

**Prof. dr Radovan Stojanović**

*Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore*



## **Jeftini prenosivi mehanički respirator – kako ga napraviti?**

U trenucima kada se borimo sa COVID-19 pandemijom dobro smo zapamtili riječ respirator, stručno rečeno mehanička ventilacija. Tolika je potražnja tih uređaja da trenutni proizvođači ne mogu udovoljiti malom procentu zahtjeva. Biomedicinski inženjeri pomognuti medicinarima, širom svijeta, pokušavaju napraviti jeftino rešenje koje bi bilo prva pomoć pri pojavi respiratornih problema i tako spasiti barem jedan ljudski život u toku ove nemilosrdne pandemije.

Ne ETF-u Podgorica već 5 godina postoji modul medicinska elektronika (biomedicinski inženjering), kojeg sam uspostavio pomoću par projekata. Odredjeni broj mladih stručnjaka diplomirao je na njemu i uputio se u čari ove nauke, u koju danas gledamo kao u slamku spasa. Većina se nalazi vani, jer kod nas biomedicinski inženjering još uvijek nije priznat kao kvalifikacija. Kroz svoj rad, nedostatak finansijskih sredstava pokušavali smo nadoknaditi kreativnošću. Očito je da nam danas treba inženjer-doktor, makar toliko koliko doktor-kliničar.

Pokušaću sažeti i objasniti nekoliko ideja kako napraviti priručni respirator, koji bi se mogao koristiti u slučaju potrebe, tj. nedostatku profesionalnih. To je moguće ako primijenimo znanje iz elektronike, mašinstva, mehatronike, ICT-a, medicine i ostalih nauka.

Možda će teoretičarima nauke ovaj tekst izgledati popularno, ne baš visoko akademski, ili pak Agencijama koje odobravaju upotrebu medicinskih sredstava i koje uveliko koč reaganja u ovakvim situacijama, ali ne hajem za to, već ću pokušati da dam par ideja i uputim entuzijaste, studente, inženjere, hobiste, privrednike i ostale da rade na ovom problemu što je moguće brže. Nadam se da ćemo stvoriti mrežu ljudi u Regionu koju ovo interesuje i koja će raditi.

Sama ideja nije nova. provlači se kroz naučne projekte i radove od prije II svjetskog rata. Autori su znali da se u doba pandemija ne mogu zadovoljiti potrebe za profesionalnim medicinskim uređajima, čak i u najrazvijenim društvima. Pokušaću da podsjetim na njihove ideje. Možda bude od koristi u ovoj situaciji.

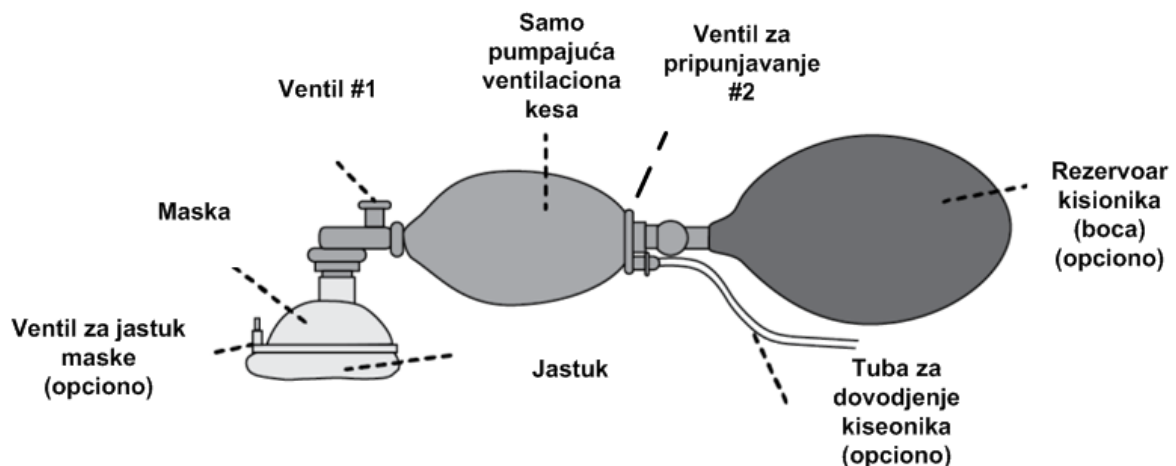
A sada konkretno. Svima vam je poznato vještačko disanje "usta na usta" koje je poznato hiljadama godina i spasilo je ogroman broj života. Medjutim, pružaoc disanja, ne može dugo da izdrži ovaj proces, da ne govorimo o satima. Zato su naučnici pokušali da imitiraju ovu operaciju i da je automatizuju. Tako je nastala AMBU kesa koja se koristi za pacijente koji imaju problem sa disanjem. Naziva se "vreća za ručnu plućnu reanimaciju" ili "ručni aparat za disanje". Dobila je ime po engleskoj skraćenici "Artificial Manual Breathing Unit - AMBU". Poznata je svakom medicinskom radniku. Originalni koncept vreća-ventil-masko razvijen je 1953. godine od strane nemačkog ljekara Holgera Hessea i njegovog partnera Danskog anesteziologa Henning Rubena. Njihov reanimator, nazvan

