

È l'uso delle mascherine, esteso a tutta la popolazione, più dannoso che utile?

Uno studio sulla CO₂ inalata con l'uso di dispositivi di copertura naso e bocca e una mini-review.

Autori: Bernhard Oberrauch* (dott. architetto ed esperto bioedilizia), Marco Adami (fisico), Ulrich Gutweniger (psicologo), Elisabetta Galli (medico), Veronika Dellasega (medico), Heike Müller (medico), Bernhard Thomaser (medico), Maria Paregger (medico), Roberto Cappelletti* (medico).

*corrispondenza agli autori: bernhard.oberrauch@archiworldpec.it; roberto.cappelletti.03yu@tn.omceo.it

30 novembre 2020

Introduzione. In Italia, dal 4 novembre 2020, l'obbligo di portare una mascherina è stato esteso all'aperto e, per gli studenti di più di 6 anni, a tutto il periodo di permanenza a scuola. I sintomi lamentati dopo prolungato uso delle mascherine, quali perdita di concentrazione, cefalea, spossatezza, difficoltà di respiro, capogiri, potrebbero essere causati, secondo conoscenze già note in fisiologia, dagli alti livelli di anidride carbonica (CO₂) (tabella n.3). Abbiamo perciò voluto realizzare alcuni test per rilevare la quantità di CO₂ che si inspira nel microambiente della mascherina, nell'ipotesi che l'eccesso di questo gas possa giustificare, almeno in parte, i disturbi frequentemente lamentati.

Recentemente è stato pubblicato dalla Provincia di Bolzano uno studio sulla "Qualità dell'aria con l'uso di dispositivi di copertura del naso e della bocca"¹. Poiché le conclusioni di questo studio, come sono state comunicate al vasto pubblico ("le mascherine non sono dannose"), non ci sembravano in linea con quanto riportato dagli stessi risultati della Provincia, abbiamo voluto anche confrontarli con i nostri dati.

Abbiamo quindi cercato di capire il funzionamento della mascherina e la ragione delle variazioni di risultati per le varie tipologie di dispositivi. Abbiamo infine svolto una ricerca in letteratura su altri possibili danni (aumento delle infezioni, aspetti psicologici, compensazione del rischio, aumento del lavoro respiratorio etc.) dovuti ai dispositivi di copertura del naso e della bocca.

Metodo. Abbiamo misurato la CO₂ re-inalata in 24 individui sani di varie età (media 48, range 5-88 anni), con i diversi tipi di mascherine, esclusivamente nella posizione seduta. Come strumento di misura è stato utilizzato l'analizzatore portatile di anidride carbonica G100, Geotech (www.geotechuk.com), dotato di una pompa interna da 100 cm³/min, di un sensore ad infrarossi con un campo di misura dello 0-20% in volume ed una precisione del 1%. Il tubicino veniva posto al di sotto del naso e la pompa era attivata all'inizio dell'inspirio e spenta alla fine. Lo stesso per le misurazioni durante l'espriro.

Risultati. vengono qui riportati in sintesi i risultati delle misurazioni di CO₂ in inspirio in posizione seduta (ai fini della comparazione con i risultati della provincia di Bolzano):

per la mascherina chirurgica: valore medio di CO₂ **7292** ppm (range 5000 – 13.000) versus **3.350** ppm (range 950 – 5320) dello studio della provincia di Bolzano.

Per le mascherine FFP2-N95: valore medio di CO₂ **11.000** ppm (range 7000 – 15.000) versus **3.850** ppm (range 1220 – 8080) dello studio della provincia di Bolzano.

Per le mascherine di stoffa/scaldacollo: valore medio di CO₂ **11.500** ppm (range 5000 – 24.000) versus **4590** ppm (range 1480 – 10.280) dello studio della provincia di Bolzano.

Senza maschera: valore medio CO₂ **3143** ppm (range 2000 – 5.000) versus **590** ppm (range 50 – 2250) dello studio della provincia di Bolzano.

La discrepanza tra i nostri risultati e quelli dello studio della Provincia di Bolzano non può essere giustificata unicamente dal fatto che in quest'ultimo siano stati sottratti i valori di CO₂ dell'aria ambiente, e neppure dalla presenza di un diverso margine di errore degli strumenti di misura. Infatti lo strumento di misura utilizzato della Provincia (Horiba_PG250) ha una accuratezza simile a quella utilizzato da noi (G100). Sono necessari ulteriori studi per comprendere meglio le cause di questa discrepanza.

Il nostro studio conferma che le maschere con una grande cavità (FFP2) sono peggiori delle maschere più aderenti. Il peggiore risultato con le mascherine di stoffa rispetto alle mascherine chirurgiche è verosimilmente dovuto alla minor permeabilità delle mascherine di stoffa. Parlare o peggio cantare con la mascherina aumenta la quantità di CO₂ nell'inspirio + espirio.

Nelle tabelle n. 4, 5 e 6 (e relativi grafici) si riportano i valori delle misurazioni nei vari soggetti, nelle diverse situazioni (solo espirio, solo inspirio e misto inspirio-espirio), con le diverse tipologie di mascherine.

Risultati della mini-review. Abbiamo esaminato più di 40 studi sull'utilità delle mascherine nel prevenire le infezioni respiratorie, non trovando evidenze di efficacia nell'estendere l'uso a tutta la popolazione, al di fuori delle strutture sanitarie²⁻⁴⁷. Al contrario, alcuni studi sottolineano come, ad esempio per le mascherine di stoffa, la ritenzione di umidità, il riutilizzo e una scarsa filtrazione possano addirittura aumentare il rischio di infezione³⁹. Uno studio su migliaia di individui durante i pellegrinaggi alla Mecca, ha rilevato più infezioni respiratorie nel gruppo che portava costantemente le mascherine⁴⁶. Abbastanza frequenti appaiono forme dermatologiche tipo "maskne" (acne da mascherina). Sono stati rilevati anche fenomeni di "compensazione del rischio", causati da un falso senso di sicurezza generato dall'uso della mascherina⁴⁸. Infine occorre rilevare l'aumento della resistenza respiratoria e il conseguente incremento del lavoro dei muscoli respiratori con l'uso delle mascherine FFP2^{36,49}. L'OMS attualmente raccomanda alle persone di indossare maschere facciali solo se si hanno sintomi respiratori o se ci si deve prendere cura di qualcuno con sintomi (è lasciata ai singoli stati la facoltà di eventualmente estenderne le indicazioni).

