

Duiding van de TNO-rapporten over effecten van ventilatie/buitenlucht op aerosolen bij horecagelegenheden en een literatuurstudie naar afstand van deeltjes > 5 µm

Aanleiding

Het ministerie van VWS heeft op verzoek van het ministerie van OCW aan het RIVM gevraagd hoe de resultaten en conclusies van drie TNO-rapporten te wegen ten opzichte van het bestaande beleid: "Is dit een bevestiging van bestaande adviezen/bestaand beleid of geeft dit aanleiding tot andere wegen?"

Het ministerie van VWS en OCW heeft het RIVM gevraagd te reageren op de volgende 3 rapporten van TNO:

1. Literatuurstudie naar de afstand die deeltjes (>5 µm) afleggen bij verschillende respiratoire activiteiten (TNO 2020 R11208)
2. Laboratoriumonderzoek naar effect van verschillende opstellingen, ventilatiesystemen en ventilatiehoeveelheden op de blootstelling van aerosolen in een horecagelegenheid (TNO 2020 R11252)
3. Indicatief onderzoek naar effectiviteit van schermen op buitenterrassen (TNO 2020 R11187)

Van elk rapport is een korte samenvatting gemaakt met enkele opmerkingen over de onderzoeksoptzet en/of conclusies. Hieronder volgt de duiding van de 3 rapporten.

Hebben de TNO-onderzoeken gevolgen voor het huidige beleid?

TNO heeft in 3 verschillende onderzoeken de verspreiding en dynamiek van kleine deeltjes of zgn. aerosolen onderzocht. Echter de verspreiding van deeltjes is niet gelijk aan de infectiviteit van een virus en/of het vóórkomen van aerogene transmissie van SARS-CoV2. Uitgaande van voornamelijk druppelinfectie blijft 1,5 m afstand houden belangrijk. Ventilatie heeft waarschijnlijk ook een gunstig effect op druppelinfectie, maar hoe en in welke mate is in vitro is niet te meten, noch voor evt. aerogene transmissie.

Het is vooralsnog onduidelijk, buiten aerosolvormende handelingen in het ziekenhuis, welke rol kleine druppels en aerosolen van mensen met bewezen COVID-19 hebben, in de overdracht van SARS-CoV2 verder dan 1,5 meter (aerogene transmissie). Epidemiologische modellen over de verspreiding en het relatief lage reproductieve getal (R) lijken tot nog toe vooral te wijzen op een overdracht via de zogenaamde druppelinfectie (gedefinieerd als infectie met voornamelijk grotere druppels en < 1-2 m), en niet zo zeer op aerogene transmissie. De infectiviteit en transmissieweg wordt waarschijnlijk het meest bepaald door de eigenschappen van het virus zelf, waaronder de infectieuze dosis en/of hoe het virus aanwezig is in de slijmvliescellen van de luchtwegen. Er is dan ook onvoldoende aanleiding om op basis van de TNO-literatuurstudie aanvullende maatregelen voor aerogene verspreiding te adviseren.

De uitgevoerde experimenten in rapport 2 en 3 hebben geen directe relatie met de kans op besmetting in een horeca zaak, welke afhankelijk is van een meerdere variabelen, waaronder de besmettingsweg. De onderzoeken ondersteunen wel het belang van het volgen van de huidige maatregelen, zoals het weren van klanten met klachten. Het is op basis van deze TNO-onderzoeken niet mogelijk om een uitspraak te doen over het loslaten van de 1,5 meter in horecagelegenheden

na het plaatsen van schermen. Er zijn meerdere factoren die meewegen of het verantwoord is via het plaatsen van schermen de 1,5 meter los te laten, zoals naleven van hygiëneprotocollen, de hoeveelheid wisselende bezoekers/groeps groottes bij een horecagelegenheid en of het scherm tot meer handcontacten leidt.

Literatuur

Schijven, J. F., Vermeulen, L. C., Swart, [1](#), [5.1.2e](#), Duizer, E., & de Roda Husman, A. M. (2020). Exposure assessment for airborne transmission of SARS-CoV-2 via breathing, speaking, coughing and sneezing. medRxiv.

