



UPPSALA  
UNIVERSITET

# Att motverka spridningen av virus: en studie på ventilation och vaccination under SARS-CoV-2

Emma Holmlund

---

Independent Project in Biology  
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2024  
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

# Att motverka spridning av virus: en studie på ventilation och vaccination under SARS-CoV-2.

Emma Holmlund Själständigt arbete i biologi 2024

## Sammandrag

Virus kan orsaka förödande konsekvenser för samhället. I denna artikel studeras hur SARS-CoV-2 sprider sig mellan individer via luften och hur nuvarande vaccinationer mot viruset funkar. Studien visar även olika metoder för att påverka spridningen i lokaler och i olika transportmedel; detta kan utföras genom att förbättra ventilationssystemen eller införa filter som kan döda viruset. Transmissionen av viruset kan även påverkas av vaccination utav individer då spridningen minskar mellan personer när de är vaccinerade. Genom att studera olika vetenskapliga artiklar är slutsatsen att virusets spridning påverkas av ventilation i lokaler och fordon samt att filter som RM3 utvecklade till att ta bort virus minskar spridningen. Även olika typer av vaccin har visat på minskad infektionsrisk för personer och därmed leder vaccinering till en minskad spridning av viruset i samhället. Genom god ventilation och vaccinering av individer kan spridningen av virus reduceras i samhället och därmed rädda liv.

## Inledning

En farsot som sprider sig över flera kontinenter kallas för en pandemi; det finns olika virus genom tiderna som har orsakat spridning mellan länder. Ett virus som började spridas över världen i december 2019 är SARS-CoV-2, denna orsakade pandemin som kallas för Covid-19 (WHO 2024). Forskare inom området är inte riktigt ense om hur viruset sprids mellan personer. Det finns forskning som stödjer teorin om spridning via droppar, aerosoler (små partiklar i luften) eller via kvarvarande virus på ytor (Dhawan & Biswas 2021, Miller et al. 2021, Riddell *et al.* 2020). Den sistnämnda transmissionsvägen är omdiskuterad i forskningsvärlden, det finns forskning som motsäger att transmission kan ske via ytor, detta eftersom de virus som hittad på ytorna inte kan replikera sig (Pilipenco *et al.* 2023). Det bör även nämnas att forskare hittat att virus överlever olika länge på olika material. Forskare har även funnit att viruset inte smittar via icke porösa material och kan klara sig utan en människa rätt så länge (Riddell *et al.* 2020). Virus har dock hittats på porösa material: det finns en studie som påvisar att viruset har hittats på både stenar och träd, däremot är det ovisst om viruset fortfarande smittar då det ej tas upp i artikeln (da Silva *et al.* 2021). Med de nämnda källorna i åtanke kvarstår fortfarande forskning som måste utföras för att få fram en gemensam åsikt om SARS-CoV-2 sprids via ytor: i nuläget är det en möjlighet men inte så troligt.

Med dessa nämnda transmissionsvägar kan viruset spridas från en smittad person till en icke smittad individ, detta sker eftersom viruset finns i saliv hos människor och följer med vid nysningar, hosta eller när människor pratar (Dhawan & Biswas 2021). Det förlopp som sedan sker är att Spike proteiner som finns på virusets yta binder in till värdcellen via ACE2 receptorer (Zhou *et al.* 2020). Receptorn finns bland annat på epitelceller på typ ett och typ

två alveoler i den mänskliga lungan (Hamming *et al.* 2004). Detta kan därmed indikera på transmission via aerosoler och droppar som andas in och kommer ner till alveolerna i lungan.

Vid vaccinering sprutas liten mängd antigen (virus) in i individen och därefter kommer kroppen att skapa antikroppar mot viruset. När den vaccinerade individen senare kommer i kontakt med viruset kommer immunsystemet snabbt att framställa antikroppar mot viruset och skydda kroppen (Europeiska vaccinationsinformationsportalen 2024). Ett annat sätt att inducera antikroppar är att injektera mRNA som kodar för receptorerna på virusets utsida. Inuti cellen kommer mRNA att bli till ett protein som sedan kommer att visas på utsidan av cellen och antikroppar kommer att skapas för proteinet (Maruggi *et al.* 2019). mRNA vaccinen kodar för Spike protein som finns på utsidan av viruset, dessa kallas för Comirnaty (BNT162b2) och mRNA- 1273. Det finns även vaccin som Vaxzevria (tidigare ChAdOx1 nCoV-19) som använder sig av ett virus som är modifierat till att inte infektera utan bara koda för Spike proteinerna för SARS-CoV-2. Detta aktiverar immunförsvaret och gör att antikroppar bildas mot proteinet (Mascellino *et al.* 2021).