Effetti psicologici. La mascherina è un simbolo di pericolo che, coprendo il viso, impedisce di far conoscere l'altro, e riconoscere nell'altro le espressioni e le emozioni umane. Limitando così la mimica facciale, si riduce il contatto emotivo con la conseguenza di rendere i bambini - ma ciò riguarda anche gli adulti - deboli, ansiosi, insicuri ed anche immunodepressi poiché, lo stato psichico rappresenta un elemento fondamentale a garanzia di una buona risposta immunitaria.

Dal punto di vista psicologico, le norme sanitarie previste dal Governo che sono imposte a bambini sani, risultano altamente nocive e causa di possibili disturbi psichici permanenti. Educare i bambini a temere la reciproca vicinanza, risulta fortemente dannoso per lo sviluppo della loro autostima. Inoltre, stabilire una correlazione tra i loro comportamenti e la possibile morte di familiari amati, cosa difficile da dimostrare nel concreto, può danneggiare profondamente il loro relazionarsi con chi li circonda.

Anche negli adulti l'utilizzo della mascherina suggerisce rappresentazioni di malattia, contagio, e morte, e fa ritenere che la vicinanza umana sia un pericolo per la vita provocando malessere psicologico, e limitando la possibilità di un reale funzionamento creativo del cervello. Gli psicologi stanno osservando un drastico aumento di disturbi d'ansia, isolamento sociale, attacchi di panico, e casi di suicidio⁵⁰.

Conclusioni. Per le persone che indossano una mascherina, ogni valore misurato di CO₂ (sia nel presente studio, sia in quello della Provincia di Bolzano) è fuori dai valori accettabili per la qualità dell'aria indoor negli edifici scolastici (tabella 2)⁵¹ e supera anche i livelli ammessi nei luoghi di lavoro (5.000 ppm di CO₂). I sintomi lamentati dai pazienti, dopo uso prolungato di una mascherina, sono spiegabili con gli elevati livelli di anidride carbonica³⁷ e questi livelli sono incompatibili con una ottimale ossigenazione del sangue. Dalla analisi della letteratura non si trovano chiare evidenze per estendere l'uso delle mascherine a tutta la popolazione. Solo in particolari situazioni di rischio, come si possono verificare in ambienti di lavoro, con presenza di polveri tossiche, o nei reparti di malattie infettive, o in caso di persona sofferente per un'infezione respiratoria (in presenza di altre persone) o da chi si prende cura di un simile malato, allora in questi casi specifici si rende necessario l'uso di una mascherina. In queste situazioni sarebbe importante che i lavoratori, opportunamente addestrati, potessero disporre di congrui periodi, intervallati al lavoro, nei quali poter respirare senza mascherina. Si conclude che l'uso della mascherina è dannoso per la salute ed è da raccomandarne l'uso solo per brevi periodi.

Limitazioni. lo strumento impiegato, rileva la CO₂ solo a partire da 1.000 ppm. Perciò questo non ha consentito misurazioni accurate della quantità di CO₂ nell'aria ambiente, dove si sono svolti i test. Le misurazioni del presente studio, a differenza di quello della provincia di Bolzano (che si è svolto nei mesi estivi, in un ambiente ben arieggiato), sono state realizzate nel mese di ottobre in un ambulatorio con le finestre socchiuse, situazione che riproduce meglio la condizione che vive un bambino all'interno della sua classe al banco.

Scuola e mascherine. Con l'ultimo DPCM del 4/11/2020, l'obbligo di portare la mascherina a scuola continuativamente per i bambini sopra i 6 anni, vale per tutto il territorio nazionale, indipendentemente dal rischio di trasmissione, su cui invece l'OMS consiglia di basare le decisioni⁵². Imporre la mascherina a tutti gli scolari per tutto il periodo di permanenza a scuola (unico esempio in Europa fra 6 e 11 anni), nella presunzione di prevenire un'infezione, non appare affatto giustificato. Esistono diversi motivi per non imporre l'obbligo continuativo della mascherina agli scolari: [1] il Numero Necessario di Trattamenti (NNT) per prevenire una infezione è piuttosto alto (l'Istituto Norvegese di Sanità Pubblica ha calcolato che per prevenire una infezione per settimana, 200.000 individui devono usare la mascherina)¹⁹; [2] il COVID ha un decorso benigno nei bambini nella stragrande maggioranza dei casi; [3] l'evidenza di una trasmissione a livello scolastico del COVID non è apparsa finora importante (i bambini trasmettono molto meno degli adulti)⁵³ e infine [4] l'assenza di evidenze scientifiche sui vantaggi dell'uso delle mascherine in comunità^{2-47,54}.

La mascherina ha certamente un valore simbolico, per far meglio comprendere con un mezzo visibile che esiste un nemico invisibile³⁰.

Però, per quanto il valore simbolico sia importante, appare "inaccettabile" costringere i nostri bambini a respirare intollerabili quantità di CO₂ sotto la mascherina per tutta la durata della permanenza a scuola e spesso durante l'ora di educazione fisica.

Diffusibilità della CO₂. Gli alti livelli di CO₂ re-inalati senza mascherina (tabella 1), contraddicono la falsa idea che la CO₂ sia facilmente diffusibile. Questo perché il ristagno di CO₂ attorno alla faccia impiega del tempo per disperdersi essendo la CO₂ 1,5 volte più pesante dell'aria. Questo rende ragione anche del suo facile accumulo negli ambienti chiusi. Dunque la diffusibilità della CO₂ all'interno degli ambienti, non va confusa con la facile diffusibilità della CO₂ attraverso la membrana dell'alveolo e la parete dei capillari.

