračevanja

Enostaven način spremljanja učinkovitosti prezračevanja je uporaba senzorjev CO₂, kot je priporočeno v [Poglavju 4.13](#). Odčitki CO₂ opisujejo stopnjo zunanega prezračevanja pod normalno gostoto ljudi. Ko ljudje vstopijo v sobo, traja nekaj časa, preden koncentracija naraste in doseže vrednost v stanju dinamičnega ravnovesja. V dobro prezračevanih prostorih se koncentracija CO₂ hitro poveča, v sejnih sobah in učilnicah v 30 minutah in v pisarnah manj kot v eni uri. Natančneje, hitrost rasti koncentracije je odvisna od časovne konstante sobne, ki je recipročna stopnji izmenjav zraka (63 % spremembe koncentracije se zgodi v 1 časovni konstanti in 95 % v 3 časovnih konstantah). Tako odčitki CO₂ zagotavljajo zanesljiv prikaz zadostnosti prezračevanja po nekaj časovnih konstantah.

Pri enaki stopnji izmenjav zraka je koncentracija CO₂ nižja, če je zasedenost zmanjšana, na primer zaradi fizičnega oddaljevanja ali administrativnih ukrepov. Odvisnost koncentracije CO₂ od gostote ljudi je prikazana na *Sliki 8* za pisarno z dvema izmenjavama zraka. 2 L/s na m² prezračevanja ustreza dobri praksi notranje klime kategorije I, ki lahko ohrani koncentracijo CO₂ pod 800 ppm, če je na človeka vsaj 7 m² talne površine. V primeru manjše hitrosti prezračevanja 1 L/s na m² je za vzdrževanje koncentracije CO₂ pod 1.000 ppm potrebno vsaj 10 m² na osebo.

Pri CO₂ je bistvo, da visok CO₂ brez dvoma kaže na slabo prezračevanje. Nizek CO₂ je dober, vendar to ni samo po sebi potrditev majhnega tveganja za prenos aerosola; upoštevati je treba tudi gostoto bivanja, trajanje zasedenosti in velikost sobe.

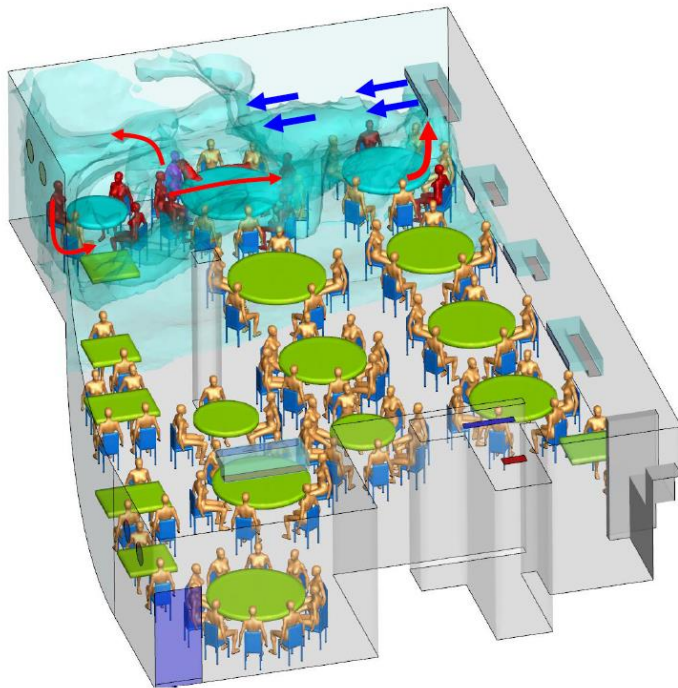


Slika 3. CO₂ koncentracija (absolutne vrednosti, ki vključujejo koncentracijo na prostem) odvisnost od hitrosti prezračevanja in zasedenosti pisarn.

4. Razmnoževanje in širjenje z zračnimi tokovi, usmerjenimi proti osebi

Medtem ko se gibanje zraka običajno obravnava kot preprih, ki je lokalna težava povezana s toplotnim neugodjem, lahko v sobah z okuženo osebo to dobi nov pomen. Zaradi študij restavracije v Guangzhouju in nekaterih prejšnjih okužb na letalih je pojav širjenja z gibanjem zraka dobro znan. Močan proti okuženi osebi usmerjen zračni tok lahko prenaša malo razredčen virusni material proti občutljivi osebi v zelo visokih koncentracijah, kar lahko virus širi znotraj določenega dela prostora, kot je prikazano na Sliki 9. ECDC naslavlja to možnost (glej [Poglavje 3](#)) in zaključuje, da »pretok zraka, ki ga ustvarjajo klimatske naprave, lahko olajša širjenje kapljic, ki jih okuženi ljudje izločijo na večje razdalje v notranjih prostorih.« Vendar v tem konkretnem primeru ni znano, kakšen je bil relativni prispevek usmerjenega zračnega pretoka split enote in slabega prezračevanja k okužbam v restavraciji v Guangzhouju. Znan je le skupni učinek teh dveh dejavnikov in dejstvo, da je bilo prezračevanje zanemarljivo, saj je znašalo le približno 1 L/s na osebo. To kaže, da je bila zelo nizka raven prezračevanja verjetno glavni vzrok za izbruh v restavraciji.

Čeprav v tem konkretnem primeru verjetno ne bo največ prispevala klimatska naprava, bi bilo treba vprašanje usmerjenega pretoka zraka v prihodnosti jemati resno pri načrtovanju distribucije. Rešitve za distribucijo zraka z nizko hitrostjo, ki ne vzpostavljajo močnih zračnih tokov ali preprih, so že splošno dostopne in bi jih bilo treba zdaj uporabljati širše.



Slika 4. CFD simulirana distribucija zraka s split enoto v restavraciji Guangzhou^{xvii}. Indeksna oseba je prikazana z magenta modro in devet okuženih z rdečo. (Slika: vljudnost Yuguo Li)

Porazdelitev zraka lahko odločilno vpliva na koncentracijo virusnega materiala v zraku v sobi. Lokalno lahko izjemno zmanjša ali poveča koncentracijo. Številni članki kažejo, da je predpostavka, da je dobro premešan zrak v prostoru, v mnogih primerih prevelika poenostavitev, ki ne velja, ko gre za koncentracije delcev in aerosola. Povečanje hitrosti prezračevanja lahko v nekaterih primerih celo poveča koncentracijo v območju dihanja zaradi neugodnega razvoja zračnega toka. Takšni dokazi so navedeni za nekatere spodrivne in talne sisteme^{viiiix}.