Det första fallet av Covid-19 i Sverige som blev registrerat var i februari 2020 (Folkhälsomyndigheten 2023). Sedan dess har 20 596 svenskar dött av viruset mellan åren 2019 och 2024. Det var färre kvinnor som dog (9045 stycken) men fler äldre människor dör av viruset (Socialstyrelsen 2024). Individer i Sverige har sedan smittans start anpassat sig till de satta restriktionerna, det har kommit en rapport om hur anpassningen ser ut i Sverige och 60% av svenskarna har följt restriktionerna (Folkhälsomyndigheten 2020a). En utsatt grupp under åren med framfarten av Covid-19 har varit äldre, då risken för allvarliga symptom ökar med åldern men även att äldre generellt har underliggande sjukdomar och därför påverkades de i högre utsträckning. Därmed stod det klart att äldre bör ha mindre kontakt och hålla sig från offentliga platser så mycket som möjligt (Folkhälsomyndigheten 2020b). Dock är det inte bara äldre som är en riskgrupp när det gäller virusets framfart, utan även personer som är gravida rekommenderas att inte vistas i offentligheten då det kan innebära en ökad risk för ökad prematur födsel. Personer med Trisomi 21 (Downs syndrom) bedöms även ha en högre risk att utsättas för ett allvarligt sjukdomsförlopp och därmed anses de individerna vara i en riskgrupp då det gäller viruset.

Med den passerade pandemin i åtanke och alla personer som har blivit påverkade av viruset, kan det tyckas att det är viktigt att få bukt på smittspridningen. Som redan nämnt kommer individer i kontakt med virus via droppar eller aerosoler vid nysningar, hosta eller de som sprids vid tal. Därmed är det viktigt att se till att ventilationen i lokaler och allmänna transportutrymmen fungerar väl. Även med bra ventilation kan det vara fördelaktigt att vaccinera personer, detta delvis för att öka individens försvar mot smittan men även för att minska smittspridningen mellan individer. Med ventilation och vaccination i åtanke är tanken i denna studie att undersöka hur ventilation och vaccination påverkar smittspridningen av virus.

## Ventilationens påverkan på spridningen

En potentiell spridningsväg kan vara att personer reser med flyg, buss eller vistas på hotell. Genom personers vistelse bland andra individer kan spridningen mellan dem bli ett faktum. En mindre effektiv ventilation kan påverka spridningen mellan personer ännu mer. Detta kan ses genom att mäta koldioxiden i lokalen eller fordonet man är intresserad av. Ifall koldioxidpartiklarna överstiger 800 miljondelar anses det vara en indikation om otillräcklig ventilation. I en studie kunde detta tal ej ses med mätning av koldioxid i tågagnar under en timme till och från flygplatsen med tre till ett dussin passagerare. I en stor folkmassa på

flygplatsen då personer klev av eller väntade på att borda plan fanns 300 personer. Här kunde en koldioxidhalt på 1104 miljondelar upptäckas och därmed var risken för smitta. Då det fanns färre personer inuti flygplatsen var inte koldioxidhalterna lika stora och därmed var risken för smitta mellan personer mindre. Då personer stiger på respektive av planen och när planen är i luften kunde en koldioxidhalt över 800 miljondelar uppmätas, dock kunde det konstateras att luften återanvänds i ett plan under färd och har ett HEPA filter som minskar risken för spridning. Under en färd var det ingen ventilation i planet under påstigning vilket fick koldioxidhalten att nå ett värde i planet på 3405 miljondelar, vilket därmed ökar risken för att viruset kan spridas. Personer som reser bor ofta på hotell och vid mätningar på lokaler i hotellbyggnader kunde en risk ses i hotellrum med två personer och gym med tre personer där koldioxidhalten över 800 miljondelar (Cadnum *et al.* 2022).

Som redan nämnt kan virus spridas via aerosoler och droppar som kommer från bland annat nysningar från smittade personer. När detta sker i slutna utrymmen som i en buss kan virus sprida sig i väldigt hög utsträckning. Detta beror dessutom på vilket ventilationssystem som bussen har. Forskare har utfört simuleringar där Navier-Stokes ekvation används för att simulera luftflödet. Med Lagranges ekvation kunde partiklarnas rörelser i bussen bestämmas. Detta görs för olika ventilationskonfigurationer i en buss, där olika grad av ventilation är tillåten. Bussen är under varje simulering indelad i fem zoner där en person är utsatt i varje zon. Under konfigurationen HVAC 1, vilket är den minsta mekaniska ventilationen, där två ventiler ut och en in i bussen är placerade på bussens tak. Simulering av nysning sker på de fem olika distribuerade zonerna i bussen, därefter kan man konstatera att efter hundra sekunder kommer de flesta dropparna fortfarande röra sig i luften. Det finns även fler droppar med virus som stannar kvar längre längst bak i bussen än vid de andra zonerna i bussen. Om man sedan ändrar systemet och använder sig av HVAC 2 så tillsätter man åtta in-ventiler och tre ut-ventiler till taket vilket kommer att påverka strömmarna genom bussen. I simulering av nysningar på samma platser kommer rörelsen av dropparna förändras och det kommer att finnas färre droppar runt personen som sitter längst bak i bussen. Mittendelen av bussen kommer ha minskade droppar i luften då dropparna kommer sugas ut ovanför mittendelen. Det tredje ventilationssystemet som undersöktes kallades HVAC 3 då sätts ut-ventilerna på sidan av bussen och man behåller de åtta in-ventilerna på taket som under HVAC 2 simuleringen. Simulering av nysningar från de fem olika zonerna visar att dropparna från förarens nysningar effektivt sugas ut ur bussen. Även droppar längst bak i bussen sugas ut på ett effektivt sätt. Dock kommer inte dropparna i mitten av bussen att sugas ut lika effektivt som de andra systemen. Det bör nämnas att resultaten från artikeln är baserade på simuleringar och att figurerna inte överensstämmer med texten i antalet in-ventiler. Författarna drar även slutsatser från andras resultat i deras sammandrag (Ramajo & Corzo 2023).