Het literatuuronderzoek onderstreept wel het belang van het volgen van de geldende preventieve maatregelen zoals thuisblijven als je niest of hoest. En om in een zakdoek of de elleboog te niezen of te hoesten. Hiermee worden in ieder geval de druppels die in een gemeenschappelijke ruimte komen beperkt. Het ondersteunt ook het advies om uit voorzorg sterke luchtstromen van persoon naar persoon te vermijden omdat hierdoor grotere druppels verder dan 1,5 meter kunnen komen. Uiteraard blijft ook het advies om voor een prettig en gezond binnenklimaat voldoende ventilatie te waarborgen. Het is echter onbekend of met (een bepaalde hoeveelheid) ventilatie SARS-COV2 kan worden voorkomen of dat luchtstromen de kans op infectie verhogen.

In de twee laboratoriumopstellingen is alleen gekeken naar het effect van schermen op het verwijderen van deeltjes door ventileren. Voor een advies over het loslaten van de 1,5 meter zijn er echter nog andere factoren die meewegen om de verspreiding te beperken:

- De genoemde afmetingen van tafels/stoelen en bij sommige tafels tussen scherm en tafels zijn nu minimaal. Zijn die wel realistisch voor de gemiddelde horecagelegenheid? Beperkte ruimte kan er voor zorgen dat er mogelijk meer handcontact is met de schermen. Van belang om te benadrukken dat er voldoende afstand is tussen bezoeker en schermen om handcontact zo veel mogelijk te vermijden en/of een goed hygiëneprotocol te hebben;
- Wat voor maatregelen worden genomen als het restaurant op een avond verschillende groeps groottes heeft. Hoe worden de schermen op een (hygiënisch) verantwoorde manier verplaatst als de volgende gasten komen in een andere groepssamenstelling? Of mag een restaurant in deze situatie maar 1 reservering per tafel per avond hebben? Of mag de tafelsamenstelling niet worden aangepast?
- Aanvullend daarop; in het onderzoek lijkt geen rekening te worden gehouden met restaurants waar een groot verloop van bezoekers is. Er zijn restaurants waarbij de tafel meer dan 4 keer op een dag/avond door verschillende groepen wordt bezet. Hierdoor zijn er ook veel loopbewegingen van zowel gasten als bediening. Dit heeft mogelijk een invloed op het risico van verspreiding?

De uitgevoerde experimenten hebben geen directe relatie met de kans op besmetting in een horeca zaak, welke afhankelijk is van een meerdere variabelen, waaronder de besmettingsweg. De bijdrage van aerosolen in de verspreiding van SARS-COV2 is nog onduidelijk. Uit het TNO-onderzoek blijkt dat ook met zeer hoge ventilatie nog steeds aerosolen werden gemeten; de blootstelling is alleen met een factor 2 afgenomen. Als er al sprake zou zijn van aerogene verspreiding is het dus de vraag of een hoge hoeveelheid ventilatie alleen voldoende is.

Rapport 1. Literatuurstudie afstand deeltjes (>5 μm)

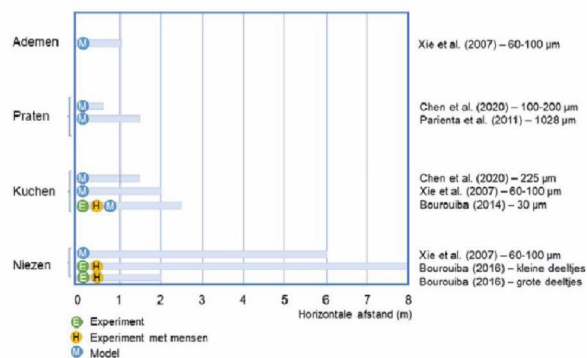
Samenvatting TNO onderzoek

De WHO hanteert als grens voor druppels 5 μm , waarbij $\leq 5 \mu\text{m}$ druppelkernen worden genoemd en kunnen zorgen voor aerogene transmissie. Druppels > 5 μm zouden volgens WHO binnen ca. 1 a 2 meter neerslaan. Via een literatuurstudie stelt TNO dat druppels > 5 μm verder dan 1,5 meter kunnen komen. Afhankelijk van de luchtsnelheid zou dit vele tientallen meters kunnen zijn. Druppels $\geq 100 \mu\text{m}$ vallen wel binnen 1,5 meter op de grond. Deze druppels kunnen echter wel bij een hoge luchtsnelheid verder komen (zie tabel 1).

Tabel 1. Berekende horizontale afstand voor gangbare luchtsnelheden binnen en voor de gemiddelde windsnelheid in Nederland (2019) voor deeltjesgroottes 5 μm , 10 μm , 20 μm en 100 μm (uitgangspunt: deeltjes hebben geen initiële snelheid). De valtijd is bekend uit (Wells, 1934).