"Ambu" (vještačka ručna jedinica za disanje), proizvedena je i plasirana na tržište 1956. od strane njihove kompanije AMBU. <https://www.ambu.com/clinical-studies/ambu-resuscitator> , slika 1.

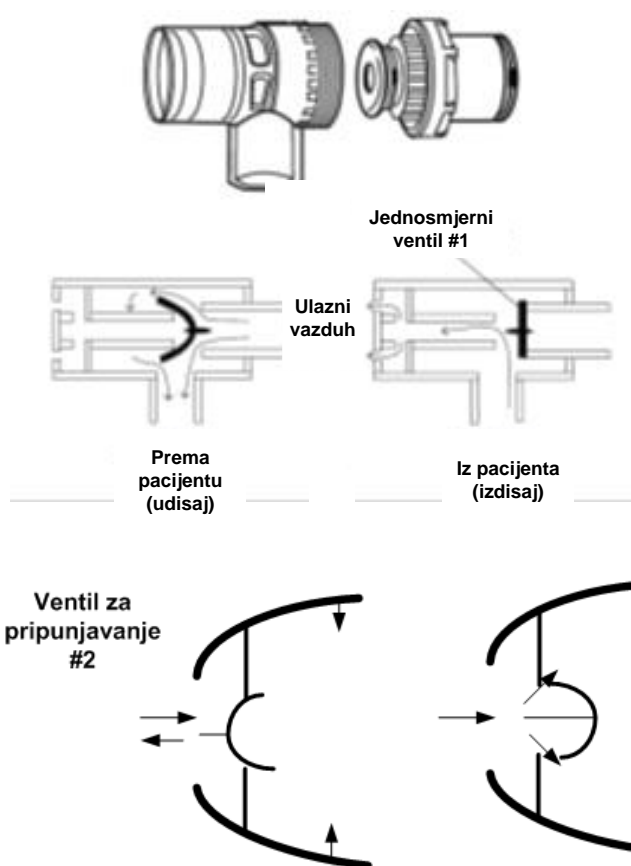


Slika 1: AMBU bazirani ručni aparat za disanje

Tehnički gledano princip rada je veoma jednostavan Vazduh-Vreća-Ventil-Maska, slika 2. Najvažniji dio su ventili (vidi sliku 3) i to ventil neposredno uz maski pacijenta (ventil #1), koji predstavlja jednosmjerni ventil od silikonske gume i ventil za pripunjavanje kese-balona (ventil #2), tj ventili sa gornje i donje strane kese. Funkcija ventila #1 je da pri kontrakciji (stezanju) kese pumpa vazduh u pluća pacijenta (udisaj) i potom se zatvori. ali omogući drugi prolaz, što omogućava izdisaj. To je u stvari "pečurka ventil", jednosmjerni ventil, u formi jezička. Drugi ventil (ventil #2) je ventil za automatsko pripunjanje kese, sličan onome kojiim pumpamo svaki dušek. Kao ulazni vazduh u vreću može koristiti obični sobni vazduh ili kiseonik, koji se dovodi iz flaše ili preko dovodnog crijeva.