Spridningen av virus visas även i en annan simulering för olika ventilationskonfigurationer i ett rum under negativt tryck med en patient som hostar. Simuleringar genomförs med Navier-Stokes ekvation som simulerar luftflödet över tid. Genom att sedan använda Lagranges ekvation kan man beräkna rörelsen av partiklar och diffusionen av dem. Dessa simulationer kan vara bra för att utreda sjukhusrummets vikt i spridningen av virus. I studien framkom det att patientens position påverkar spridningen och distribueringen av aerosoler i rummet. Simuleringarna baserades på samma in-ventil i taket men förändrade positionen på ut-ventilerna i väggen. Den mest effektiva ventilationen var att ha två ut-ventiler, varav den ena till höger och den andra ovanför sängen. Denna typ av ventilation kan minska spridning till sjukvårdare, då det visade på mindre antal aerosoler i luften där de vistats. Detta delvis eftersom vissa av ventilationstyperna inducerade återcirkulation, vilket utsätter sjukvårdare för partiklarna under en längre tid. Därmed utsätts de för en högre transmissionsrisk. Genom

att byta ut luften i rummet minskar transmissionsrisken. Dock rekommenderades det lägsta utbytet av luft om man tittar på kostnaden mellan den lägsta och högsta inställningen. För utbytet av luften kunde slutsatsen dras att det räcker med det lägsta utbytet då det ej fanns ett linjärt samband mellan olika utbyteshastigheter och borttagna partiklar (Li Z *et al.* 2024).

Det har även gjorts forskning med en Navier-Stokes-simulering i en Toyota Prius (personbil). Detta har kunnat visa att aerosoler och droppar har en möjlighet att sprida virus via cirkulation som uppstår vid vissa öppna fönster som ger ett luftflöde. Detta har även visats i simuleringar med en riktig bil med samma konfigurationer som i simuleringen. När en förare sitter framme till vänster och en passagerare sitter bak till höger, och då alla fönster är stängda och enbart ventilationen är på, är smittorisken relativt hög för passageraren och föraren. Det bästa alternativet för att minska spridningen var att ha alla fönster öppna, för då minskade risken för transmission från förare till passagerare. Det kan tros att det bästa alternativet, både som förare och passagerare, är att öppna fönstret närmast sig för att minska smittan, dock med hänvisning till strömningarna i luften kommer många aerosoler och droppar kunna sprida sig till personen bredvid fönstret. Om chauffören är smittad kan en förbättring göras genom att i stället öppna fönstret bak till vänster och fönstret fram till höger, detta gör att inflödet av luften kommer på passageraren som sitter bak och därmed får den en mindre risk att utsättas för virus. Om man i stället tittar på transmissionen från passagerare till förare, tycks även här det bästa alternativet vara att ha alla fönster öppna. Dock kommer flödet med luft att komma från de bakre fönsterna och utflödet blir därmed genom de främre fönstren. Ifall passageraren är smittad och nyser kommer droppar och aerosoler att kunna sprida sig till chauffören mer effektivt och därmed kommer föraren att ha en högre risk att bli smittad i en helt öppen konfiguration. Dock är det fortfarande den bästa konfigurationen mot smittspridningen av viruset (Mathai *et al.* 2021).

Även restaurangbranschen påverkas av spridningen av viruset. Efter ett restaurangbesök smittades en familj av SARS-CoV-2. Efter detta utfördes undersökningar av lokalen. Restaurangen var på den tredje våningen där familjen hade ätit. Det påvisades att lokalen hade ett väldigt lågt inflöde av luft. Därmed återanvändes mycket av luften i lokalen, vilket skulle kunna ge en ökad spridning mellan vistande personer i restaurangen. Genom att använda en simulering med Navier-Stokes ekvation kunde det visas att dålig ventilation fick partiklar att ansamlas i höjd med personer och därmed kunde viruset spridas. Detta fenomen uppstod eftersom strömmar fick partiklarna att få en hög höjd, och när luftströmmen mötte ett fönster böjdes den nedåt och kom därmed i höjd med sittande eller stående individer. De kommer fram till att viruset inte enbart kan spridas genom dålig ventilation eftersom viruset inte sprids mer än två meter (Li Y *et al.* 2021). Dock har en annan artikel kommit fram till att ventilationen i sig kan sprida viruset mer än två meter. Detta gjordes genom att efterlikna de förutsättningar på dagen då viruset sprids mellan personerna och mäta genom att använda en anemometer. Det framkom att spridningen av viruset skulle kunna ske då personer är mer än två meter ifrån varandra enbart eftersom riktningen av luftströmmen gick från den smittade till den friska individen (Kwon *et al.* 2020). Även i restauranglokaler har koldioxidhalten uppmätts vara över 800 miljondelar beroende på hur många som vistas i lokalen. Därmed kan smittan även ha påverkats av partiklar i luften och inte enbart luftströmmarna eller den potentiella spridningslängden av viruset (Cadnum *et al.* 2022).

