ALTERNATOR
Misliti znanost.

Virusu vstop prepovedan: kako nas maske ščitijo

19. 11. 2020

Številka: 52/2020

Avtorja:

- Luka Pirker
- Anton Gradišek



Foto: Arne Hodalič

Zaščitne maske so v času pandemije covid-19 postale naše stalne spremljevalke, toda ta vrsta zaščite je v resnici zelo stara in njena uporaba sega v antiko. Že Rimljani so vedeli, da maske, narejene iz živalskih mehurjev, zaščitijo telo pred strupenimi delci med delom v rudnikih. Skozi stoletja se je uporaba mask razširila tudi na druga področja, vendar so šele proti koncu 19. stoletja ljudje spoznali, da se lahko maske uporablja tudi pri zajezitvi širjenja določenih bolezni. Sprva so bile maske narejene iz tekstilij, kot sta gaza in bombaž. Te maske še niso bile posebno učinkovite, predvsem zaradi slabe kvalitete materiala in zaradi nepoznavanja osnov širjenja bolezni. Prve maske za enkratno uporabo (https://www.mdpi.com/1996-1944/13/15/3363) , kot jih poznamo danes, so bile narejene šele v šestdesetih letih dvajsetega stoletja in so kmalu postale nepogrešljiv del varovalne opreme delavcev v zdravstvu.

V začetku pandemije se je celoten svet spopadel s pomanjkanjem osebne varovalne opreme, še najbolj s pomanjkanjem mask. Kot so že hitro pokazale mnoge raziskave, se virus SARS-CoV-2 širi primarno preko kapljic (aerosolov), ki se sproščajo pri dihanju, govorjenju in kašljanju (https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)30726-X/fulltext) . Zato so prav maske prva oblika zaščite, ki zmanjšajo možnost širjenja virusa: delujejo kot pregrada, da ne širimo kapljic okrog (https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2007800) , hkrati pa nas ščitijo pred aerosoli, ki so že v zraku. Med aerosole ne spadajo le kapljice, ampak vse možne snovi v trdni ali tekoči obliki, ki lebdijo v zraku.

Danes poznamo različne tipe mask, vsak tip pa je namenjen specifični situaciji. V grobem lahko maske razdelimo na *celoobrazne*, *polobrazne*, *medicinske* in *higienske* maske. Kot pove že ime, celoobrazne maske prekrijejo celoten obraz in se uporabljajo v situacijah, kjer je treba aerosolom in nevarnim snovem v zraku (plini, mikroorganizmi ...) preprečiti, da bi prišli v stik z očmi in dihali. Take maske običajno uporabljajo gasilci pri intervencijah z veliko dima, v času pandemije pa take maske uporabljajo tudi zdravstveni delavci, ki so v stiku z zelo kužnimi pacienti. Virus, kot je SARS-CoV-2, lahko okuži človeka tudi, če aerosoli, ki vsebujejo virus, pridejo v stik z očmi. Filtri, ki so običajno nameščeni na celoobrazne maske, prestrežejo skoraj vse delce, ki so v zraku, tako denimo predstavljajo učinkovito zaščito pred novim koronavirusom. Podobno stopnjo zaščite dihal – ne pa tudi oči – predstavljajo tako imenovane polobrazne maske (respiratorji), ki so namenjene predvsem ljudem, ki delajo v razmerah, kjer je v zraku veliko število aerosolov in nevarnih snovi. Poleg uporabe v zdravstvu so zaščitne maske oprema tudi pri delih, kot so recimo obdelava in lakiranje lesa ali kovin. Take maske sicer niso označene kot medicinska oprema. Polobrazne maske prekrijejo nos in usta ter s pomočjo pasivne filtracije in tesnega prileganja obrazu ščitijo naša dihala. V Evropi so maske testirane in certificirane po standardu EN 149:2001+A1:2009, ki določa različne stopnje zaščite. Običajno se srečujemo z maskami tipa FFP2, ki zadrži vsaj 94 % delcev (maske z ameriško in kitajsko oznako N95 in KN95 so podobne temu tipu) in maskami tipa FFP3, ki zadrži vsaj 99 % delcev – seveda, če masko nosimo tako, da se tesno prilega obrazu. Ob nepravilni uporabi nam polobrazna maska namreč lahko da lažen (in posledično nevaren) občutek varnosti. V času pandemije polobrazne maske uporabljajo tudi zdravstveni delavci, ki so v neposrednem stiku s pacienti, okuženimi z virusom SARS-CoV-2.