Na splošno je nadzor koncentracije virusnega aerosola nov vidik pri distribuciji zraka v sobi, kjer je treba virusni material iz točkovnega vira (okužena oseba z neznano lokacijo) hkrati učinkovito razredčiti in lokalno odstraniti. Zato bi bil koristen sistem za distribucijo zraka s popolnim mešanjem, ki lahko popolnoma premeša kontaminacijo iz enega točkovnega vira v velikem prostoru ter vertikalno razslojevanje in odvod, ki lahko odstrani višjo koncentracijo, preden pride do popolnega mešanja. Poleg tega so lahko uporabne rešitve za osebno prezračevanje, saj pomagajo lokalno znižati koncentracije na delovnih mestih. Nobenega očitnega načina ni, ko bi bilo mogoče kombinirati te protislovne značilnosti. Tako bi morale biti stopnja redčenja, učinkovitost odstranjevanja onesnažil in učinkovitost izmenjav zraka za vse možne vrste distribucije zraka, vključno z osebni rešitvami za prezračevanje, predmet raziskav o distribuciji zraka. Pri tem bi bilo treba upoštevati položaj enega naključno lociranega točkovnega vira namesto običajne situacije z bolj ali manj enakomerno porazdeljenimi viri emisij, razporejenimi v prostorih brez okuženih oseb.

5. Vidiki navzkrižne kontaminacije prezračevalnih in AC sistemov

Visoka raven higiene prezračevanja in strogo izogibanje navzkrižni kontaminaciji sta dobro znana vidika zasnove prezračevanja v bolnišnicah in industriji. V drugih ne stanovanjskih stavbah je vprašanje bolj špekulativno zaradi onesnažil z manjšim tveganjem in uporabe bolj ekonomičnih in energetsko učinkovitih rešitev. Potreba po bolj razširjenem nadzoru okužb pa bo sprožila nova vprašanja glede uporabe recirkulacije in potencialnih puščanj v napravah za rekuperacijo toplote ter o varni razdalji med odprtini za odvodni in dovodni zrak. Recirkulaciji se je tehnično enostavno izogniti v katerem koli podnebju, na voljo pa so tudi druge možnosti, kot so energetsko učinkovitejša rešitve za rekuperacijo toplote, hladu in vlage. Vendar bodo morda potrebne nadaljnje raziskave prenosa onesnažil. Na primer, študije prenosa onesnažil na rotorje (entalpijska kolesa) so stare več kot 20 let, morda bo treba tudi več študij o prenosu delcev in plinaste faze ter učinkih higroskopskih

prevlek. Enako velja za tehnologije za čiščenje zraka, za katere so raziskave in standardizacija v fazi razvoja.

6. Povzetek in raziskovalni program

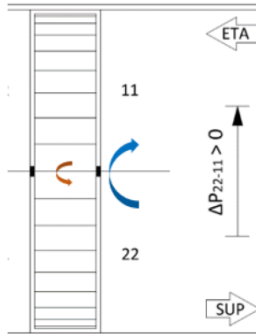
Čeprav obstaja veliko možnosti za izboljšanje prezračevalnih rešitev v prihodnosti, je treba priznati, da sedanja tehnologija in znanje že omogočata uporabo številnih prostorov v stavbah med izbruhom COVID-19, če stopnje prezračevanja ustrezajo ali v idealnem primeru presegajo obstoječe standarde in se izvede ocena tveganja navzkrižne okužbe (kot je prikazano v [Poglavju 2](#)). Glede hitrosti pretoka zraka je vedno boljše prezračevanje, vendar je za zmanjšanje koncentracije aerosola pomemben skupni pretok zraka v L/s na okuženo osebo. Zaradi tega so veliki prostori, prezračeni v skladu z veljavnimi standardi, razmeroma varni, manjši prostori, ki jih zaseda manj ljudi, in z razmeroma niskimi stopnjami pretoka zraka predstavljajo večje tveganje, tudi če so dobro prezračevani. Omejevanje števila ljudi v majhnih sobah, skrajšanje časa zasedenosti in uporaba fizične razdalje bodo v večini primerov ohranili verjetnost navzkrižne okužbe na razumni ravni. Za stavbe v prihodnje in izboljšanje prezračevanja je mogoče priporočiti stopnje prezračevanja kategorije I, saj zagotavljajo znatno zmanjšanje tveganja v primerjavi s običajnimi stopnjami pretoka zraka kategorije II.

Predlagani raziskovalni program:

- Prihodnje raziskave bi morale obravnavati vidike navzkrižne kontaminacije, distribucije zraka in zmogljivosti prezračevanja zunanjega zraka kot prvo prednostno nalogo;
- Hitre in cenovno ugodne rešitve za izboljšanje učinkovitosti prezračevanja, ki zmanjšujejo tveganje za okužbo, bi morale biti v fokusu za obstoječe stavbe (ki jih je mogoče razviti kot del energetske učinkovite nizko ogljične prenove za doseganje ciljev 2030/2050);
- Obvladovanje tveganj je mogoče izboljšati z namensko uporabo sistemov za nadzor IAQ, ki niso namenjeni samo zaznavanju situacij z visoko koncentracijo CO₂, temveč so namenjeni prevajanju trendov koncentracije CO₂ (odvisno od velikosti sobe, običajnega števila oseb, prisotnih v sobi itd.) v Wells-Riley-eve ocene tveganja okužbe;
- Agencije za financiranje raziskav in industrija bi morale vlagati v razvoj praktičnih tehničnih rešitev za zaščito pred aerosolnim prenosom nalezljivih bolezni v zaprtih prostorih, stavbah in sistemih javnega prevoza;
- Gradbene kodekse, standarde in smernice je treba revidirati in posodobiti, da se izboljša pripravljenost na prihodnje epidemije;
- Predlagani ukrepi bodo zagotavljali sočasne koristi za zmanjšanje tveganja za prenos virusnih bolezni v zraku in splošno zdravje v času med epidemijami.

Priloga 2: Pregledi za omejevanje puščanja zraka preko regenerativnih prenosnikov toplote zrak-zrak (t.i. rotorji, oz. entalpijska kolesa)

Glavni kazalnik notranjega uhajanja onesnaženega zraka, ki zapusti prostor, v dovodni zrak skozi izmenjevalec, je izražen z razmerjem prenosa odvodnega zraka (angl. Exhaust Air Transfer Ratio - EATR) v %. Kot je prikazano na *Sliki 1*, je EATR odvisen od razlike tlakov med dovodnim zrakom (p_{22}) in odvodnim zrakom za entalpijskim kolesom (p_{11}), njegova vrednost pa je odvisna od vrste tesnjenja in drugih pogojev. Ugotovljeno je, da tudi hitrost in sektor čiščenja vplivata na EATR. Glavni cilj je ohraniti nadtlak na strani dovodnega zraka in na ta način zagotoviti možno puščanje iz dovodnega v odvodni zrak (obratno pa ne t.j. EATR = 0 %). V dobro opremljenih enotah za prezračevanje (AHU) so običajno na voljo tlačna zaznavala za merjenje p_{11} in p_{22} .