Tossicità dell'anidride carbonica (CO₂). I danni alla salute da CO₂ sono studiati per lo più nell'adulto (animale e uomo), in condizioni sperimentali, solo nel breve-medio periodo. All'innalzamento della CO₂ segue una acidosi del sangue e dei tessuti; è noto infatti che acqua + CO₂ formano acido carbonico con conseguente abbassamento del pH. Il rene impiega qualche giorno, con l'aumento della escrezione urinaria di acidi e il riassorbimento di bicarbonati, a compensare l'acidosi e a riportare il pH ai valori fisiologici (7,36–7,44). Se però l'aumento della CO₂ è intermittente (come avviene con l'uso delle mascherine), il compenso renale non avviene e l'acidosi non viene compensata interamente.⁵⁵ Cosa comporti questo nel lungo periodo nel bambino non è noto. Si sa per certo che i bambini hanno una richiesta di ossigeno di due-tre volte superiore a quella degli adulti. Inoltre la maschera aumenta **lo spazio morto respiratorio** in maniera inversamente proporzionale all'età: in un adulto la mascherina aumenta del 53% lo spazio morto respiratorio (che nell'adulto normalmente è di 150 ml con 500 – 640 ml di volume respiratorio corrente a riposo), in un bambino di 8 anni l'aumento è del 78%, in un bambino di un anno del 122%. Poiché la concentrazione di CO₂ negli spazi morti è di 45.000 ppm, ovviamente questo comporta un aumento più marcato di inalazione di CO₂ nei bambini.⁵⁶ L'ambiente acido sanguigno induce numerose alterazioni fisiologiche quando si fanno esercizi con la mascherina: 1) variazioni metaboliche, 2) stress cardiorespiratorio (aumento del polso e della pressione), 3) diminuzione della funzione renale, 4) ridotta risposta immunitaria e 5) alterazioni del metabolismo cerebrale e della salute mentale (diminuzione della perfusione cerebrale e inibizione dei neurotrasmettitori eccitatori)²⁷. L'innalzamento cronico della CO₂ nell'organismo è stato messo in relazione anche con malformazioni fetali, danni del sistema riproduttivo, infiammazione tessutale polmonare e cardiovascolare e il cancro.⁵⁵ Non da ultimo per importanza, vi sono possibili danni neurologici.^{55,57} Certo è che, con valori > di 5.000 ppm di CO₂ registrati con le mascherine in questo studio, ai quali corrispondono sintomi quali sonnolenza, perdita di concentrazione, spossatezza, cefalea (tabella 3), appaiono oltremodo incompatibili con un ottimale apprendimento scolastico.