En smittspridningsfaktor relaterad till ventilation uppstår när luften återinförs, detta genom att luften först filtreras genom ett filter för att sedan komma tillbaka som inluft. Forskare har gjort studier på ett kontor där de har använt sig av Navier-Stokes och Lagranges ekvationer för att simulera och kunna se hur smittan kan sprida sig med olika konfigurationer i luftflödet.

Det visades att infektionsrisken minskade när man tog bort cirkulerande luft och enbart tog luft utifrån. De simulerade även med ett luftfilter som kallas Rheem's third generation products (RM3), RM3 kunde desinfektera luften med nittionio procent, Med återcirkulerande luft och RM3 filtret visade simulering en mindre infektionsrisk. Men den största åtgärden som kunde göras för att minska smittan var att ha RM3 filtret men även ta all luft utifrån, då minskade spridningen som mest. Simuleringarna kunde även visa att personer som varit i närheten av de som var sjuka hade en högre risk att bli smittad. Det som bör nämnas är att filtret måste rengöras vid jämna mellanrum för att ha sin fulla desinfektionskapacitet. RM3 filtret ger ett luftflöde nedåt vilket gör att partiklar i luften kommer strömma nedåt mot golv, den renar även luften med UV-strålning vilket dödar viruset och därmed renar luften (Srivastava *et al.* 2021).

## Vaccinationens påverkan på spridningen

I en studie injekterades antingen mRNA eller DNA-vaccin i möss. mRNA vaccinet tillsattes antingen intramuskulärt eller intrakutant och resultaten visade att antikroppar bildades snabbast då mRNA vaccin användes. Om man jämför injektionsmetoderna som användes, bildades antikroppar snabbast vid intrakutan injektion och även vid en högre dos av mRNA:t. Det bör dock nämnas att vid de olika försöken hade forskarna en tämligen liten testgrupp på enbart fem möss. Forskargruppen påvisade även att mRNA vaccin skyndar på processen att tillverka B-celler via inducering av IL-5 och IL-6. I sin tur leder fler B-celler till ett bättre försvar mot virus, då de producerar antikroppar. mRNA metoden kan även hjälpa vid andra virusinfektioner, detta visades i samma studie och då på HIV-1. Responsen som mRNA vaccinet gav var mycket snabbare än andra vaccinationsmetoder (Gebre *et al.* 2022).

Som redan påpekat finns det många olika typer av vacciner mot SARS-CoV-2. Ett av vaccinen som används kallas Comirnaty. I en fas två/tre studie gjord på 36 523 personer som fått mRNA vaccinet eller de med placebo kunde påvisas att vaccinet hade en effektivitet mot viruset på 95% efter dos två. En patient ansågs infekterad om olika symptom kunde påvisas vara kopplade till virusinfektionen. Det fanns ingen signifikant skillnad på effektiviteten beroende på ålder (Polack Fernando P. *et al.* 2020). En senare studie gjord på befolkningen som blivit vaccinerade i olika delar av England innehöll 23 324 individer. Infektion kunde påvisas genom PCR-test eller antikroppstest, även testresultat utanför studien studerades. Studien visade att vaccinet hade en effektivitet på 85% efter dos två och minskade därmed infektionsrisken. Vaccinet var som mest effektivt några veckor efter den andra dosen vaccin, som i genomsnitt togs 21 dagar efter den första dosen vaccin. Studien visade även på en variation mellan vaccinationstagare och etnicitet, kön och ålder, dock visades en hög vaccinationsgrad hos sjukvårdare med en vaccinationsgrad på 90% (Hall *et al.* 2021).

Ett annat mRNA vaccin kallas för mRNA-1273. I en fas tre studie har effektiviteten av detta vaccin testats. 30 420 individer fick antingen placebo eller vaccin och virusinfektion påvisades genom att individen hade två symptom som anses kopplad till viruset. Vaccinet hade en effektivitet på 94,1% med hänsyn till symptomatiska åkommor i de kliniska testerna (Baden Lindsey R. *et al.* 2021). I en studie i södra Kalifornien lik den i England men på vaccinet mRNA-1273 ingick 705 756 testpersoner, där hälften fick placebo och hälften vaccin. Infektion identifierades via ett Covid-test eller asymtomatiska och symptomatiska symptom. Vaccinets effekt var ungefär som effektiviteten i studien gjord på Comirnaty (85%) med en justerad effektivitet på 87.4% efter två doser (Bruxvoort *et al.* 2022).