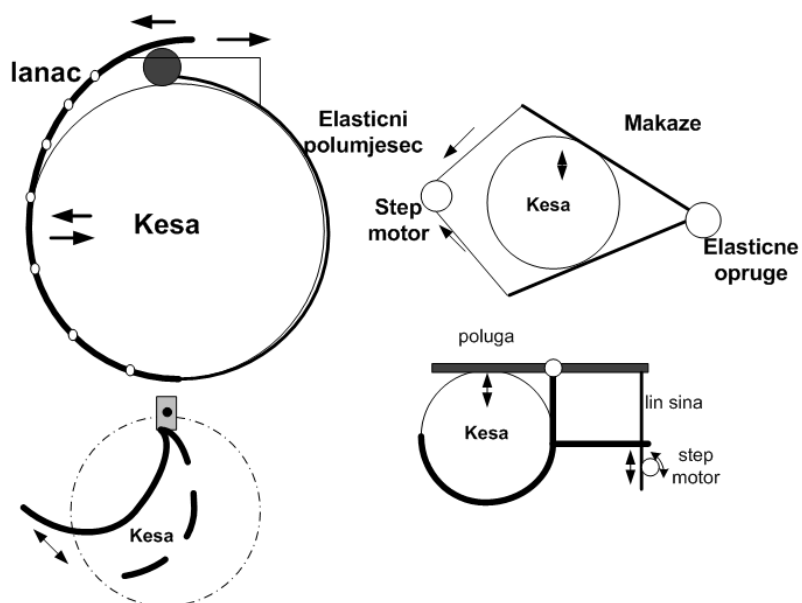


Slika 2: AMBU ručni aparat za disanje princip rada



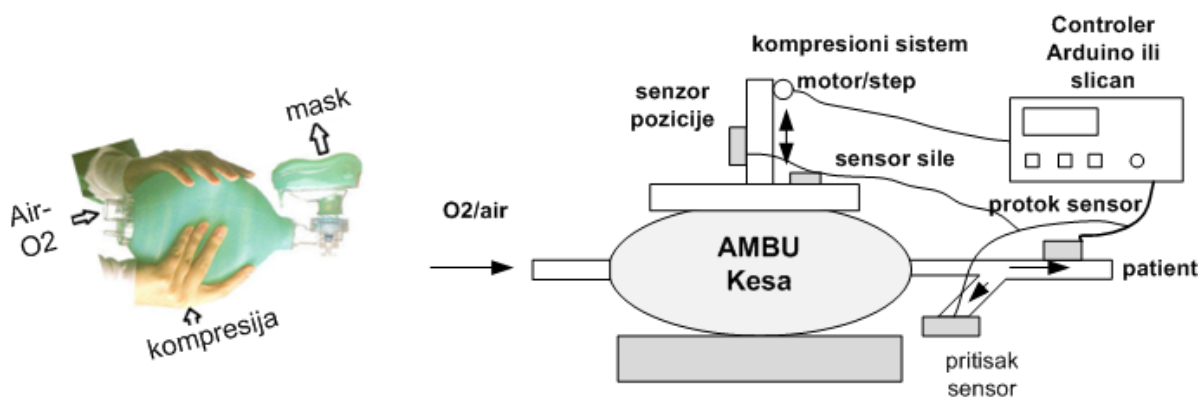
Slika 3: Ventili kod AMBU aparata koji omogućavaju tok vazduha i njegovu kontrolu, [4]

Sledeći trik sa inženjerskog stanovišta je oponašanje pokreta ruke za koje je torba napravljena. Tako ćemo vještački napraviti kompresiju i dekompresiju, pritisanje-otpuštanje kese. Ovo zahteva upotrebu različitih mehanizma pokretanja npr lanac, polugu u obliku polumjeseca, makaza, step motor ili linearni motor ...Bilo kakav mehanizam koji može stvoriti mehaničku automatsku kompresiju-dekompresiju kese dolazi u obzir, neki se mogu lakše regulisati, neki su bučni... Na slici 4 su data neka od rešenja, a ima ih bezbroj.