Luchtsnelheid (m/s)	Deeltjesgrootte (μm)				Toelichting luchtsnelheid
	5	10	20	100	
0,05	102 m	26 m	6 m	0,25 m	
0,10	204 m	51 m	12 m	0,5 m	binnencondities laag
0,20	408 m	102 m	24 m	1 m	binnencondities hoog
0,25	510 m	128 m	30 m	1,3 m	
					Gemiddelde windsnelheid
3,15	6,4 km	1,6 km	378 m	16 m	NL (2019) vrije veld

Ook de wijze waarop de aerosolen door een persoon worden uitgescheiden hebben invloed op de afstand. Volgens een studie kan door niezen aerosolen tot 8 meter ver komen (zie figuur 1).



Figuur 1. Overzicht van de horizontale afstand die deeltjes >60 μm afleggen die bij meerdere studies zijn bemeaten (in laboratoriumsetting) en berekend (verdamping meegenomen en zonder luchtstroming). E. experimenten; H, menselijke deelnemers; M, modelleren.

TNO concludeert dat de literatuurstudie “een eerste inzicht geeft in het effect van gangbare horizontale luchtsnelheden in binnen- en buitencondities op de afgelegde afstand van deeltjes >5 μm waarbij deeltjes grote horizontale afstanden kunnen afleggen. Deeltjes <20 μm kunnen de afstand van 1,5 m ruim overschrijden bij binnencondities. Hoe groter het deeltje, hoe kleiner de horizontale afgelegde afstand. Bij buitencondities kunnen deeltjes van 100 μm verder dan 1,5 m verplaatst worden onder invloed van de luchtstroming.

Met betrekking tot verschillende respiratoire activiteiten zonder luchtstroming kan op basis van de literatuur die beschouwd is in deze studie worden vastgesteld dat deeltjes >5 μm bij respiratoire activiteiten als praten, kuchen en niezen horizontale afstanden behalen van 1,5 m of meer. In een studie waar ademen is gemodelleerd komen deeltjes van 60 – 100 μm ongeveer 1 m ver, maar hoofdzakelijk komen bij deze activiteit deeltjes <5 μm vrij die een grotere afstand kunnen afleggen. De uitkomsten in de literatuur variëren in grote mate, dit kan komen door o.a. verschillen in meetmethode, gebruik van kunstmatige opwekking van deeltjes in plaats van personen en verschillen in steekproefgrootte, in sommige gevallen zelfs 1 proefpersoon.”

Reactie RIVM op het onderzoek

Het rapport beschrijft de dynamica en verspreidingsafstand van ademhalingsdeeltjes in een ruimte. In dit onderzoek worden druppels van verschillende grootte en druppelkernen (ook wel aerosolen genoemd) als ademhalingsdeeltjes beschouwd. Van belang bij de interpretatie van de resultaten is de duiding dat **verspreiding van deeltjes niet gelijk is aan de infectiviteit van een virus**.

Dat ook grotere druppels van 5- 60 μm > 1,5 meter verspreid kunnen worden is ook beschreven in modelleringsonderzoek van het RIVM (Schijven et al., 2020). De auteurs van dit onderzoek stellen echter dat zo lang onduidelijk is hoeveel infectieus virus aanwezig is in de verschillende druppels (dit is een functie van meerdere variabelen w.o. viruseigenschappen, host eigenschappen, ernst ziekte, locatie van infectie, tijd, temperatuur, UV licht etc), en het ook nog onbekend is wat de minimale infectieuze dosis van SARS-COV2 is, blijft voorzichtigheid geboden met het trekken van conclusies over de kans op infectie.

Rapport 2. Laboratoriumonderzoek naar effect van verschillende opstellingen, ventilatiesystemen en ventilatiehoeveelheden op de blootstelling van aerosolen in een horecagelegenheid (TNO 2020 R11252)

Samenvatting TNO onderzoek

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft TNO in een laboratoriumopstelling bepaald wat voor invloed kuchschermen (doorzichtig scherm van 180 cm hoog, 185 cm breed en tot 50 cm vanaf de vloer open) hebben op luchtverversing in een horecagelegenheid. Om dit te bepalen zijn er 4 verschillende opstellingen gemaakt:

1. Zonder schermen en met 1,5 meter afstand tussen tafels; 12 tafels, 26 stoelen en 21 gasten
2. Opstelling A met schermen tussen tafels en niet overal geen 1,5 meter; 13 tafels; 32 stoelen en 22 gasten
3. Opstelling B met schermen tussen tafels en niet overal geen 1,5 meter; 13 tafels; 32 stoelen en 22 gasten
4. Opstelling C met schermen tussen tafels en niet overal geen 1,5 meter; 15 tafels; 31 stoelen en 22 gasten