Den andra vaccinationstypen som tas upp i denna artikel är vaccination medierad med ett annat virus som bär på Spike proteinet. Denna metod används av vaccinet Vaxzevria. En

liknande förstudie som de som utfördes på Comirnaty och mRNA-1273 tillsattes för Vaxzevria. En fas tre studie hade 32 451 testpersoner som antingen fick vaccinet eller placebo. Infektion påvisades utifrån Covid-test eller antikroppstest efter att individen visade symptom av infektion. Studien visade att vaccinet hade en generell effektivitet på 74%. Som skrivit påverkas äldre i större utsträckning än yngre, Vaxzevrias effekt hos individer som var 65 och äldre var på 83,4% (Falsey Ann R. *et al.* 2021). I Brasilien har en studie genomförts på 75 919 840 individer som fått vaccinet, individer som inte var vaccinerade var exkluderade. Detta för att se på effektiviteten av vaccinet på befolkningen, den justerade effektiviteten var vid full vaccination 78,1%. Infektion indikerades med antingen antikroppstest eller RT-PCR-test. Om man enbart tittade på personer upp till 89 år var effektiviteten för vaccinet högre med 90%, hos personer som är äldre än 90 år var effektiviteten lägre med ett justerat värde på 68,5% (Cerqueira-Silva *et al.* 2022).

Detta säger dock enbart något om den generella individens risk för att smittas. En studie från Spanien studerade påverkan på transmissionen då personer var vaccinerade, där kunde de konstatera att transmissionen minskade då personer vaccinerade sig. Sammanhang där personer träffades utanför hushållet utvärderades för 19 631 sociala kontakter och infektion visades via antigenstest eller RT-qPCR. Beroende på vilken person som var sjuk och vilken som var vaccinerad minskade transmissionen av viruset olika mycket. Då båda individer var vaccinerade minskade transmissionen med 74%, då enbart den smittade personen var vaccinerad minskade transmissionen med 44%. Om enbart den icke-smittade personen var vaccinerad minskade transmissionen med 69%. Denna reduktion av transmission kunde visas i de flesta åldrar förutom för personer med åldrarna sextio och över där transmissionen minskade mindre i de tre fallen av vaccinering. Om den smittade personen hade vaccinerat sig var minskningen på 35%, då enbart den icke-smittade hade vaccinerat sig var minskningen av spridningen 54% och då båda hade vaccinerat sig var transmissionsminskningen på 56%. I samma studie utfördes likadana test fast med inriktningen mot spridningen inom hushållet. Kontakt mellan 20 708 individer utvärderades och infektion indikerades via antigenstest och RT-qPCR. Dessa resultat visade på en minskad transmission. Då enbart den smittade var vaccinerad var minskningen av transmissionen 13%, då den som var frisk hade vaccinerat sig var minskningen 61% och då båda var vaccinerade låg den på 52%. Liknande värden kunde observeras för de yngre individerna, även här var det en mindre minskning av transmissionen hos de äldre (Martínez-Baz *et al.* 2023).

Det finns rapporter som konstaterar att avtagande även är ett problem då det gäller vaccinets effektivitet mot viruset. En studie har tagit data från 842 974 individer i Sverige som antingen fått vaccinen Comirnaty, mRNA-1273 eller Vaxzevria. Även lika många individer fick placebo. För att utgöra om individerna smittats av viruset utfördes PCR-test. Forskarna kunde konstatera att vaccinen Comirnaty, mRNA-1273 och Vaxzevria hade sin största effekt efter andra dosen och den höll i sig i ungefär två månader efter den andra vaccineringen. Efter två månader minskade effekten och vid sju månader fanns där ingen effekt av vaccinen. Det fanns även indikationer på att inte bara tiden påverkade effekten utan även åldern, ju äldre individen var desto mindre effekt, detta kunde ses vid de flesta tidsstegen. Även kön påverkade effektiviteten, ju längre tid som gick desto mindre blev effekten hos män (Nordström *et al.* 2022).

## Diskussion

En farsot påverkar flera människor i samhället, bland dem som påverkas mest finns de äldre och de som redan har ett nedsatt immunförsvar på grund av sjukdomar. Samhället i stort bör därmed försöka minska spridningen så att färre individer insjuknar i virussjukdomen. Genom att i sin tur studera rapporter från åren då SARS-Cov-2 härjade runtom i världen kan man konstatera att vaccineringen av personer har en viktig roll mot spridningen av virus. Vaccination av individer har påvisat en minskning av spridningen till personer då de är vaccinerade. Detta eftersom immunförsvaret effektivt tillverkar antikroppar mot viruset då individen är vaccinerad. Det finns olika vaccinationer som kan användas mot viruset, däribland mRNA vaccin. Denna metod använder sig av mRNA som kodar för Spike proteinet på virusets yta. mRNA vaccin har visat sig vara effektiva mot att förhindra smittspridningen genom att inducera IL-5 och IL-6 för tillverkningen av B-celler mot viruset. Effektiviteten har visats vara stor för de båda mRNA vaccinen Comirnaty och mRNA-1273. I en fas två/tre studie med 36 523 testpersoner visade på att Comirnaty hade en effektivitet 95% efter dos nummer två och mRNA-1273 med jämförbara 94,1% i en fas tre studie med 30 420 testpersoner. Data har presenterats för effekten av vaccinering med de två vaccinen på hela befolkningen. En studie i England använde sig av 23 324 testpersoner som fått vaccinering via Comirnaty. I studien kunde det visas att Comirnaty hade en effekt på 84%. Medan en liknande studie utförd i Kalifornien med 352 878 personer som fick två doser av mRNA-1273 visade att vaccinet hade en effekt på 87,4%. Dessa jämförelser indikerar på ett välartat skydd mot viruset vid användning av de båda vaccinen och ett effektivt sätt att skydda individer mot viruset.

Om man i stället kollar på Vaxzevria kan det konstateras att detta vaccin inte är lika effektivt som de två mRNA-vaccinen. Här observerades det att i en fas tre studie med 32 451 individer som antingen fick placebo eller vaccin kunde effektiviteten påvisas var på 74% efter två doser. Om man jämför med Comirnaty och mRNA-1273 i respektive fasstudie är det en differens på 20% vilket är relativt mycket. I studier utförda på befolkningen i Brasilien med en testgrupp på 75 919 840 individer kunde det konstateras att effektiviteten för vaccinet var 78,1% vid full vaccination. Denna procenthalt är lite över fas tre studiens procent, även skillnader mellan rapporterna på hur vaccinets effekt påverkas av åldern kan ses där fas tre studien visar på en ökning i effekten av vaccinet, medan befolkningsstudien visar en minskad effekt vid högre ålder. Det ska dock sägas att befolkningsstudien har en större testgrupp och därmed kan vara mer tillförlitlig. Det bör även påpekas att oavsett ålder kan det alltid vara en fördel att vaccinera sig då vaccination generellt minskar spridningen mellan individer och ger ett ökat skydd för den vaccinerade individen.

Transmissionen av viruset minskade även mellan individer då personer var vaccinerade, antingen hemma eller vid socialisering. Där kunde det visas att efter vaccinering hade individer mellan 18 och 59 år en lägre risk att bli smittade av viruset i sociala sammanhang utanför hushållet än de individer som var över 60 år, detta påvisades med 19 631 sociala sammanhang. Därmed bör äldre ses som en riskgrupp och de sätta restriktionerna för dem kan ha räddat många personers liv, då individerna möjligtvis minskat sin risk för smittan genom att stanna kvar i hemmet. Beroende på vilken person som är vaccinerad påverkades transmissionen på olika sätt, om enbart en är vaccinerad eller om båda är vaccinerade påverkades virusets spridning mellan individer. Transmissionen minskade som mest då båda personer var vaccinerade. Detta resultat påvisar vaccinens effektivitet mot spridningen. Därmed är det bästa för samhället om de flesta vaccinerar sig och detta skulle potentiellt kunna minska spridningen av viruset och färre människor kommer att insjukna i



virussjukdomen. Även en del av spridningen skulle kunna påverkas av att vaccinationens effekt minskar efter den andra dosen: detta har kunnat påvisas i en studie gjord på 842 974 individer i Sverige. Då vaccinationens effekt minskar med tid skulle avtagande inom populationen kunna öka spridningen mellan individer och detta skulle kunna leda till att fler personer kommer kunna bli smittade och kunna sprida viruset vidare.

Det beror inte enbart på vaccin utan också vilken variant av viruset som sprids i samhället, effektiviteten av vaccinerna påverkas av vilken variant det är och hur många doser individen har fått mot viruset (Tseng *et al.* 2023). Därmed är det viktigt att snabbt kunna utveckla vaccin mot virus för att kunna minska spridningen mellan individer men även vara beredd på olika varianter av virus som minskar effektiviteten av vaccinen.

Spridningen av virus påverkas inte bara av vaccinering utan även av ventilationstyper i fordon eller i lokaler. Genom att göra simuleringar via Navier-Stokes och Lagranges ekvationerna i en buss har det kunnat visas att viruset enkelt kan sprida sig via nysningar ifall ventilationen inte suger bort partiklar i luften. Bland de värsta platser i en buss med avseende på spridning av virus var längst bak i bussen, här kunde simuleringar påvisa att partiklar samlades och därmed ökade potentiell spridningsrisken. Den värsta ventilationen med avseende på smittspridningen var ingen mekanisk ventilation alls och den bästa var den högsta mekaniska ventilationen i bussen. En lösning på problemen med spridningsrisken skulle kunna vara att simulera strömmar genom bussen innan produktionen av bussen startar, därmed skulle utvecklingen av den bästa ventilationen i fordonet uppnås och därigenom minska spridningen av viruset i den lokala trafiken. Även spridningen i personbilar kan simuleras genom Navier-Stokes ekvationen, simuleringarna har visat att transmissionen påverkas av graden av ventilation som finns i bilen. De visar på att avsaknad av ventilation ger den högsta spridningen av virus mellan chaufför och en person i baksätet. Vid helt öppna fönster är spridningen som minst för de båda individerna i bilen, chauffören har dock en större risk för smitta då alla fönster är öppna. Detta eftersom luften kommer att åka ut ur de främre fönsterna och därmed passerar partiklar chauffören. Det kan även konstateras att fönsterna som är precis intill individen inte bör öppnas då partiklarna enklare kan komma till individen och därmed sprida viruset vidare. Ventilationen i bilar kan potentiellt påverka bland annat taxichaufförer och deras kunder genom att sprida viruset mellan dem.