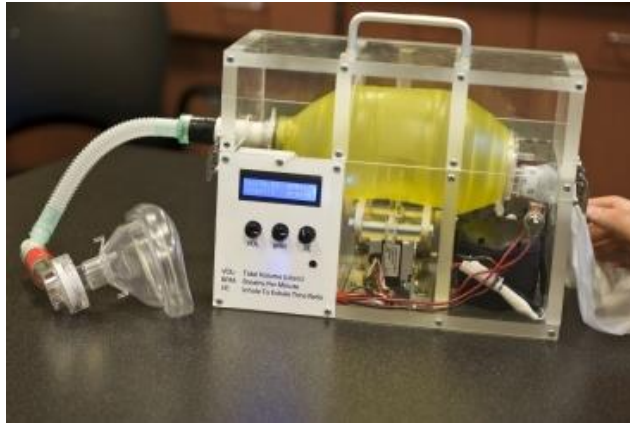
Slika 4: Mehanizmi za mehaničku kompresiju-dekompresiju AMBU kese

Naravno, sve je potrebno kontrolisati i izvršiti odgovarajuća mjerenja, tj sensoriku. To možemo uraditi pomoću prostog Arduina ili drugog mikrokontrolera i sa nekoliko dodatnih senzora. Motor pokreću drajveri, a najčešće isti je step motor. Kontroler zadaje frekvenciju disanja, volumen, mjeri protok i pritisak. Može se napraviti više modova kompresije, tj zadavati se po unaprijed odredjenim krivima, onako kao u profesionalnim uređajima.



Slika 5: Sistem respiratora za hitne potrebe

Da ovo nije samo trenutna priča i pokušaj, govori nekoliko projekata, doduše ne čestih, koji su bili proročanski na ovu temu. Studenti MIT-a 2010 naslućuju do čega može doći i predlažu rešenje slično gornjem <https://phys.org/news/2010-07-students-low-cost-portable-ventilator.html>. Doslovno 2010 je pisano o njihovom radu: „A team of students from MIT has devised a new low-cost ventilator to keep patients breathing in places that lack standard mechanical ventilators, or during times of emergency such as pandemics or natural disasters, when normal hospital resources may be overextended. They have designed a system that uses the same widely available manual pump — the same type used for the farmer in India. The new system encases the pump in a plastic box with a battery, motor and controls to take the place of the manual compression process...There is a substantial need for such devices in many developing nations, especially in rural areas that have no access to existing ventilator technology. Dr. Jussi Saukkonen of Boston University Medical Center, who originally proposed the concept of the low-cost ventilator and worked with the MIT team, says that “it’s likely there would be millions of cases worldwide” that could benefit from such a device. In addition, a U.S. government study in 2005 found that in a worst-case pandemic scenario, this country alone might need more than 700,000 mechanical ventilators, while only 100,000 are now in use... The kind of ventilators used in modern hospitals can cost up to \$30,000, but the newly developed device can be produced for about \$100, says Abdul Mohsen Al Hussein, a graduate student in mechanical engineering and one of the students who developed the system”.



Slika 6: Prototip iz 2010, MIT, Al Hussein

Iste godine J. Dingley et al sa Swansea University u UK objavljuju rad , A low oxygen consumption pneumatic ventilator for emergency construction during a respiratory failure pandemic“, Anaesthesia, 2010, 65, pages 235–242, gdje predlažu 3 jeftina rešenja ispod 200 funti. Pored ostalog kažu: „*The UK influenza pandemic plan predicts up to 750 000 additional deaths with hospitals prioritising patients against inadequate resources*“. *Intensive Care Units would rapidly reach maximum capacity, and wards would have to be turned into ICU facilities with the capacity to provide basic mechanical ventilation*“

Čak davne 1939 godine u časopisu *The Journal of Pediatrics, Volume 13, Issue 1, July 1938, Pages 71-74*, jedan od konstruktora prvog respiratora Philip Drinker preporučuje ručno radjeno rešenje „*The construction of an emergency respirator for use in treating respiratory failure in infantile paralysis*“ za dječju paralizu koje se sastojalo od drvene kutije, usisivača za stvaranje negativnog pritiska i ručnog ventila.

Ponovno intenziviranje, sada već grčevitog rada, na pravljenju priručnih respiratora ne čudi. Ljudi pokušavaju da pomognu sebi i drugima. Sada im može biti lakše jer savremena tehnologija mnogo toga omogućava. Trenutno se u rešavanju ovog problema uključuju i kompanije kakav je Airbus i Tesla. U želji da pomogne svojoj domovini španski Leitat predstavlja prvi medicinski potvrđeni, industrijalizovani 3D štampani uređaj za hitno disanje baziran na AMBU aparatu i može se koristiti kao uređaj za ventilaciju u hitnim slučajevima, sa kakvim se suočava Španija, u želji da podrže bolnice i odeljenja hitne pomoći. Uređaj se može koristiti kao kratkotrajna hitna mehanička ventilacija pacijenata sa COVID-19. <https://www-3dprintingmedia-network.cdn.ampproject.org/c/s/www.3dprintingmedia.network/leitat-presents-first-medically-validated-industrialized-3d-printed-ventilator/amp/>

Zahvaljujući 3D tehnologiji (3D štampe) ovaj uređaj, nazvan Levit 1, razvijen nuždi, je testirana i za sada je industrijski skalabilan, tako da će proizvodni kapacitet od 50 do 100 jedinica dnevno biti dostupan do naredne nedelje.