Slika 10. ΔP_{22-11} v AHU

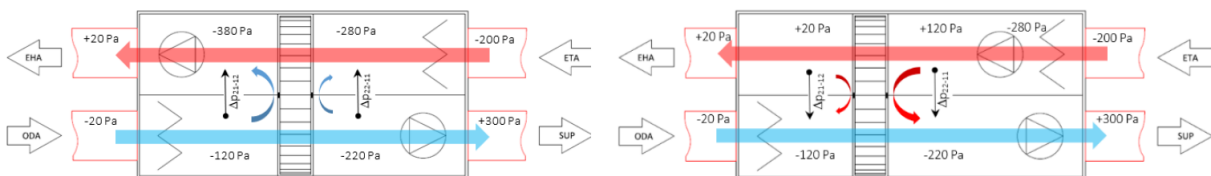
Za pravilno zasnovan, nastavljen in vzdrževan rotacijski toplotni izmenjevalnik je puščanja s patogeni onesnaženega odvodnega zraka običajno zelo malo in je v praksi zanemarljivo. Kljub temu pa je pri neustrezni postavitvi ventilatorjev v AHU ali pomanjkanju pravih tlačnih razmer lahko puščanje bistveno večje.

Ukrepi za ohranjanje nizkega puščanja odvodnega zraka

Pretek zraka skozi rotacijski izmenjevalnik je odvisen od številnih dejavnikov (opisanih spodaj). Osebe, ki upravlja stavbo, običajno ne vpliva na lokacijo ventilatorjev, vendar pa je treba med zagonom, pregledovanjem in vzdrževanjem sprejeti druge ukrepe za odpravo ali zmanjšanje puščanja.

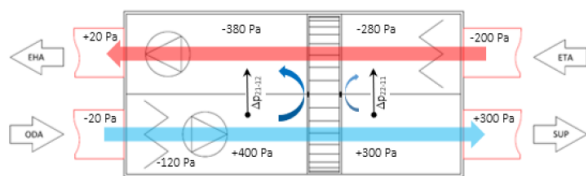
Pravilni položaj ventilatorjev

Predpogoj za ohranjanje nizkih notranjih puščanj je pravilno nameščanje ventilatorjev. Razpoložljive konfiguracije položaja ventilatorjev so prikazane na *Slikah 11-14*. Najbolj priporočljiva konfiguracija vključuje oba ventilatorja nameščena za izmenjevalnikom (glej sliko 11). V tej konfiguraciji je s pravilno uravnoteženimi tlaki ($p_{22-11} > 0$) in pravilno nastavljenim sektorjem čiščenja EATR običajno pod 1 %. Nasprotno pa najbolj neugodna konfiguracija glede uhajanja vključuje oba ventilatorja na strani prostora (glej sliko 12). V najslabšem primeru lahko za to konfiguracijo znaša EATR 10 - 20 %.

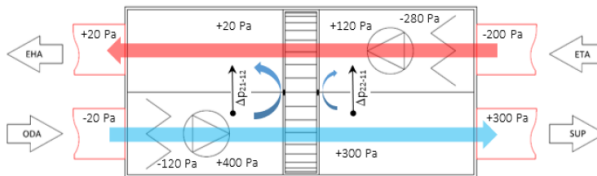


Slika 11. Najboljša konfiguracija. Oba ventilatorja za kolesom Slika 12. Oba ventilatorja na strani prostora

⁶ Eurovent priporočila 6-15. Ocena temelji na Eurovent podatkih.



Slika 13. Oba ventilatorja na zunanji strani



Slika 14. Oba ventilatorja pred izmenjavalcem

Uravnoteženje tlačne razlike

Naslednji korak za odpravo puščanja je nastavev pravilnega razmerja med tlaki p_{22} in p_{11} . Tlak p_{11} mora biti vsaj 20 Pa nižji od tlaka p_{22} . Glede na konfiguracijo ventilatorjev lahko to storite z dušenjem na naslednji način:

- Oba ventilatorja za kolesom (Slika 11): nastavite dušenje odvodnega zraka tako, da bo p_{11} postal vsaj $p_{22} - 20$ Pa. Če naprava za nastavev (npr. dušilnik) ni na voljo v AHU, jo je treba namestiti v kanalsko mrežo.
- Oba ventilatorja na strani prostora (Slika 12): V tem primeru ni možnosti uporabe dušenja.
- Oba ventilatorja na zunanji strani (Slika 13): V tem primeru ni treba uporabljati dušenja.
- Oba ventilatorja pred rotorjem (Slika 14): nastavite dušilnik v dovodnem zraku, tako da bo p_{11} vsaj $p_{22} - 20$ Pa. Če naprava za nastavev (npr. dušilnik) ni na voljo v AHU, jo je treba namestiti v kanalsko mrežo.

Pravilna uporaba sektorja čiščenja - položaj in nastavev

Sektor čiščenja je del naprave, ki lahko praktično odpravi puščanje, ki je posledica vrtenja kolesa (prenosa ujetega zraka). Njegova lega in nastavev (kot) morata biti razporejena v skladu z navodili proizvajalca, odvisno od konfiguracije ventilatorjev in tlačnih razmerij.

Učinkovito tesnilo rotorja

Tesnjenje na obodu in pri kolesu preprečuje uhajanje zraka z dovodne na odvodno stran. Tesnila so podvržena obrabi in njihovo delovanje se sčasoma poslabša. Med občasnim pregledom je treba preveriti stanje tesnil in jih po potrebi zamenjati v skladu z navodili proizvajalca.

Metoda za oceno puščanja (EATR) za teste na kraju samem

Natančen preskus notranjega uhajanja zraka mora biti opravljen v laboratoriju. Vendar osnutek novega prihajajočega standarda (prEN 308) ponuja enostavno metodo za oceno EATR z merjenjem temperature, ki se lahko izvede na kraju samem. Preskusni postopek vključuje meritve temperatur t_{11} , t_{21} in t_{22} v stanju dinamičnega ravnovesja z deaktivirano funkcijo prenosa toplote (zaustavljen rotor). Nato se EATR izračuna kot:

$$EATR = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

Kjer je,

t_{11} temperatura odpadnega zraka na dovodu;

t_{21} temperatura svežega zraka na dovodu;

t_{22} temperatura svežega zraka na odvodu.