Lokaler har även en inverkan på virusets spridning. Inom restaurangbranschen har personer blivit smittade, detta på grund av dålig ventilation i lokalen, och det finns motstridiga källor angående hur långt viruset kan färdas mellan människor. Studier har använt sig av modellering med Navier-Stokes ekvationen och ansåg att det inte enbart var ventilationen som förde viruset mer än två meter. En annan studie återskapade förutsättningarna för dagen då individen smittades och mätte lufthastigheten och riktningen med en anemometer och visade på att viruset kan spridas längre än de två meter som har sagts. Dock med tanke på att luften återcirkulerades och att införingen av ny luft är minimal, kan det tyckas att en dålig ventilation kan få virus att färdas längre och därigenom ha en stor spridning mellan människor i lokaler. Dock är det inte enbart restaurangbranschen som påverkas utan även lokaler som sjukhuspersonal och patienter vistas i. På sjukhus finns oftast rum med undertryck, detta gör att partiklarna med droppar och aerosoler rör sig nedåt och därmed minskar risken för infektion. Simuleringar med Navier-Stokes visade att ventilationen i sjukhuslokaler och framför allt i vårdrum kan påverka spridningen mellan patienter och sjukvårdspersonal. Ingen stor inverkan på spridningen kunde ses i att införa ett inflöde av luft till rummet, men däremot genom att ha en effektiv ventilation som tar bort partiklar från luften kan simuleringen påvisa att smittspridningen till sjukvårdspersonal kunde minska.

Även genom att sätta olika konfigurerade ut-ventiler på väggen bakom patienten kan spridningen av viruset påverkas. Vid en konfiguration då en ventil är ovan och en ventil bredvid patienten ges en minskning av partiklar vid nysningar och hosta och därmed en mindre risk för att viruset sprids till sjukvårdspersonal. Detta bör ses framför allt som en effektiv lösning i äldreomsorgen där risken för spridning är större för de äldre patienterna.

Ännu en lösning för att få en minskning av transmission i olika lokaler som kontor eller sjukvårdsrum kan vara att sätta in filter i ventilerna. Dessa kan döda viruset och spridningen kommer att kunna minskas, då luften återinförs. Simuleringarna genomfördes med Navier-Stokes och Lagranges ekvationer. Den mest effektiva lösningen kunde ses i simuleringar då ett RM3 filter var isatt i utventilen och när ingen luft återcirkulerade in i lokalen. Detta är förståeligt då återcirkulationen ger ökade viruspartiklar från nysningar i byggnaden. Men vid filter och återcirkulation kunde det påvisas att spridningen minskade då virus dödas genom UV-strålningen i filtret. Genom att möjligtvis sätta in filter och ha minskad återcirkulation i lokaler skulle spridningen av viruset kunna minskas och därmed även transmission mot kontorspersonal, sjukvårdspersonal, patienter och i köpcentrum.

Virus kan orsaka allvarliga konsekvenser för personer, detta kunde framför allt ses i riskgrupper under pandemin. Bland dem som hade en högre utsatthet var äldre, gravida och personer med Downs Syndrom. Sett till hela samhället kommer fler personer än de i riskgrupper påverkas av viruset, därmed är det viktigt att minska spridningen mellan individer. Detta gäller inte enbart för det passerade viruset SARS-CoV-2 utan även mot framtida virus som kan komma att spridas i samhället. Detta kan göras genom att redan nu förbättra ventilationen i lokaler så som kontor och sjukvårdslokaler på sjukhus, framför allt inom äldreomsorgen genom filter eller olika konfigurationer av ventiler i rummet. Men det är även nödvändigt att införa god ventilation inom kollektivtrafiken, då detta kan minska spridningen mellan de som åker med lokal och regional trafik. Genom att kolla på luftflöden i bussar och i bilar kan spridningen mellan personer minska, detta kan effektivt göras genom att kolla på luftflöden vid designen av bilen eller bussen. Ventilationen kommer sedan att kunna konfigureras i fordonet för att minska spridningen av viruset genom att föra bort viruset. Även vaccinering av individer påverkar spridningen och därmed krävs en snabb utveckling av vacciner ifall ett nytt virus skulle sprida sig över kontinenterna. Genom att titta på faktorer som påverkar transmissionen kan framtida farsoter få så lite tid som möjligt i den mänskliga historien och därmed kan olika forskargrupper minska problemen med spridningen genom att hjälpas åt.

## Tack

Tack till Tihomir Baric och Felicia Axelsson för bra feedback på skissen. Även tack till Hannes Tjulin för korrigerings och input på texten.

## Referenser

Baden Lindsey R. *et al.* 2021. Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine. *New England Journal of Medicine* **384**: 403–416.

Bruxvoort *et al.* 2022. Real-world effectiveness of the mRNA-1273 vaccine against COVID-19: Interim results from a prospective observational cohort study. *The Lancet Regional Health - Americas* **6**: 100134.

- Cadnum *et al.* 2022. Planes, Trains, and Automobiles: Use of Carbon Dioxide Monitoring to Assess Ventilation During Travel. *Pathogens and Immunity* **7**: 31–40.
- Cerqueira-Silva *et al.* 2022. Influence of age on the effectiveness and duration of protection of Vaxzevria and CoronaVac vaccines: A population-based study. *The Lancet Regional Health – Americas*, doi 10.1016/j.lana.2021.100154.
- da Silva *et al.* 2021. Widespread contamination of SARS-CoV-2 on highly touched surfaces in Brazil during the second wave of the COVID-19 pandemic. *Environmental Microbiology* **23**: 7382–7395.
- Dhawan *et al.* 2021. Aerosol Dynamics Model for Estimating the Risk from Short-Range Airborne Transmission and Inhalation of Expiratory Droplets of SARS-CoV-2. *Environmental Science & Technology* **55**: 8987–8999.
- Europeiska vaccinationsinformationsportalen. 2024. Så fungerar vacciner. WWW document 17 January 2024: <https://vaccination-info.europa.eu/sv/om-vacciner/sa-fungerar-vacciner>. Accessed 28 March 2024.
- Falsey Ann R. *et al.* 2021. Phase 3 Safety and Efficacy of AZD1222 (ChAdOx1 nCoV-19) Covid-19 Vaccine. *New England Journal of Medicine* **385**: 2348–2360.
- Folkhälsomyndigheten. 2023. När hände vad under pandemin? WWW document 13 June 2023: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/utbrott/aktuella-utbrott/covid-19/nar-hande-vad-under-pandemin/>. Accessed 27 March 2024.
- Folkhälsomyndigheten. 2020a. Beteende, oro och informationsbehov. Genomförda och pågående undersökningar under covid-19.
- Folkhälsomyndigheten. 2020b. Utvärdering av åldersgräns för särskilda råd till personer 70 år och äldre. WWW document 2020 Accessed 28 March 2024.
- Gebre *et al.* 2022. mRNA vaccines induce rapid antibody responses in mice. *npj Vaccines* **7**: 1–7.
- Hall *et al.* 2021. COVID-19 vaccine coverage in health-care workers in England and effectiveness of BNT162b2 mRNA vaccine against infection (SIREN): a prospective, multicentre, cohort study. *Lancet (London, England)* **397**: 1725–1735.
- Hamming *et al.* 2004. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. *The Journal of Pathology* **203**: 631–637.
- Kwon *et al.* 2020. Evidence of Long-Distance Droplet Transmission of SARS-CoV-2 by Direct Air Flow in a Restaurant in Korea. *Journal of Korean Medical Science*, doi 10.3346/jkms.2020.35.e415.
- Y Li *et al.* 2021. Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *Building and Environment* **196**: 107788.

- Z Li *et al.* 2024. Spatial and temporal distribution of bioaerosols produced by patients with different postures in a negative pressure isolation ward under different ventilation modes. *Indoor and Built Environment* 1420326X231224360.
- Martínez-Baz *et al.* 2023. Effect of COVID-19 vaccination on the SARS-CoV-2 transmission among social and household close contacts: A cohort study. *Journal of Infection and Public Health* **16**: 410–417.
- Maruggi *et al.* 2019. mRNA as a Transformative Technology for Vaccine Development to Control Infectious Diseases. *Molecular Therapy* **27**: 757.
- Mascellino *et al.* 2021. Overview of the Main Anti-SARS-CoV-2 Vaccines: Mechanism of Action, Efficacy and Safety. *Infection and Drug Resistance* **14**: 3459–3476.
- Mathai *et al.* 2021. Airflows inside passenger cars and implications for airborne disease transmission. *Science Advances* **7**: eabe0166.
- Miller *et al.* 2021. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Indoor Air* **31**: 314–323.
- Nordström *et al.* 2022. Risk of infection, hospitalisation, and death up to 9 months after a second dose of COVID-19 vaccine: a retrospective, total population cohort study in Sweden. *Lancet (London, England)* **399**: 814–823.
- Pilipenco *et al.* 2023. Negligible risk of surface transmission of SARS-CoV-2 in public transportation. *Journal of Travel Medicine* **30**: taad065.
- Polack Fernando P. *et al.* 2020. Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine. *New England Journal of Medicine* **383**: 2603–2615.
- Ramajo *et al.* 2023. Computational fluid dynamics simulation of airborne COVID transmission in urban bus with different HVAC configurations. *SIMULATION* **99**: 775–789.
- Riddell *et al.* 2020. The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces. *Virology Journal* **17**: 145.
- Socialstyrelsen. 2024. Statistik om döda i covid-19, influensa och RS. WWW document 14 March 2024: <https://www.socialstyrelsen.se/statistik-och-data/statistik/alla-statistikamnen/lagesbild-covid-19-influensa-och-rs-statistik/statistik-om-doda-covid-19-influensa-och-rs-virus/>. Accessed 27 March 2024.
- Srivastava *et al.* 2021. Effective ventilation and air disinfection system for reducing coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection risk in office buildings. *Sustainable Cities and Society* **75**: 103408.
- Tseng *et al.* 2023. Effectiveness of mRNA-1273 vaccination against SARS-CoV-2 omicron subvariants BA.1, BA.2, BA.2.12.1, BA.4, and BA.5. *Nature Communications* **14**: 189.

WHO. 2024. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. WWW document 2024:  
<https://www.who.int/europe/emergencies/situations/covid-19>. Accessed 27 March  
2024.

Zhou *et al.* 2020. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat  
origin. *Nature* **579**: 270–273.