Referenze

1. <https://ambiente.provincia.bz.it/downloads/AppaBZ-Studio-qualita-aria-mascherine-ver24-ita.pdf>
2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2493952/pdf/annrcse01509-0009.pdf>
3. Ritter MA, Eitzen H, French ML, Hart JB. The operating room environment as affected by people and the surgical face mask. *Clin Orthop Relat Res.* 1975 Sep;(111):147-50. doi: 10.1097/00003086-197509000-00020. PMID: 1157412. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1157412/>
4. Ha'eri GB, Wiley AM. The efficacy of standard surgical face masks: an investigation using "tracer particles". *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1980 May (148):160-162 <https://europepmc.org/article/med/7379387>
5. Laslett LJ, Sabin A. Wearing of caps and masks not necessary during cardiac catheterization. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1989 Jul;17(3):158-60. doi: 10.1002/ccd.1810170306. PMID: 2766345. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ccd.1810170306>
6. Tunevall, T.G. Postoperative wound infections and surgical face masks: A controlled study. *World J. Surg.* 15, 383–387 (1991). <https://doi.org/10.1007/BF01658736> <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01658736>
7. Skinner MW, Sutton BA. Do anaesthetists need to wear surgical masks in the operating theatre? A literature review with evidence-based recommendations. *Anaesth Intensive Care.* 2001 Aug;29(4):331-8. doi: 10.1177/0310057X0102900402. PMID: 11512642. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0310057X0102900402>
8. Lahme T, Jung WK, Wilhelm W, Larsen R. [Patient surgical masks during regional anesthesia. Hygienic necessity or dispensable ritual?]. *Der Anaesthetist.* 2001 Nov;50(11):846-851. DOI: 10.1007/s00101-001-0229-x. <https://europepmc.org/article/med/11760479>
9. Figueiredo AE, Poli de Figueiredo CE, d'Avila DO. Bag exchange in continuous ambulatory peritoneal dialysis without use of a face mask: experience of five years. *Adv Perit Dial.* 2001;17:98-100. PMID: 11510307. <http://www.advancesinpd.com/adv01/21Figueiredo.htm>
10. Bahli ZM. Does evidence based medicine support the effectiveness of surgical facemasks in preventing postoperative wound infections in elective surgery? *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2009 Apr-Jun;21(2):166-70. PMID: 20524498. <https://www.semanticscholar.org/paper/Does-evidence-based-medicine-support-the-of-in-in-Bahli/751acd427c20c8dc7d1fbc1b45eead104286f481>
11. Sellden E. Is routine use of a face mask necessary in the operating room? *Anesthesiology.* 2010 Dec;113(6):1447. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181fcf122. PMID: 21068655. <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/113/6/1447/9572/Is-Routine-Use-of-a-Face-Mask-Necessary-in-the>
12. Webster J, Croger S, Lister C, Doidge M, Terry MJ, Jones I. Use of face masks by non-scrubbed operating room staff: a randomized controlled trial. *ANZ J Surg.* 2010 Mar;80(3):169-73. doi: 10.1111/j.1445-2197.2009.05200.x. PMID: 20575920. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1445-2197.2009.05200.x>
13. Vincent M, Edwards P. Disposable surgical face masks for preventing surgical wound infection in clean surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016 Apr 26;4(4):CD002929. doi: 10.1002/14651858.CD002929.pub3. PMID: 27115326; PMCID: PMC7138271. <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD002929.pub2/full>
14. Carøe T. [Dubious effect of surgical masks during surgery]. *Ugeskrift for Laeger.* 2014 Jun;176(27):V09130564. <https://europepmc.org/article/med/25294675>
15. Salassa TE, Swiontkowski MF. Surgical attire and the operating room: role in infection prevention. *J Bone Joint Surg Am.* 2014 Sep 3;96(17):1485-92. doi: 10.2106/JBJS.M.01133. PMID: 25187588. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25187588/>
16. Da Zhou C, Sivathondan P, Handa A. Unmasking the surgeons: the evidence base behind the use of facemasks in surgery. *J R Soc Med.* 2015 Jun;108(6):223-8. doi: 10.1177/0141076815583167. PMID: 26085560; PMCID: PMC4480558. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0141076815583167>
17. Tom Jefferson, Mark Jones, Lubna A Al Ansari et al. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses. Part 1 - Face masks, eye protection and person distancing: systematic review and meta-analysis medRxiv 2020.03.30.20047217; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.20047217> <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.30.20047217v2>
18. Xiao J, Shiu E, Gao H, et al. Nonpharmaceutical Measures for Pandemic Influenza in Nonhealthcare Settings—Personal Protective and Environmental Measures. *Emerging Infectious Diseases.* 2020;26(5):967-975. doi:10.3201/eid2605.190994. https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/5/19-0994_article
19. <https://www.cebm.net/covid-19/masking-lack-of-evidence-with-politics/>
20. Wieland T. A phenomenological approach to assessing the effectiveness of COVID-19 related nonpharmaceutical interventions in Germany. *Saf Sci.* 2020 Nov;131:104924. doi: 10.1016/j.ssci.2020.104924. Epub 2020 Jul 21. PMID: 32834516; PMCID: PMC7373035. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753520303210>
21. <https://web.archive.org/web/20200510161346/https://www.uea.ac.uk/about/-/new-study-reveals-blueprint-for-getting-out-of-covid-19-lockdown>
22. <https://www.cidrap.umn.edu/news-perspective/2020/04/commentary-masks-all-covid-19-not-based-sound-data>
23. Radonovich LJ Jr, Simberkoff MS, Bessesen MT, Brown AC, Cummings DAT, Gaydos CA, Los JG, Krosche AE, Gibert CL, Gorse GJ, Nyquist AC, Reich NG, Rodriguez-Barradas MC, Price CS, Perl TM; ResPECT investigators. N95 Respirators vs Medical Masks for Preventing Influenza Among Health Care Personnel: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2019 Sep 3;322(9):824-833. doi: 10.1001/jama.2019.11645. PMID: 31479137; PMCID: PMC6724169. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2749214>
24. Smith JD, MacDougall CC, Johnstone J, Copes RA, Schwartz B, Garber GE. Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks in protecting health care workers from acute respiratory infection: a systematic review and meta-analysis. *CMAJ.* 2016 May 17;188(8):567-574. doi: 10.1503/cmaj.150835. Epub 2016 Mar 7. PMID: 26952529; PMCID: PMC4868605. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4868605/>
25. Bin-Reza F, Lopez Chavarrias V, Nicoll A, Chamberland ME. The use of masks and respirators to prevent transmission of influenza: a systematic review of the scientific evidence. *Influenza Other Respir Viruses.* 2012 Jul;6(4):257-67. doi: 10.1111/j.1750-