De ruimte heeft een afmeting 7x9 meter en hoogte van 3,5 meter. Met daarbij een open keuken van 3 x 4 meter. Bij opstelling 1 en 2 wordt op dezelfde wijze met een aerosolgenerator aerosolen geproduceerd van 0,2 µm tot ca. 5 µm. Bij opstelling B en C is de richting van de aerosolproductie anders. Ook is gebruikgemaakt van 80 watt warmtebronnen op de zitplekken om de luchtstroming door thermiek te simuleren. Op 4 plekken zijn deeltjestellers geplaatst. Via het ventilatiesysteem werd in 3 standen geventileerd (laag 900 m³/h; midden 1700 m³/h; hoog 2500 m³/h). De laagste stand was hoger dan het wettelijk minimum van ca. 700 m³/h. Het experiment is 3 keer via dezelfde meetcyclus (baselinefase, emissiefase 10 minuten, herstelfase 20 minuten) uitgevoerd.

Aan de hand van de resultaten concludeert TNO:

“De ventilatiehoeveelheid is de meest bepalende factor voor de totale blootstelling aan de deeltjes en voor de afnamesnelheid van de deeltjesconcentratie na het einde van de deeltjesproductie. Hoe hoger de ventilatie, hoe lager de totale blootstelling en hoe hoger de afnamesnelheid.

Bij de onderzochte opstellingen met schermen resulteren de midden en hoge ventilatiehoeveelheden in een lagere totale blootstelling dan de opstelling met het 1,5 meter protocol bij lage ventilatiehoeveelheid; de totale blootstelling is gemiddeld 44% en 63% lager voor respectievelijk de midden en hoge ventilatiehoeveelheid. Bovendien neemt bij hogere ventilatiehoeveelheid de concentratie sneller af.

Bij de lage ventilatiehoeveelheid is de totale blootstelling voor de drie opstellingen met schermen lager dan voor de opstelling conform het 1,5 meter protocol. Dit verschil is voor opstelling A echter niet significant.

(...)

Op basis van het onderzoek lijkt het mogelijk te zijn, voor de blootstelling aan deeltjes groter dan of gelijk aan $0,5\ \mu\text{m}$ en kleiner dan $5\ \mu\text{m}$, om met het toepassen van schermen een kleinere afstand tussen tafels met personen uit verschillende huishoudens aan te houden dan het volgens het 1,5 meter protocol is toegestaan.”

Reactie RIVM op onderzoek

De schermen lijken in de laboratoriumopstellingen geen ongunstige invloed te hebben op de luchtverversing in de ruimte. In de experimenten is de totale blootstelling aan de deeltjes een functie van de ventilatiehoeveelheid. Het is echter de vraag of je daarmee ook kan concluderen dat het mogelijk is om de 1,5 meter in een horecagelegenheid los te laten. Dit hangt af van meer factoren (zie later; 'Duiding RIVM'). Het onderzoek roept enkele vragen op:

- De positie van de aerosolproductie is bij opstelling A en de opstelling zonder schermen met 1,5 meter afstand hetzelfde, maar verschilt met opstelling B en C. Dit lijkt ook invloed te hebben op de resultaten, vooral voor opstelling B;
- In de 3 opstellingen met schermen wordt maar 1 extra gast toegevoegd t.o.v. de opstelling zonder schermen. En verder vooral lege stoelen. Als op basis van deze studie de conclusie is dat de 1,5 meter zou kunnen worden losgelaten kunnen er veel meer gasten in de ruimte komen. Dit vergroot ook de kans op personen die virus kunnen uitscheiden of oppervlakken kunnen aanraken en er zijn vervolgens ook meer mensen die kunnen worden besmet;
- Er is een bepaalde ventilatie-inrichting/route onderzocht. Zijn vergelijkbare resultaten bij een andere ventilatie-inrichting te verwachten?
- Er zijn enkele opstellingen waarbij er geen scherm is en ook geen 1,5 meter afstand is tussen tafels (bijv. opstelling B tussen 2 tafels 92 cm). Het enige is dat de zitrichting niet naar elkaar gericht is. Echter, als de klant hoest/niest is er een goede mogelijkheid dat deze persoon dat zijwaarts doet om de persoon tegenover niet in het gezicht te hoesten. Dit kan dus dan in de richting gaan van de tafel op korte afstand van deze persoon.