Še pogosteje srečujemo medicinske maske (včasih jim pravimo tudi kirurške maske), ki sicer niso prvenstveno namenjene filtraciji delcev. Po eni strani služijo kot pregrada, da oseba, ki nosi masko, npr. med operacijo ne širi kapljic, po drugi strani pa ščitijo nosilca pred morebitnimi brizgi tekočin. Zato imajo običajno te maske plast, ki ne prepušča tekočine. Na koncu omenimo še higienske maske, kamor sodijo maske, ki so ali na videz podobne medicinskim, vendar brez certifikatov, in maske iz blaga, ki jih lahko izdelamo tudi sami. Te maske niso klasificirane kot medicinska oprema, vendar kljub temu dobro preprečujejo okužbe med splošno populacijo v situacijah z nižjim tveganjem, kot je na primer obisk trgovine. Ob razmahu okužb so zdravstvene organizacije (https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/diy-cloth-face-coverings.html) priporočale, da splošna populacija uporablja maske iz blaga, da ne bi prišlo do pomanjkanja zaščitne opreme za izpostavljeno medicinsko osebje.

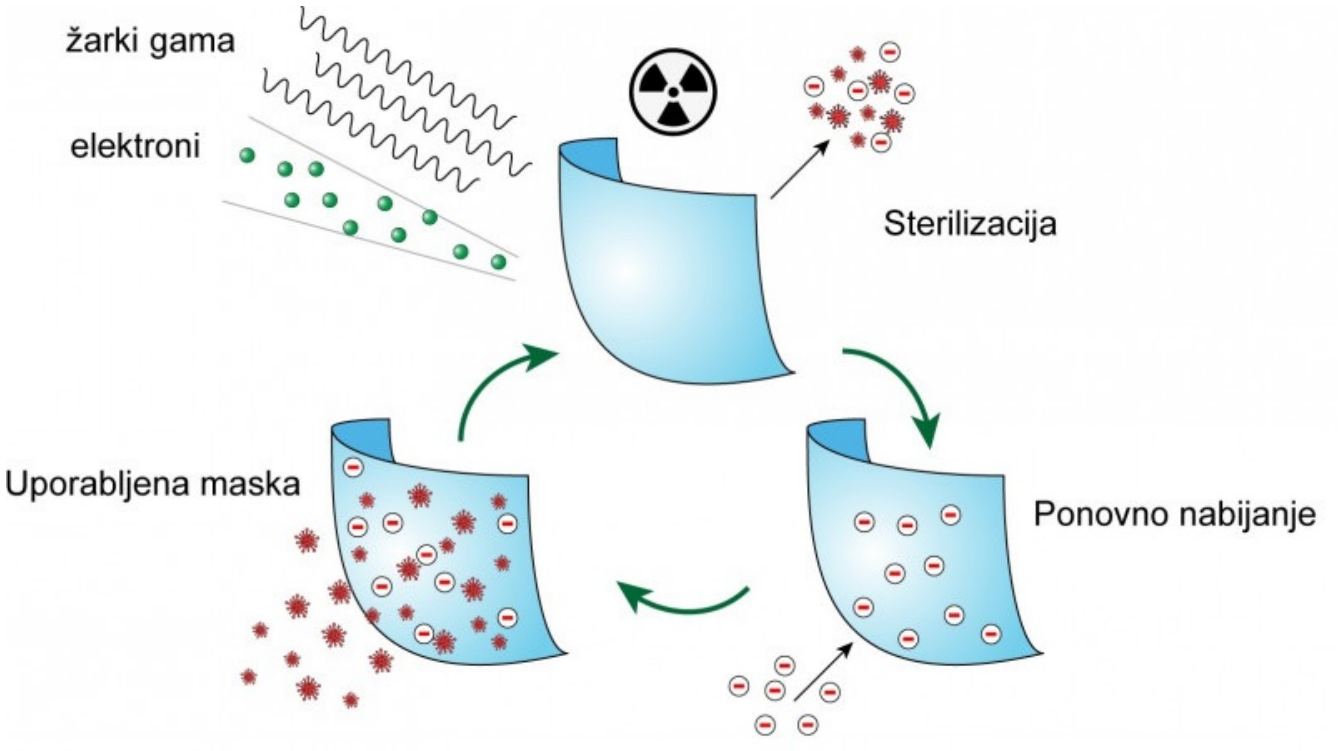
Kako pa maska sploh odstranjuje delce iz zraka? Naivno bi si masko lahko predstavljali kot zelo fino sito, ki ima tako majhne luknjice, da delci ne morejo skozi. Vendar maska ne deluje na tak način. Filter maske je sestavljen iz goste plasti tankih vlaken, običajno narejenih iz polipropilena. Ko aerosolni delci z zrakom potujejo skozi filter, se ujamejo na vlakna (https://www.nytimes.com/interactive/2020/10/30/science/wear-mask-covid-particles-ul.html?campaign_id=34&emc=edit_sc_20201103&instance_id=23724&nl=science-times&regi_id=76519825&segment_id=43307&te=1&user_id=c04bfb1dd17943b0881c60e5feed001c) . To se lahko zgodi na različne načine. Prvi mehanizem je zagozditev, ko aerosoli ne morejo skozi luknje v mreži iz vlaken ali pa se zagozdijo na vlaknu samem. Ko zrak potuje mimo vlakna, ga ta zaobide, saj ne more direktno skozi vlakno. Pri tem se zračne tokovnice, to so poti, po katerih zrak potuje čez prostor, ukrivijo in zaobidejo vlakno. Če je delec na zračni tokovnici, ki gre zelo blizu vlakna, in je premer delca večji kot oddaljenost tokovnice od vlakna, se delec ujame na vlakno. Temu mehanizmu pravimo *ujemanje s prestrezanjem*. Pri večjih delcih pa se lahko zgodi, da ta ne bo mogel slediti tokovnici zaradi svojega vztrajnostnega momenta. Tak delec vlakna ne bo zaobšel, ampak se bo v vlakno zaletel – tako prestrezamo predvsem večje delce, ki imajo velik vztrajnostni moment. Manjši delci se bodo lažje prilagodili spremembi tokovnice, vendar se bodo v vlakna vseeno pogosto zaleteli zaradi Brownovega gibanja, ki je naključno gibanje aerosolnih delcev v zraku zaradi trkov z molekulami v zraku. Drugi pomemben mehanizem, ki pomaga pri odstranjevanju predvsem manjših delcev, temelji na principu elektrostatične interakcije. Polipropilenska vlakna imajo že zaradi načina izdelave statični naboj, ki v prostoru ustvari električno polje. Polje deluje na nabite aerosolne delce, ali pa v njih inducira dipolni moment in nato deluje na ta dipol s silo, ki zavira gibanje delcev. To poveča verjetnost, da se delci ujamejo na vlakno zaradi enega od zgoraj omenjenih mehanizmov. Higienske maske so narejene iz veliko večjih vlaken, ki so brez naboja, kar je eden od razlogov, da so te maske pri filtraciji delcev manj učinkovite.