- 2659.2011.00307.x. Epub 2011 Dec 21. PMID: 22188875; PMCID: PMC5779801.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5779801/>
26. <http://www.asahi.com/aiw/articles/13523664>
 27. Chandrasekaran B, Fernandes S. "Exercise with facemask; Are we handling a devil's sword?" - A physiological hypothesis. Med Hypotheses. 2020 Jun 22;144:110002. doi: 10.1016/j.mehy.2020.110002. Epub ahead of print. PMID: 32590322; PMCID: PMC7306735. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306987720317126>
 28. Person E, Lemerrier C, Royer A, Reyckler G. Effet du port d'un masque de soins lors d'un test de marche de six minutes chez des sujets sains [Effect of a surgical mask on six minute walking distance]. Rev Mal Respir. 2018 Mar;35(3):264-268. French. doi: 10.1016/j.rmr.2017.01.010. Epub 2018 Feb 1. PMID: 29395560. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29395560/>
 29. Beder A, Büyükköçak U, Sabuncuoğlu H, Keskil ZA, Keskil S. Preliminary report on surgical mask induced deoxygenation during major surgery. Neurocirugia (Astur). 2008 Apr;19(2):121-6. doi: 10.1016/s1130-1473(08)70235-5. PMID: 18500410. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18500410/>
 30. Klompas M, Morris CA, Sinclair J, Pearson M, Shenoy ES. Universal Masking in Hospitals in the Covid-19 Era. N Engl J Med. 2020 May 21;382(21):e63. doi: 10.1056/NEJMp2006372. Epub 2020 Apr 1. PMID: 32237672. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp2006372>
 31. https://files.fast.ai/papers/masks_lit_review.pdf
 32. Julii Suzanne Brainard, Natalia Jones, Iain Lake, Lee Hooper, Paul Hunter. Facemasks and similar barriers to prevent respiratory illness such as COVID-19: A rapid systematic review. MedRxiv 2020.04.01.20049528; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.01.20049528>
 33. Desai AN, Mehrotra P. Medical Masks. JAMA. 2020 Apr 21;323(15):1517-1518. doi: 10.1001/jama.2020.2331. PMID: 32129797. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762694>
 34. https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Medizinprodukte/DE/schutzmasken.html;jsessionid=B20604DBD2D3212DBEF08A76F966AA4.2_cid329
 35. <https://web.archive.org/web/20200509230932/https://www.oralhealthgroup.com/features/face-masks-dont-work-revealing-review/>
 36. <https://aaqr.org/articles/aaqr-13-06-0a-0201.pdf>
 37. <https://www.primarydoctor.org/masks-not-effect>
 38. <https://mediatum.ub.tum.de/602557>
 39. MacIntyre CR, Seale H, Dung TC, Hien NT, Nga PT, Chughtai AA, Rahman B, Dwyer DE, Wang Q. A cluster randomised trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers. BMJ Open. 2015 Apr 22;5(4):e006577. doi: 10.1136/bmjopen-2014-006577. PMID: 25903751; PMCID: PMC4420971. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4420971/>
 40. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ; COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE) study authors. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Lancet. 2020 Jun 27;395(10242):1973-1987. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9. Epub 2020 Jun 1. PMID: 32497510; PMCID: PMC7263814. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)31142-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31142-9/fulltext)
 41. <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/set-c/set-c-facemasks.pdf>
 42. Christopher T Leffler, Edsel B Ing, Joseph D. et al. Association of country-wide coronavirus mortality with demographics, testing, lockdowns, and public wearing of masks. Update August 4, 2020. medRxiv 2020.05.22.20109231; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.05.22.20109231>
 43. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/a-1174-6591>
 44. Feng S, Shen C, Xia N, Song W, Fan M, Cowling BJ. Rational use of face masks in the COVID-19 pandemic. Lancet Respir Med. 2020 May;8(5):434-436. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30134-X. Epub 2020 Mar 20. PMID: 32203710; PMCID: PMC7118603. [https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600\(20\)30134-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600(20)30134-X/fulltext)
 45. <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/pdfs/mm6936a5-H.pdf>
 46. Alfelali M, Haworth EA, Barasheed O, et al. Facemask versus no facemask in preventing viral respiratory infections during Hajj: a cluster randomised open label trial. SSRN (Lancet preprints)
 47. Bundgaard H, Bundgaard JS, Raaschou-Pedersen DET et al. Effectiveness of Adding a Mask Recommendation to Other Public Health Measures to Prevent SARS-CoV-2 Infection in Danish Mask Wearers : A Randomized Controlled Trial. Ann Intern Med. 2020 Nov 18. doi: 10.7326/M20-6817. Epub ahead of print. PMID: 33205991. https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M20-6817?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
 48. Mantzari E, Rubin GJ, Marteau TM. Is risk compensation threatening public health in the covid-19 pandemic? BMJ. 2020 Jul 26;370:m2913. doi: 10.1136/bmj.m2913. PMID: 32713835. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32713835/>
 49. Kim JH, Roberge RJ, Powell JB, Shaffer RE, Ylitalo CM, Sebastian JM. Pressure drop of filtering facepiece respirators: How low should we go? Int J Occup Med Environ Health. 2015;28(1):71-80. doi: 10.13075/ijom.1896.00153. PMID: 26159949; PMCID: PMC4499853. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4499853/>
 50. Mund-Nasenschutz-Verordnungen <https://www.psycharchives.org/handle/20.500.12034/2751> Prof. Hüther, Gerald: Wie Masken Verhalten ändern <https://www.youtube.com/watch?v=YqTGIZdljY&feature=youtu.be> Bindungsmodelle <https://www.eltern-kind-bindung.net/fachpersonen/postpartaler-bereich/bindungsmodelle/>
 - Consiglio Nazionale dell'Ordine degli Psicologi, La salute psicologica è un diritto! <https://www.psy.it/la-salute-psicologica-e-un-diritto-cittadini-chiedono-azioni-concrete-a-protezione-della-loro-salute-psicologica.html>
 51. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4113.pdf> (pag. 35-39)
 52. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-children-and-masks-related-to-covid-19>

53. Lewis D. Why schools probably aren't COVID hotspots. *Nature*. 2020 Nov;587(7832):17. doi: 10.1038/d41586-020-02973-3. PMID: 33139909. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02973-3>
54. Donzelli A. Mascherine chirurgiche in comunità/all'aperto: prove di efficacia e sicurezza inadeguate. E&P Repository <https://repo.epiprev.it/index.php/download/mascherine-chirurgiche-in-comunita-allaperto-prove-di-efficacia-e-sicurezza-inadeguate/>
55. Adeline Guais, Gerard Brand, Laurence Jacquot et al. Toxicity of carbon dioxide: a review. *Chem Res Toxicol* 2011 Dec 19;24(12):2061-70. doi: 10.1021/tx200220r. Epub 2011 Jul 19
56. <https://mauricejanich.de/heike-sensendorf/>
57. Sumon Das, Zhongfang Du, Shira Bassly, Lewis Singer, Alfin G Vicencio. Effects of chronic hypercapnia in the neonatal mouse lung and brain. *Pediatr Pulmonol*. 2009 Feb;44(2):176-82. doi: 10.1002/ppul.20971.

device	Independent study		Study of the Province of Bolzano	
	average CO ₂	range	average CO ₂	range
Surgical mask	7,292 ppm	(5000 – 13,000)	3,350 ppm	(950 – 5,320)
FFP2-KN95	11,000 ppm	(7000 – 15,000)	3,850 ppm	(1,220 – 8,080)
Cloth mask	11,500 ppm	(5000 – 24,000)	4590 ppm	(1,480 – 10,280)
No mask	3,143 ppm	(2000 – 5,000)	590 ppm	(50 – 2,250)

Tabella 1. Sommario dei risultati: misure della CO₂ con i vari tipologie di mascherine, in inspired. Comparazione con la provincia di Bolzano.

Legenda. ppm = parti per milione (1.000 parti per milione corrispondono ad uno 0,1 %). Normalmente la concentrazione di CO₂ nell'aria ambiente è dello 0,04% (400 ppm), negli spazi chiusi 0,1% (1.000 ppm).