Rapport 3. Indicatief onderzoek naar effectiviteit van schermen op buitenterrassen (TNO 2020 R11187)

Samenvatting TNO onderzoek [geheel gekopieerd uit rapport]

Indicatieve metingen van de verspreiding van op één plaats geëmitteerde deeltjes zijn uitgevoerd op een nagebouwd buitenterras van 5 x 8 meter. Dit buitenterras is aan drie zijden geheel open, is voorzien van een gesloten bovenzijde (puntdak) met de nok op 3,5 meter hoogte en met een "goot" hoogte van 2,1 meter en is met de lange zijde tegen een gebouw geplaatst.

Om een zo realistisch mogelijk terras te simuleren, zijn de metingen uitgevoerd in een volledig ingericht terras met tafels, stoelen, schermen en gesimuleerde warmteafgifte en omvang van personen. Een vergelijking is gemaakt tussen de blootstelling aan kleine deeltjes (aerosolen) bij een opstelling conform het 1,5 meter protocol en blootstelling bij een opstelling met schermen waarbij de afstand tussen gasten kleiner is dan 1,5 meter. Er zijn indicatieve metingen uitgevoerd bij twee verschillende opstellingen met schermen. De indicatieve metingen zijn uitgevoerd met "kleine" schermen zoals beschreven in TNO-rapport 2020 R10993. Deze schermen zijn 180 cm hoog, 185 cm breed en zijn tot 50 cm vanaf de vloer open.

De resultaten van het indicatieve onderzoek zijn van toepassing op twee beschouwde opstellingen met schermen op het nagebouwde buitenterras. Deze resultaten kunnen niet zonder meer van toepassing worden verklaard op andere buitenterrassen.

Voor deeltjes $\geq 0,5 \mu\text{m}$ wordt geconstateerd dat inzet van de schermen van 185 cm breed, 180 cm hoog en de onderzijde open tot een hoogte van 50 cm gecombineerd met het reduceren van de afstand tussen de gasten op de meeste meetpunten een reductie van de blootstelling aan aerosolen laat zien. Op diverse posities, los van of die benedenwinds gelegen zijn van het emissiepunt, kan ook op een afstand groter dan 1,5 meter een toename van de blootstelling plaatsvinden, zeer waarschijnlijk als gevolg van het lokale stromingspatroon door de windrichting en -snelheid in combinatie met de positionering van de schermen. Voor deeltjes $\geq 3,0 \mu\text{m}$ wordt geconstateerd dat het gemeten concentratieverloop grillig is en tijdens de emissie van deeltjes $\geq 3,0 \mu\text{m}$ maar beperkt hoger dan de baseline. De nauwkeurigheid waarmee uitspraken over de reductie of toename gedaan kan worden, is beperkt voor deeltjes $\geq 3,0 \mu\text{m}$.

De fluctuaties in richting en snelheid van de luchtstroming ten gevolge van wind is bepalend voor de gemeten concentraties voor de deeltjes $\geq 0,5 \mu\text{m}$ en deeltjes $\geq 3,0 \mu\text{m}$.

Na beëindiging van de emissie wordt de baseline concentratie op alle meetpunten binnen 5 minuten weer bereikt (hersteltijd). Dit is veel korter dan de hersteltijd tot de baseline bij de in pandige metingen gerapporteerd in TNO-rapport 2020 R10993, waarbij de baseline concentratie na 20 minuten in geen van de situaties was bereikt.

Hiermee wordt de in TNO-rapport 2020 R10993 gegeven hypothese bevestigd dat de kans op aerogene besmetting op een buitenterras lager is dan in pandig. Dit wordt veroorzaakt door een hogere mate van verdunning door de luchtstroom buiten, die aerosolen effectief afvoert en resulteert in een kortere hersteltijd.

Reactie op onderzoek

Zoals valt te verwachten neemt het aantal geproduceerde aerosolen in de buitenlucht veel sneller af dan binnen; zowel met als zonder schermen. Wel zorgen de sterkere luchtstromen / wisselende stromingspatronen voor toename op sommige meetpunten. Mogelijk dat schermen hier invloed op hebben (fungeert als windscherm waardoor enige ophoping kan ontstaan?). Mogelijk heeft de luchtsnelheid/-stroming ook invloed op de verdere verspreiding van druppels. Wellicht dat de schermen, afhankelijk van de positie, hierop een positief effect kunnen hebben omdat de druppels niet verder kunnen. Hier is echter niet naar gekeken.