Puščanja, povezano z vrtenjem kolesa (prenosom ujetega zraka), ni mogoče določiti s to metodo.

Priloga 3: Prezračevanje v bolniških sobah

Prezračevalni sistemi za posebne prostore za bolnike, kot so sobe za nalezljivo izolacijo v zraku (AIIR), so bili dobro razviti za nadzor tveganja okužbe⁷. Te sobe uporabljajo dva načela: s preprečevanjem širjenja mikrobov, ki se prenašajo po zraku, v sosednjih prostorih in okolici ter z zmanjšanjem količine mikrobov v zraku v bolniški sobi z učinkovitim prezračevanjem. Da bi preprečili širjenje zračnega prenosa od izvornega pacienta do dovzetnih pacientov in drugih oseb v bolniški sobi, je pomembno, da se v pacientovi sobi ohranja negativni tlak v primerjavi s sosednjimi prostori v bolnišnicah. Bolniške sobe z negativnim tlakom so znane tudi kot »izolacijska soba razreda N«, »izolacija v zraku« in »enote za nalezljivo izolacijo«. Tu je predstavljenih nekaj priporočil, posebej za delovanje bolniških sob v začasnih bolnišničnih okoljih COVID-19 v skladu z več nacionalnimi predpisi/standardi^{8,9,10,11,12}. Na splošno so bolnišnični prezračevalni sistemi, zasnovani v skladu s temi predpisi/standardi, zagotavljali ustrezen nadzor tveganja za okužbo s COVID-19 v zraku, tako da iz sodobnih bolnišnic niso poročali o navzkrižnih okužbah.

Za običajne prostore/bolniške sobe:

- Običajne bolniške sobe, ki niso namenjene bolnikom z nalezljivimi boleznimi, potrebujejo vsaj 4 izmenjave zraka na uro (ACH).
- Če se uporablja za preventivo prenosa po zraku, ga je treba posodobiti tako, da bo izpolnjeval zahteve za izolacijske prostore, kjer se šteje, da je primerno prezračevanje vsaj 6 ACH (kar ustreza 40 L/s / pacienta za sobo 4x2x3 m).

Za začasna območja/oddelke za bolnike z nalezljivimi boleznimi:

- Zdravstvene ustanove, ki nimajo dovolj posameznih izolacijskih prostorov na oddelkih za nujne primere, bi morale določiti ločena, dobro prezračena območja/oddelke, kjer lahko bolniki s sumom na COVID-19 počakajo.
- Če je izvedljivo, je treba prezračevalni sistem posodobiti tako, da izpolnjuje zahteve za izolacijske prostore.

Za izolacijske prostore z okužbami po zraku:

- Zrak AIIR se odvaja neposredno na prosto, s pomočjo HEPA filtra, kadar koli je mogoče, da se prepreči morebitna navzkrižna kontaminacija, če so odvodi za izpušni zrak v bližini oken ali dovodov zunanlega zraka.
- Zagotovite, da so dovodni zračni kanali neodvisni od skupnega sistema dovodnega zraka.
- Pretok dovodnega zraka mora biti 6-12 ACH (npr. Enakovredno 40-80 L/s / pacient za sobo 4x2x3 m) za obstoječe izolacijske prostore, v idealnem primeru vsaj 12 ACH za novogradnje. Za ponazoritev učinka visokega pretoka zraka glejte *Slika 15*.
- Priporočena razlika podtlaka je ≥ 5 Pa, da se zagotovi pretok zraka iz hodnika v bolniško sobo.
- Odvodni zrak mora biti nameščen neposredno nad bolnikovo posteljo na stropu ali na steni.
- Poskrbite, da bo soba čim bolj zrakotesna.
- Odvod zraka iz bolniške sobe in stranišča se ne sme recirkulirati in vračati v sobo.
- V primeru okvare ventilatorja in ne zagotavljanja negativnega diferenčnega tlaka namestite zvočni alarm ali lokalna vizualna sredstva.

⁷ Smernice za razvrščanje in oblikovanje izolacijskih prostorov v zdravstvenih ustanovah, Viktorijanski svetovalni odbor za nadzor okužb 2007

[http://docs2.health.vic.gov.au/docs/doc/4AAF777BF1B3C40BCA257D2400820414/\\$FILE/070303_DHS_ISO%20RoomGuide_web.pdf](http://docs2.health.vic.gov.au/docs/doc/4AAF777BF1B3C40BCA257D2400820414/$FILE/070303_DHS_ISO%20RoomGuide_web.pdf)

⁸ ASHRAE Standard 170-2013

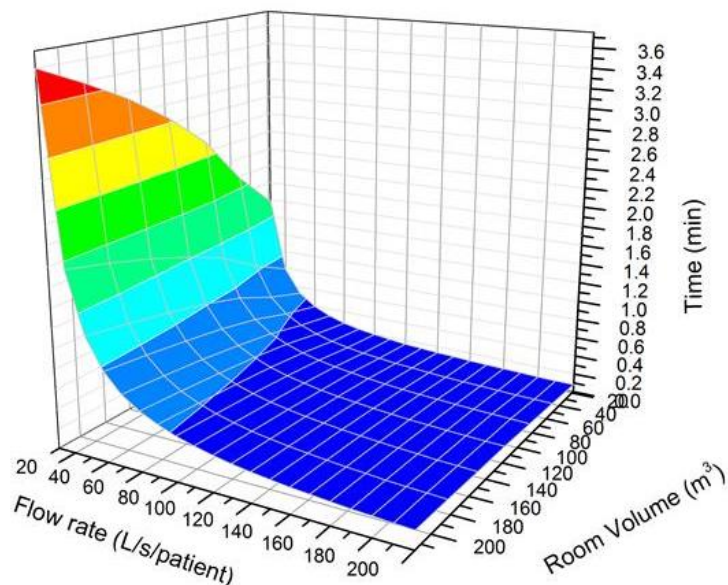
⁹ VDI 6022 <https://www.vdi.de/richtlinien/unsere-richtlinien-highlights/vdi-6022>

¹⁰ <https://www.fhi.no/publ/eldre/isoleringsveilederen/>

¹¹ <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/appendix/air.html#tableb2>

¹² <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-2020.4>

- Ločen odvodni sistem, namenjen vsaki sobi, ki odvaja količino zraka, večjo od količine dovodnega sistema.
- Če je mogoče, je treba uporabiti predsobo ali zračno zaporo, da se prepreči prenos povzročitelja okužbe iz odprtine vrat AIIR.



Sika 5. Ponazoritev visokega pretoka zraka. Čas za zamenjavo zraka v prostoru v odvisnosti od hitrosti pretoka zraka in prostornine prostora.

Če se uporablja naravno prezračevanje, se priporočajo višje stopnje prezračevanja zaradi nestabilnega delovanja prezračevanja, kjer ni vedno mogoče zagotoviti zadostnega prezračevanja. Naravno prezračevanje je primerno za uporabo samo v ugodnih podnebnih razmerah. SZO¹³ zagotavlja celovite smernice za naravno prezračevanje.

¹³ Naravno prezračevanje za nadzor okužb v zdravstvenih ustanovah. WHO 2009.
https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation.pdf

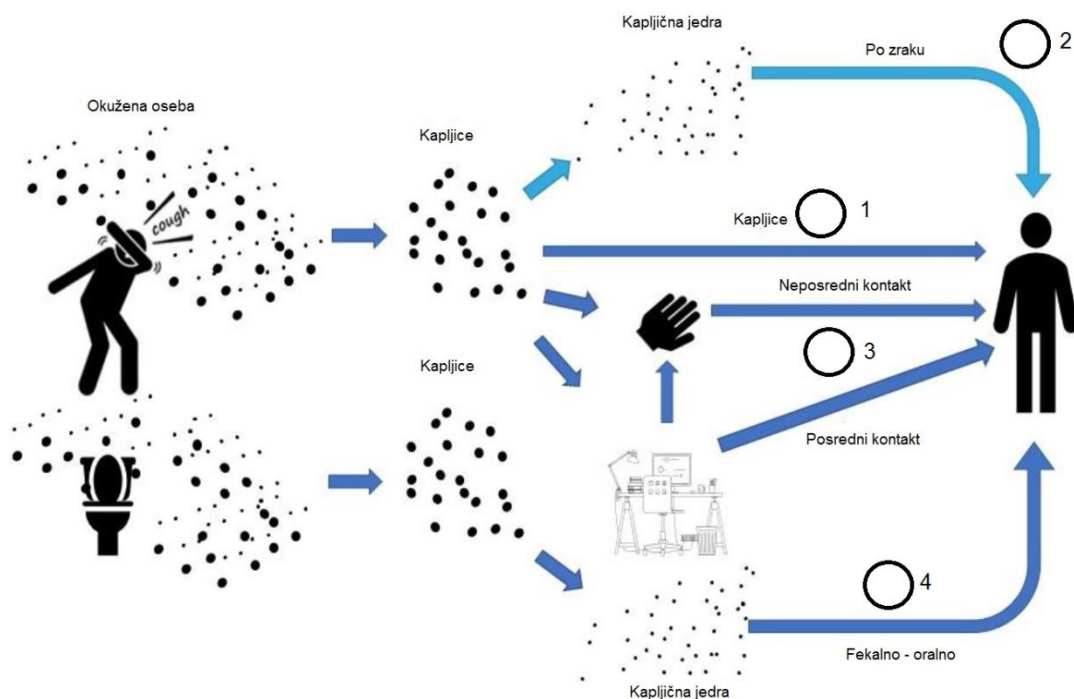
Priloga 4: COVID-19 Smernice za prezračevanje in stavbne sisteme za šolsko osebje

V tem dokumentu povzemamo nasvete o delovanju in uporabi stavbnih sistemov v šolah, da preprečimo širjenje virusa koronavirusne bolezni (COVID-19) (SARS-CoV-2). Ta navodila so osredotočena na ravnatelje in upravnike šol.

Pred sprejetjem preventivnih ukrepov je potrebno nekaj osnovnega razumevanja prenosa povzročiteljev okužb. Glede na COVID-19 lahko ločimo štiri prenosne poti:

1. V tesnem stiku 1-2 m preko kapljic in kapljičnih jeder (pri kihanju, kašljanju ali govorjenju);
2. preko zraka skozi mikro kapljice (kapljična jedra), ki lahko ostanejo v zraku več ur in se lahko prenašajo na dolge razdalje (sproščajo se pri dihanju, govorjenju, kihanju ali kašljanju);
3. prek stika s površino (roka-roka, roka-površina itd.) ter
4. po fekalno-oralni poti.

Več osnov o prenosnih poteh SARS-CoV-2 najdete v [poglavju 2](#) tega dokumenta.



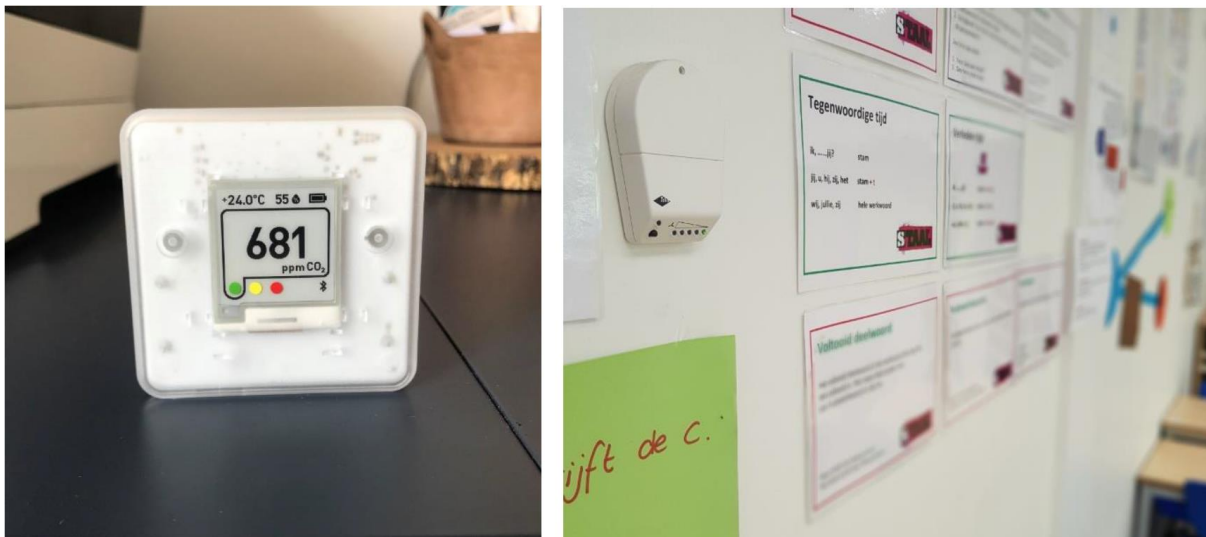
Slika 16. Mehanizmi izpostavljenosti kapljic COVID-19 SARS-CoV-2. (slika: Francesco Franchimon).

Splošne smernice za delodajalce in lastnike stavb, ki so predstavljene v npr. dokumentu WHO »[Smernice za preprečevanje in nadzor COVID-19 v šolah](#)« ter nacionalne smernice se osredotočajo na spremljanje simptomov, vzdrževanje razdalje in dobre higienske prakse (prenosne poti po velikih kapljicah in površinski stik). Da bi bilo tveganje za okužbo čim manjše, kar je mogoče doseči, priporočamo tudi ukrepe za prezračevanje (prenos po zraku) in sanitarne naprave (fekalno-oralni prenos).

Prezračevanje

V mnogih evropskih šolah je zadostno prezračevanje izziv. Danes so številne šole v Evropi naravno prezračene (npr. z uporabo oken). Naravno prezračevanje je pomembno odvisno od temperaturne razlike med notranjim in zunanjim zrakom ter trenutnimi razmerami vetra. Posledično ni mogoče zagotoviti zadostnega naravnega prezračevanja ves čas. Mehanski prezračevalni sistemi lahko zagotavljajo neprekinjeno izmenjavo zraka skozi vse leto. Spodaj je podanih nekaj praktičnih navodil za optimalno prezračevanje na kratki rok:

- Varno prezračevanje prostorov z zunanjim zrakom. Preverite, ali prezračevalni sistemi v učilnicah, bodisi naravni bodisi mehanski, delujejo dobro:
 - Preverite, ali se lahko okna in rešetke odprejo.
 - Očistite rešetke za prezračevanje, tako da dotok zraka ni oviran.
 - Preverite delovanje vaših mehanski prezračevalnih sistemov s strani podjetja, ki vam izvaja vzdrževanje.
- Vsaj v učilnice, v katerih je prezračevanje odvisno od odpiranja oken in/ali rešetk, namestite merilnik CO₂ s prikazom »semaforja« (Slika 17). S tem vizualizirate potrebo po dodatnem prezračevanju z odpiranjem oken. Poskrbite, da bo merilnik za CO₂ nameščen na vidnem mestu v učilnici, proč od dotokov svežega zraka (npr. odprtih oken). V času pandemije predlagamo, da začasno spremenite privzete nastavitve indikatorja »semaforja« (oranžna do 800 ppm in rdeča do 1.000 ppm), da spodbudite čim več prezračevanja.



Slika 17. Primeri merilnikov CO₂ z indikativnimi barvami, ki kažejo kakovost zraka

- Preverite delovne ure mehanskih prezračevalnih sistemov. Preklopite prezračevanje na nazivno hitrost vsaj 2 uri pred začetkom šole in preklopite na nižjo hitrost 2 uri po koncu zasedenosti. Naj deluje prezračevanje sanitarij na nazivni hitrosti podobno kot glavni prezračevalni sistem.¹⁴
- Preklopite klimatske naprave s centralno recirkulacijo na 100 % zunanji zrak.
- Prilagodite nastavljene parametre prezračevalnega sistema z nadzorom CO₂ (če obstajajo). S temi sistemi se količina izmenjav zraka samodejno zmanjša z manjšo zasedenostjo, da prihranite energijo. Da bi zmanjšali tveganje za prenos nalezljivih bolezni, je potrebno popolno prezračevanje, čeprav je prisoten le del učencev. Vprašajte svojega vzdrževalca, če je v vaši zgradbi prezračevanje glede na količine CO₂. Načeloma so oni tisti, ki prilagodijo nastavljene vrednosti.
- Dajte učiteljem navodila, kako uporabljati prezračevalne naprave:
 - V šolskih urah čim bolj odprite okna in rešetke za naravno prezračevanje. Odpiranje oken tik pod stropom zmanjša tveganje zaradi prepiha. V prostorih z mehanskim dovodom in odvodom zraka to običajno ni potrebno, vendar je dodatno prezračevanje pozitivno in ne moti prezračevalnega sistema.
 - Zagotovite redno prezračevanje z odpiranjem oken med odmori (tudi v mehansko prezračevanih stavbah).
 - Pazite, da prezračevalnih naprav ne bodo ovirale ali blokirale zavese ali pohištvo.
 - Spremljajte vse nameščene »zaslone« za CO₂ (prosite učence za pomoč). Zavedajte se, da se med dejavnostmi, kot sta petje ali šport, sprosti več aerosolov.

¹⁴ Podrobnejša navodila za delovanje prezračevanja so na voljo v Poglavlju 4.1.

- Uporabljajte lokalne hladilne sisteme, kot so ventilatorski konvektorji ali »split« enote, kot običajno¹⁵. Prepričajte se, da je **vseskozi** dovod svežega zunanje zraka preko mehanskih sistemov ali oken.



Slika 18. V šolskih urah čim bolj odprite okna in si zagotovite zračenje med odmori.

Dolgoročno bo očitno smiselno sistemsko izboljšati prezračevanje, saj slaba kakovost zraka v zaprtih prostorih med drugim vodi tudi do glavobola, utrujenosti in zmanjšane učne uspešnosti.

Nekateri monterji in vzdrževalna podjetja zdaj ponujajo zamenjavo filtrov, vendar to NI potrebno za zmanjšanje tveganja zaradi okužbe. Zamenjajte filtre samo, kadar so potrebni ali že načrtovani. Poleg tega se govori o hlajenju in vlaženju zraka. Prilagajanje nastavljenih vrednosti klimatskega sistema z nižjim vrednostim v šolah NI potrebno in je nekoristno. Enako velja za nameščanje vlažilcev ker NI dokazov, da je to učinkovito. Osredotočite se na stvari, ki so res pomembne, na primer pravilno prezračevanje.

Sanitarije

Točke na katere je potrebno biti pozoren pri sanitarijah (pipe, stranišča, kanalizacije):

- Pred ponovnim odpiranjem šole sperite vsa stranišča, vodne pipe in prhe. Če vodne pipe ne uporabljate več tednov, je voda, ki je še vedno v ceveh, slabe kakovosti.
- Preverite, ali so pipe za vodo v vseh straniščih v delujočem stanju (z razpršilniki mila in papirnatimi brisačami) ali pa po uporabi stranišča zagotovite druge pripomočke za razkuževanje rok.
- Pogosto uporabljene pipe za vodo zamenjajte s pipami s senzorjem, tako da jih je mogoče uporabljati, ne da bi se jih dotikali.
- Pazite, da talni sifoni ne bodo suhi, da ne pride do odprtega priključka do kanalizacije. Redno polnite sifone z vodo. Dodajte malo olja, da preprečite, prehitro izhlapevanje vodnih tesnil.

¹⁵ Podrobnejša navodila za delovanje ventilatorskih konvektorjev in split enot so na voljo v Poglavju 4.6

- Priskrbite navodila za splakovanje stranišč z zaprtim pokrovom in umivanje rok po uporabi stranišča.

Več informacij

- <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>
- <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>
- <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/guidance-for-schools-workplaces-institutions>
- https://www.unicef.org/media/66216/file/Key%20Messages%20and%20Actions%20for%20COVID-19%20Prevention%20and%20Control%20in%20Schools_March%202020.pdf?sfvrsn=baf81d52_4

Povratne informacije

Če ste strokovnjak za vprašanja, obravnavana v tem dokumentu, in imate pripombe ali predloge za izboljšave, nam pišite na info@rehva.eu. Ko nam pošljete e-pošto, navedite »Vmesni Dokument COVID-19« v zadevo.

Kolofon

Ta dokument je pripravila projektna skupina COVID-19 Tehnološkega in raziskovalnega odbora REHVA, ki temelji na prvi različici smernic, ki so jih v obdobju 6. do 15. marca 2020 razvili prostovoljci REHVA. Člani delovne skupine so: Prof. Jarek Kurnitski, Chair of REHVA COVID-19 Task Force, Tallinn University of Technology, Chair of REHVA Technology and Research Committee

Dr. Atze Boerstra, REHVA vice-president, managing director bba binnenmilieu

Dr. Francesco Franchimon, managing director Franchimon ICM

Igor Sikonczyk, Senior Technical and Regulatory Affairs Manager at Eurovent

Ir. Froukje van Dijken, healthy building specialist at bba binnenmilieu

Prof. Catalin Lungu, REHVA vice-president, vice-president of AIIR

Prof. Guangyu Cao, Norwegian University of Science and Technology (NTNU)

Dr. Hywel Davies, Technical Director of CIBSE

Prof. em. Olli Seppänen, Aalto University

Frank Hovorka, REHVA president, director technology and innovation FPI, Paris

Jaap Hogeling, manager International Projects at ISSO

Prof. Ivo Martinac, REHVA vice-president, KTH Royal Institute of Technology

Prof. Livio Mazzarella, Milan Polytechnic University

Prof. em. Francis Allard, La Rochelle University

Henk Kranenberg, vice-president of Eurovent, Senior Manager at Daikin Europe NV

Mikael Borjesson, Vice President of Eurovent Association, Competence Director Swegon Group

Francesco Scuderi, Deputy Secretary General at Eurovent Association

Prof. Dr. Marija S. Todorovic, University of Belgrade Serbia

Dr. Benoit Sicre, Lucerne School of Engineering and Architecture

Prof. Manuel Gameiro da Silva, REHVA vice-president, University of Coimbra

Kemal Gani Bayraktar, REHVA vice-president, Marketing Director at Izocam

Juan Travesi Cabetas, REHVA vice-president, vice-president of ATECYR

Prof. Manuel Ruiz de Adana, ATECYR Technical Committee. University of Cordoba

Prof. Pedro G. Vicente Quiles, Chair of ATECYR Technical Committee. Universidad Miguel Hernández de Elche

Prof. Cristina Tanasa, Politehnica University Timisoara

Ioan Silviu Dobosi, AIIR - Romanian Association of Building Services Engineers Prof. Manuel Gameiro da Silva, REHVA vice-president, University of Coimbra

Ta dokument so pregledali Prof. Yuguo Li from the University of Hongkong, Prof. Shelly Miller iz University of Colorado Boulder, Prof. Pawel Wargocki iz Technical University of Denmark, Prof. Lidia Morawska iz Queensland University of Technology in Dr. Jovan Pantelic iz University of California Berkeley.

Prevod v slovenščino:

izr.prof. Uroš Stritih, UL FS

mag. Jure Vetršek, IRI UL

Andreja Burkeljca, IRI UL

- ⁱ Monto, 1974. Medical reviews. Coronaviruses. The Yale Journal of Biology and Medicine 47(4): 234-251.
- ⁱⁱ Doremalen et al, 2013. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. European communicable disease bulletin 18(38): 1-4.
- ⁱⁱⁱ Ijaz et al, 1985. Survival Characteristics of Airborne Human Coronavirus 229E. Journal of General Virology 66(12): 2743-2748.
- ^{iv} Casanova et al, 2010. Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces. Applied and Environmental Microbiology 76(9): 2712-2717
- ^v Doremalen et al, 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020; 382:1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973
- ^{vi} Li et al, 2005a. Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. Indoor Air 15(2): 83-95.
- ^{vii} Li et al, 2005b. Multi-zone modeling of probable SARS virus transmission by airflow between flats in Block E, Amoy Gardens. Indoor Air 15(2): 96-111.
- ^{viii} Luongo et al, 2016. Role of mechanical ventilation in the airborne transmission of infectious agents in buildings. Indoor Air 25(6): 666-678.
- ^{ix} Li et al, 2007. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review. Indoor Air 17(1): 2-18.
- ^x Xie et al, 2007. How far droplets can move in indoor environments - revisiting the Wells evaporation-falling curve. Indoor Air 2007; 17: 211-225.
- ^{xi} Nicas et al, 2005. Toward Understanding the Risk of Secondary Airborne Infection: Emission of Respirable Pathogens. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2: 143-154.
- ^{xii} Liu et al, 2017. Short-range airborne transmission of expiratory droplets between two people. Indoor Air 2017; 27: 452-462, <https://doi.org/10.1111/ina.12314>
- ^{xiii} Nielsen V. P., et al. 2008. Contaminant flow in the microenvironment between people under different ventilation conditions. SL-08-064, ASHRAE Transactions, 632-638.
- ^{xiv} WHO, COVID-19 technical guidance: Guidance for schools, workplaces & institutions
- ^{xv} Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare. Q & A on novel coronavirus (for general public)
- ^{xvi} Nishiura et al, 2020. medRxiv, <https://doi.org/10.1101/2020.02.28.20029272>
- ^{xvii} Li et al, 2020. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. Preprint, <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>
- ^{xviii} Miller et al, 2020. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. Preprint <https://doi.org/10.1101/2020.06.15.20132027>
- ^{xix} Allen and Marr, 2020. Re-thinking Potential for Airborne Transmission of SARS-CoV-2. Preprints 2020, 2020050126 (doi: 10.20944/preprints202005.0126.v1)
- ^{xx} Morawska et al, 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? Environment International, 142. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
- ^{xxi} ECDC 2020a. Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19. European Centre for Disease Prevention and Control, Technical report, 22 June 2020. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/heating-ventilation-air-conditioning-systems-covid-19>
- ^{xxii} Robert-Koch-Institut, 2020. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html
- ^{xxiii} Morawska and Milton, et al, 2020. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. Clinical Infectious Diseases.10.1093/cid/ciaa939. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939> implication of multiple shedding routes. Emerging Microbes & Infections 9(1): 386-389.
- ^{xxiv} WHO, 2020d. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Scientific Brief, 9 July 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
- ^{xxv} US CDS press release: <https://www.cdc.gov/media/releases/2020/s0522-cdc-updates-covid-transmission.html>