Guide values for indoor air CO ₂ concentrations in school buildings (Ad hoc working group 2008 Umweltbundesamt Berlin)		
CO ₂ (ppm)	HYGIENIC EVALUATION	RECOMMENDATIONS
< 1000	Hygienically insignificant	No further intervention
1000 - 2000	Hygienically relevant	Intensify ventilation (increase external flow volume or air changes)
> 2000	Hygienically unacceptable	Check for ventilation possibilities and if necessary seek additional measures

Tabella 2. Valori guida per concentrazioni di CO₂ nell'aria indoor negli edifici scolastici.

CO ₂ values	symptoms
from 0,5 % (5,000 ppm)	Drowsiness and loss of concentration, sense of exhaustion
from 2 % (20,000 ppm)	Headache, increased breathing and pulse rate
from 4 % (40,000 ppm)	Numbness, nausea, dizziness
from 8 % (80,000 ppm)	Convulsions, coma, death by cardiac arrest after 30-60 min (in adult)
oltre 30% (300,000 ppm)	Rapid loss of consciousness and death within minutes.

Tabella 3. Sintomi in rapporto alle concentrazioni di CO₂

Inspirazione

a

Surgical mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	7,292	13.22					
chp	6,000	7.7	1969	50	m	183	78
map	5,000	8.3	1954	65	f	160	56
mac	9,000	10.0	1942	78	m	180	92
paa	6,000	12.0	1940	80	f	165	55
bet	7,000	12.7	1970	50	m	175	66
frt	13,000	13.1	2007	13	f	165	50
roc	5,000	13.2	1957	63	m	187	99
gem	5,000	14.5	1932	88	f	165	54
nap	5,000	15.0	2007	13	f	174	51
nac	11,000	18.6	1985	35	f	170	65
lap	8,000	26.2	2013	7	m	123	21
mac	7,500	7.6	1942	78	m	180	92

b

Cloth mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	11,500	13.90					
vag	5,000	6.2	1970	50	f	173	64
cll	7,000	6.9	1964	56	f	160	63
beo	12,500	9.0	1967	53	m	180	72
job	10,000	9.6	1965	55	m	184	78
ank	24,000	9.9	1999	21	f	173	64
mak	11,000	11.5	2006	14	f	161	66
phk	9,000	12.5	2003	17	m	181	66
vew	8,500	16.4	1975	45	f	160	67
maa	14,500	20.4	1960	60	m	177	70
lip	18,000	25.0	2015	5	m	110	17
lep	7,000	25.6	2011	9	f	144	29

c

FFP2	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	11,000	11.87					
clc (no valve)	15,000	16.6	1973	48	f	165	81
het (with valve)	7,000	7.1	1967	53	f	175	71

d

no mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	3,143	11.11					
chp	3,000	7.7	1969	50	m	183	78
ank	5,000	8.2	1999	21	f	173	64
map	3,000	9.0	1954	65	f	160	56
phk	3,500	12.0	2003	17	m	181	66
mak	2,000	12.2	2006	14	f	161	66
nap	3,000	13.5	2007	13	f	174	51
vew	2,500	15.2	1975	45	f	160	67

Tabella 4. Valori di CO₂ nell'inspirazione, per soggetto e media, con i vari tipo di mascherine: **a)** mascherina chirurgica; **b)** mascherina in stoffa; **c)** FFP2; **d)** senza mascherina.

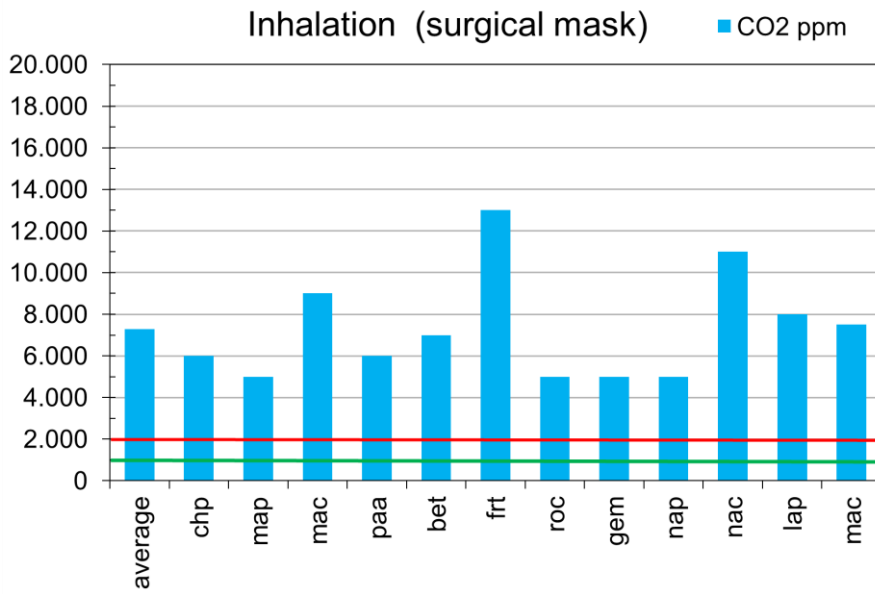


Figura 1a. valori di CO₂ durante l'inspirazione con mascherina chirurgica

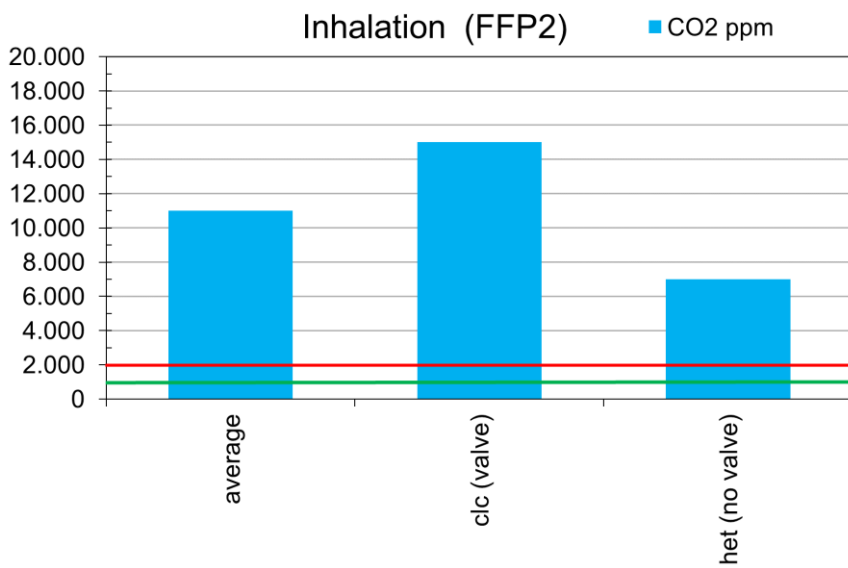


Figura 1b. valori di CO₂ durante l'inspirazione con mascherina FFP2

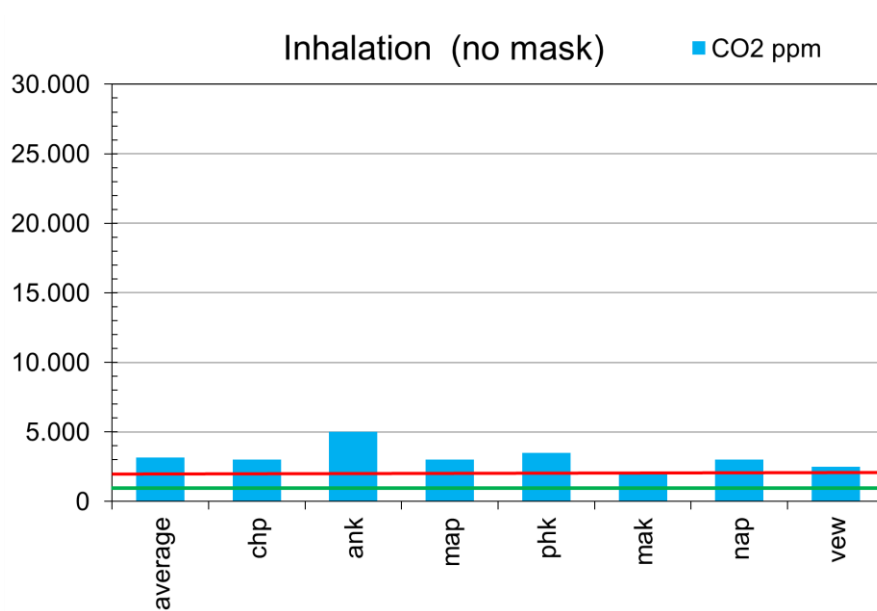


Figura 1c. valori di CO₂ durante l'inspirazione senza mascherina

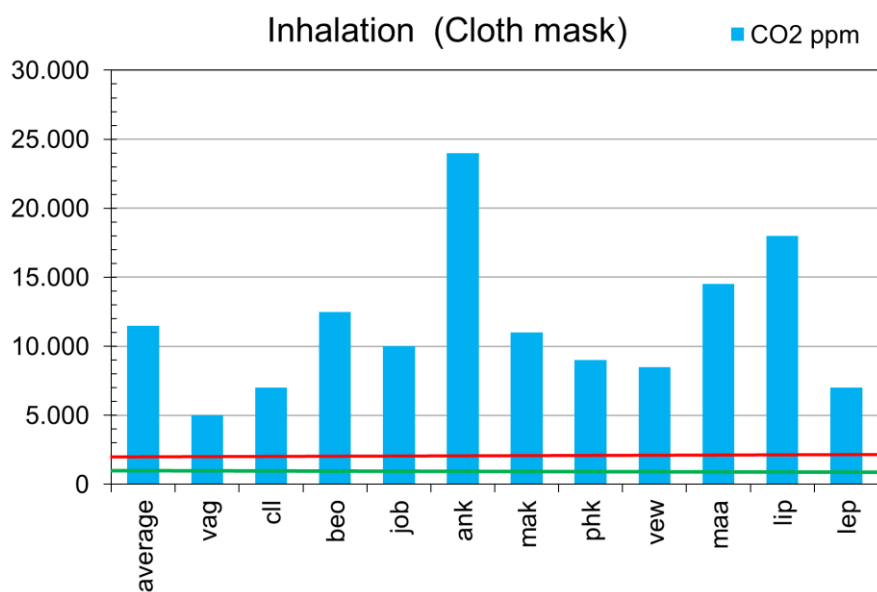


Figura 1d. valori di CO₂ durante l'inspirazione con mascherina di stoffa

Inspirazione ed espirazione (misti)

a

Cloth and surgical mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	23,700	12.79					
roc	18,000	11.5	1957	63	m	187	99
vag	20,000	7.0	1970	50	f	173	64
job	27,500	9.8	1965	55	m	184	78
beo	26,000	16.2	1967	53	m	180	72
maa	27,000	19.5	1960	60	m	177	70

c mentre si canta

Cloth and surgical mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	30,625						
roc	32,000		1957	63	m	187	99
beo	25,500		1967	53	m	180	72
job	32,000		1965	55	m	184	78
maa	33,000		1960	60	m	177	70

b mentre di parla

Cloth and surgical mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	35,500	13,13					
nac	40,000	13,1	1985	35	f	170	65
maa	38,500		1960	60	m	177	70
vag	28,000		1970	50	f	173	64

Tabella 5. Valori di CO₂ nel caso di “**inspirazione ed espirazione mista**”, **a**) con respiro normale (calmo), **b**) mentre si parla e **c**) mentre si canta.

Si è voluto vedere quali concentrazioni risulterebbero se non ci fosse differenziazione tra inspirazione ed espirazione. I risultati NON sono stati presi in considerazione nella valutazione

Espirazione

a

Surgical mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	39,300	14.53					
gem	30,000	15.8	1932	88	f	165	54
roc	31,000	11.5	1957	63	m	187	99
mac	35,000	10.4	1942	78	m	180	92
map	40,000	11.1	1954	65	f	160	56
paa	40,000	12.0	1940	80	f	165	55
frt	40,000	12.7	2007	13	f	165	50
lap	40,000	28.0	2013	7	m	123	21
bet	41,000	10.4	1970	50	m	175	66
nac	43,000	20.6	1985	35	f	170	65
nap	53,000	12.7	2007	13	f	174	51

b

Cloth mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	43,889	14.10					
maa	29,000	19.5	1960	60	m	177	70
beo	35,000	16.2	1967	53	m	180	72
lep	38,000	23.7	2011	9	f	144	29
lip	43,000	22.5	2015	5	m	110	17
vag	45,000	7.0	1970	50	f	173	64
job	48,000	9.8	1965	55	m	184	78
mak	48,000	11.1	2006	14	f	161	66
cll	49,000	5.4	1964	56	f	160	63
phk	60,000	11.8	2003	17	m	181	66

c

FFP2	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	44,250	12.79					
clc (with valve)	40,000	18.7	1973	48	f	165	81
het (no valve)	48,500	6.9	1967	53	f	175	71

d

no mask	CO ₂ (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Height (cm)	Weight (kg)
average	26,375	17.23					
phk	12,000	9.6	2003	17	m	181	66
lap	28,500	38.7	2013	7	m	123	21
mak	32,500	7.9	2006	14	f	161	66
nap	32,500	12.7	2007	13	f	174	51

Tabella 6. Valori di CO₂ nell'espiazione, per soggetto e media, con i vari tipo di mascherine: **a)** mascherina chirurgica; **b)** mascherina in stoffa; **c)** FFP2; **d)** senza mascherina.

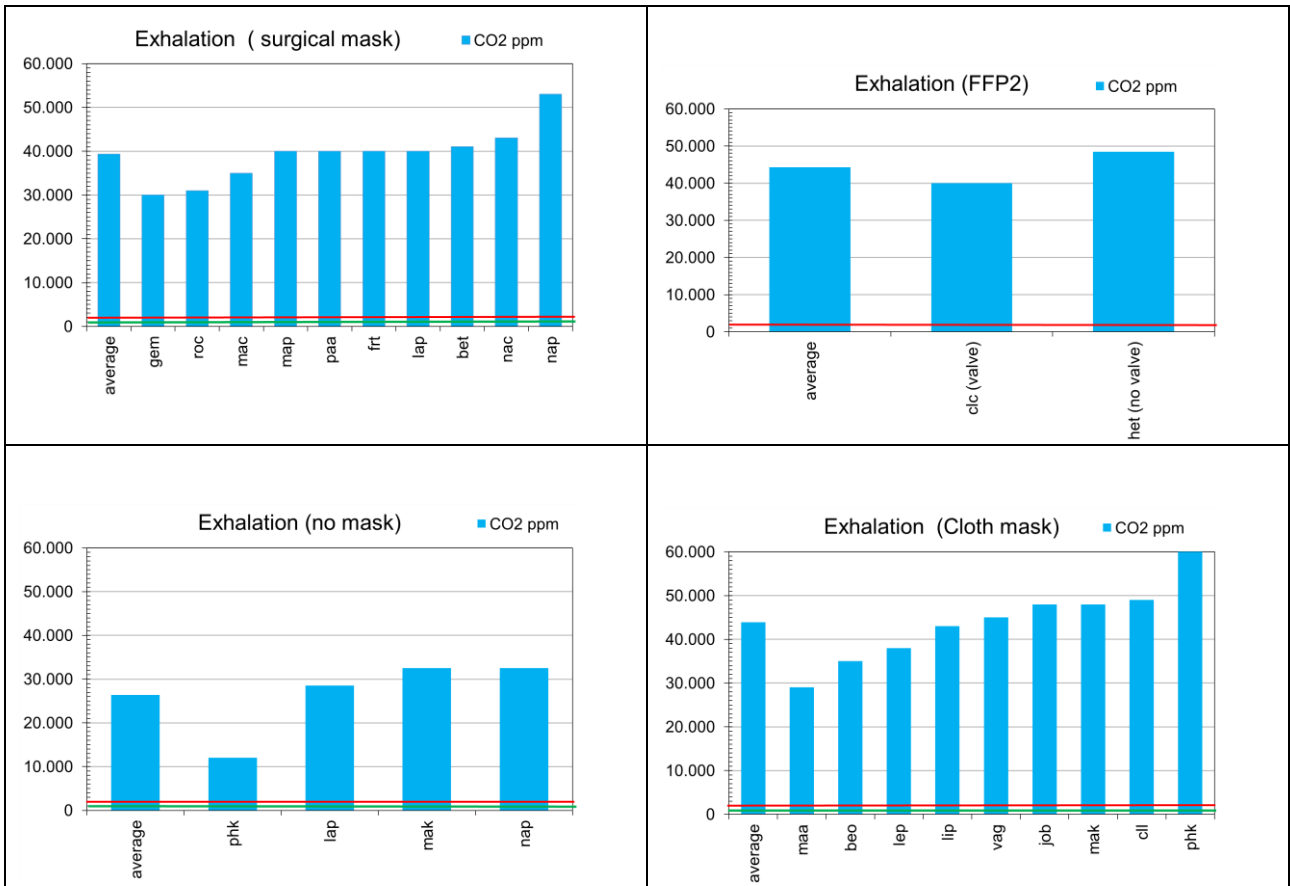


Figure 2. Grafici riassuntivi che mostrano i valori di CO₂ durante l'**espirazione** con i diversi tipi di mascherine