Konec marca letos so našo raziskovalno skupino z Instituta "Jožef Stefan" poklicali na pomoč iz združenja Mladi zdravniki. Pomanjkanje varovalne opreme jih je prisililo v improvizacijo, vendar je bilo treba preveriti, ali tudi take rešitve ustrezno odstranjujejo delce iz zraka. Akreditirani laboratoriji učinkovitost filtracije določajo na različne načine. V Evropi se običajno spremlja filtracija natrijevega klorida v aerosolu, pri tem testu so delci veliki med 10 nm in 10 µm (v povprečju 300 nm). Druge metode določajo prepustnost za kroglice iz lateksa, s premerom 100 nm, v vodnem aerosolu, kalijevega klorida v aerosolu itd. Filtracijo za bakterije se opravlja z bakterijami *Staphylococcus aureus* (velikostni razred mikrometra). Ker pa je bil dostop do akreditiranih laboratorijev omejen, smo iz obstoječe opreme v laboratoriju za sintezo nanocevk in nanovrvic sestavili sistem za hitre teste. V posebno komoro smo postavili generator aerosola, ki v komoro dovaja kvarčni prah s široko porazdelitvijo velikosti delcev. Zraven smo postavili umetno glavo (lutko), na katero smo nadeli masko. Lutka ima v ustih luknjo, skozi katero smo zajemali zrak skozi masko, vsebnost delcev pa smo spremljali z detektorjem za nanodelce (angl. *scanning mobility particle sizer*), s katerim lahko izmerimo porazdelitev številske koncentracije delcev v velikostnem območju med 12 in 570 nm. Za primerjavo: virusni delci SARS-CoV-2 so veliki nekje med 50 in 200 nm (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673620302117) . Če tako primerjamo količino delcev, ki jih zajamemo skozi masko s količino, ko na glavi ni maske, lahko izračunamo učinkovitost filtracije, in to celo za različna velikostna območja.

Z našo metodo smo testirali vrsto različnih mask. Najprej so nas najbolj zanimale improvizirane maske. Možen kandidat je

bila predelana celoobrazna potapljaška maska, pri kateri se na dihalko namesti filter. Čeprav je maska sicer dobro filtrirala delce, je imela drug problem: zaradi velikega prostora znotraj maske (ki se imenuje »mrtvi volumen«) se v maski lahko zaradi slabega prileganja oronazalnega dela maske (notranji del potapljaške maske, ki pokrije samo usta in nos) hitro nabere tako visoka koncentracija ogljikovega dioksida, da ni več primerna za normalno delo. Po drugi strani se je dobro izkazala predelana vojaška plinska maska, kjer smo težak plinski filter zamenjali z manjšim zamenljivim filtrom za delce. Testirali smo vrsto polobraznih mask, pri katerih se je pokazalo, kako pomembno je, da je maska pravilno nameščena. Pri slabi namestitvi maske na glavo je učinkovitost lahko padla tudi za več deset odstotkov. Tu velja izpostaviti problem, da je standard za izdelavo mask prilagojen glavi odraslega moškega. Zato se maske morda ne prilegajo dobro ženskam ali otrokom, kar je lahko problematično. Testirali smo tudi različne maske iz blaga, kjer se je ravno tako pokazalo, da je pomemben dober kroj. Prav tako smo testirali tudi samo blago, iz katerega je narejena maska, v tem primeru smo namesto glave uporabili poseben nosilec. Od bombažnih tkanin se poplini izkažejo veliko bolje kot tetra tkanine, vendar pa ima material kirurške maske še vedno boljšo učinkovitost filtracije.

Za konec omenimo še študijo (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376738820313326) , v kateri smo preučevali, če lahko maske steriliziramo z uporabo ionizirajočega sevanja. Tako bi lahko enostavno omilili pomanjkanje mask, če bi do tega ponovno prišlo. Maske tipov FFP2 in FFP3 smo obsevali ali z gama žarki (kar smo izvedli na eksperimentalnem jedrskem reaktorju TRIGA na IJS) ali pa z elektronskim žarkom v komercialnem obratu, ki se ukvarja s sterilizacijo medicinske opreme. Obsevali smo s standardno dozo 20 kGy, ki zadostuje za učinkovito sterilizacijo. Ugotovili smo, da obsevanje v obeh primerih razelektri polipropilenski filter, zato se učinkovitost filtracije delcev zmanjša do 15 odstotkov. Če masko po sterilizaciji ponovno nabijemo s statičnim nabojem, pa se učinkovitost filtracije vrne praktično na prvotne vrednosti. Kemijska sestava maske se z obsevanjem ne spremeni, mehanske lastnosti pa se slabšajo s številom sterilizacij. Pri sterilizaciji s standardno dozo 20 kGy se maske lahko sterilizira dvakrat. Prednost metode je enostavna in zanesljiva sterilizacija ter velika stopnja prilagodljivosti glede količine mask.



Maske torej nudijo primerno zaščito in upočasnijo širjenje okužb med splošno populacijo, seveda če jih pravilno namestimo in če jih uporabljamo za pravi namen. Ob tem pa ne smemo pozabiti na druge ukrepe za zmanjšanje tveganja, kot so razkuževanje rok in prezračevanje prostorov. Dobro je tudi to, da bi lahko maske v skrajni sili sterilizirali in ponovno uporabili, če bi prišlo do resnega pomanjkanja opreme. Predvsem pa je pomembno, da poskrbimo zase ter tako zaščitimo sebe in druge.

https://www.alternator.science/sl/daljse/virusu-vstop-prepovedan-kako-nas-maske-scitijo/