- xxvi WHO, 2020b. Water, sanitation, hygiene and waste management for COVID-19. World Health Organization, Geneva.
- xxvii Hung, 2003. The SARS epidemic in Hong Kong: what lessons have we learned? *Journal of the Royal Society of Medicine* 96(8): 374-378.
- xxviii WHO, 2020a. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). World Health Organization, Geneva.
- xxix Zhang et al, 2020. Molecular and serological investigation of 2019-nCoV infected patients: implication of multiple shedding routes. *Emerging Microbes & Infections* 9(1): 386-389.
- xxx Guan W-J et al, 2020. Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. *l J Med.* 2020 Apr 30;382(18):1708-1720. doi: 10.1056/NEJMoa2002032.
- xxxi Wenzhao et al, 2020. Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Building and Environment* 176 (2020) 106859.
- xxxii Fennelly KP, 2020. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med* 2020. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30323-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30323-4)
- xxxiii US CDS 2015. Hierarchy of Controls. Centers for Disease Control and Prevention.
- xxxiv Guidelines for the implementation of non-pharmaceutical interventions against COVID-19. European Centre for Disease Prevention and Control, 24 September 2020. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/covid-19-guidelines-non-pharmaceutical-interventions>
- xxxv Chin et al, 2020. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe.* [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
- xxxvi Doremalen et al, 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382:1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973
- xxxvii Morawska, 2006. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? *Indoor Air* 16(2): 335-347.
- xxxviii Salah et al, 1988. Nasal mucociliary transport in healthy subjects is slower when breathing dry air. *European Respiratory Journal* 1(9): 852-855.
- xxxix Kudo et al, 2019. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection. *PNAS*: 1-6
- xl Milton et al, 2001. Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. *Indoor Air* 2001. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2000.010004212.x>
- xli ISO 17772-1:2017 and EN 16798-1:2019
- xlii Han et al, 2005. An Experimental Study on Air Leakage and Heat Transfer Characteristics of a Rotary-type Heat Recovery Ventilator. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration* 13(2): 83-88.
- xliii Carlsson et al, 1995. State of the art Investigation of rotary air-to-air heat exchangers. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Energiteknik (Energy Engineering) SP RAPPORT 1995:24.
- xliv Ruud, 1993. Transfer of Pollutants in Rotary Air-to-air Heat Exchangers, A Literature Study/ State-of-the-art Review. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (The Swedish National Testing and Research Institute) Energiteknik (Energy Engineering) SP RAPPORT 1993:03
- xlv Wargocki, P., & Faria Da Silva, N. A. (2012). Use of CO2 feedback as a retrofit solution for improving air quality in naturally ventilated classrooms. *Healthy Buildings, Brisbane, Australia.*
- xlvi Sipolla MR, Nazaroff WW, 2003. Modelling particle loss in ventilation ducts. *Atmospheric Environment.* 37(39-40): 5597-5609.
- xlvii Fisk et al, 2002. Performance and costs of particle air filtration technologies. *Indoor Air* 12(4): 223-234. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2002.01136.x>
- xlviii Best et al, 2012. Potential for aerosolization of *Clostridium difficile* after flushing toilets: the role of toilet lids in reducing environmental contamination risk. *The Journal of hospital infection* 80(1):1-5.
- xliv La Mura et al, 2013. Legionellosis Prevention in Building Water and HVAC Systems. REHVA GB 18. <https://www.hse.gov.uk/coronavirus/legionella-risks-during-coronavirus-outbreak.htm>
- li CIBSE 2020, <https://www.cibse.org/coronavirus-covid-19/emerging-from-lockdown>
- lii ECDC 2020b, <https://www.ecdc.europa.eu/en/legionnaires-disease>
- liii ESCMID 2017, https://www.escmid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research_Projects/ESGLI/ESGLI_European_Te

- ^{liv} Yang W, Marr LC. Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity. *PLoS ONE*. 2011;6:e21481
- ^{lv} Thatcher TL, Lai ACK, Moreno-Jackson R, Sextro RG, Nazaroff WW. Effects of room furnishings and air speed on particle deposition rates indoors. *Atmospheric Environment*. 2002;36:1811-1819.
- ^{lvi} Diapouli E, Chaloulakou A, Koutrakis P. Estimating the concentration of indoor particles of outdoor origin: A review. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2013;63:1113-1129.
- ^{lvii} Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, et al. Comparative dynamic aerosol efficiencies of three emergent coronaviruses and the unusual persistence of SARS-CoV-2 in aerosol suspensions. *medRxiv* 2020 preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.13.20063784>.
- ^{lviii} Buonanno G, Morawska L, Stabile L, 2020. Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: prospective and retrospective applications. *Environment International* 145 (2020) 106112 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106112>
- ^{lix} Adams, W.C., 1993. Measurement of Breathing Rate and Volume in Routinely Performed Daily Activities. Final Report. Human Performance Laboratory, Physical Education Department, University of California, Davis. Prepared for the California Air Resources Board, Contract No. A033-205.
- ^{lx} Binazzi B, Lanini B, Bianchi R, et al. 2006. Breathing pattern and kinematics in normal subjects during speech, singing and loud whispering. *Acta Physiologica*. 2006; 186: 233-246.
- ^{lxi} Jovan Pantelic & Kwok Wai Tham (2013) Adequacy of air change rate as the sole indicator of an air distribution system's effectiveness to mitigate airborne infectious disease transmission caused by a cough release in the room with overhead mixing ventilation: A case study, *HVAC&R Research*, 19:8, 947-961, DOI: 10.1080/10789669.2013.842447
- ^{lxii} Zhecho D. Bolashikov , Arsen K. Melikov , Wojciech Kierat , Zbigniew Popiołek & Marek Brand (2012) Exposure of health care workers and occupants to coughed airborne pathogens in a double-bed hospital patient room with overhead mixing ventilation, *HVAC&R Research*, 18:4, 602-615 <https://doi.org/10.1080/10789669.2012.682692>
-