Dizajn je kreirao stariji inženjer Leitat-a Magi Galindo, a medicinski ga je potvrdio dr Luis Blanch, direktor inovacija u Hospital Parc Tauli u Sabadellu, stručnjak za mehaničku ventilaciju. Proizvodnja započinje odmah, prilagođavanjem zahteva koji mogu biti u toku - prema Državnoj farmakološkoj agenciji - za poboljšani model (Leitat2) koji je već u razvoju. I Navantia se za pridružili konzorcijumu da podrži proizvodnju.

U toku je nekoliko projekata, danonoćnih napora za projektovanje, proizvodnju, i isporuku pojednostavljenih, ali efikasnih ventilatora za suočavanje sa hitnim slučajevima COVID-19. To znači da je mnogo institucija i pojedinaca uključeno u proizvodnju standardnog hitnog ventilatora za kiseonik za intenzivnu negu. Mnogi inženjeri skupljaju dokumentaciju rešenja prave softvere i testiraju. Tome i mi dajemo doprinos.

Obećava i projekat "Open ventilator project – 3d printed emergency ventilator for covid-19" u organizaciji Colin Keogh sa Univerzitetskog koledža u Dublinu. To je "open source" projekat <https://www.electronicweekly.com/blogs/engineer-in-wonderland/open-ventilator-project-3d-printed-emergency-ventilator-covid-19-2020-03/>

Na internetu postoji puno sličnih ideja, različitog kvaliteta, ali svi se slažu da se može napraviti veoma upotrebljiv ventilator koristeći jeftine i dostupne komponente. Nužda zakon mijenja. Moramo se snalaziti kako znamo i umijemo. Na primer, tokom Kopenhagenske polio epidemije 1952. godine, studenati medicine ručno su ventilirali pluća pacijenata. U Pekingu 2003. godine, medicinsko osoblje druge specijalizacije je upravljalo intenzivnom negom u doba ptičjeg gripa, dok su putem mobilnog telefona dobijali klinička uputstva od inostranih stručnjaka.

Umjesto zaključka. Kratkotrajna hitna mehanička ventilacija je moguća koristeći jednostavna rješenja. Nadam se da će ovaj članak motivisati mnoge da počnu da eksperimentišu u cilju spašavanja života i vjerovatno će nešto korisno napraviti. Što bude više pokušaja to smo bliži rešenju. Sa druge strane moramo shvatiti da je "Neznanje je najskuplje" i nikada više ne ignorisati glas razuma naučnika.

Uz gore navedenu literaturu i linkove korišćene su i sledeće *reference*:

1. <https://medicalxpress.com/news/2010-01-doctors-life-saving-low-cost-ventilators-emergency.html>
2. <https://phys.org/news/2010-07-students-low-cost-portable-ventilator.html>
3. <https://cdod-raduga.ru/bs/meshok-ambu-instrukciya-po-primeneniyu-obrabotka-meshok-ambu-cyclone.html>
4. Abdo Khoury at all, From Mouth-to-Mouth to Bag-Valve-Mask Ventilation: Evolution and Characteristics of Actual Devices—A Review of the Literature, Journal of Biomedicine and Biotechnology · May 2014
5. Md. Rakibul Islam at all, Designing an Electro-Mechanical Ventilator Based on Double CAM Integration Mechanism, 1st International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology 2019 (ICASERT 2019)
6. Abdul Mohsen Al Hussein<sup>1</sup> at all, Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator, Proceedings of the 2010 Design of Medical Devices Conference. DMD2010, April 13-15, 2010, Minneapolis, MN, USA

Podgorica 24-03-2020

Više o autoru:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Radovan\\_Stojanovi%C4%87](https://en.wikipedia.org/wiki/Radovan_Stojanovi%C4%87)

<http://www.apeg.ac.me/rstojanovic.htm>

Pomogli:

