



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

CoronaMelder: modelstudie naar effectiviteit
Digitaal contactonderzoek in de bestrijding van COVID-19

RIVM-briefrapport 2021-0092
D. Klinkenberg | K.Y. Leung | J. Wallinga



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

CoronaMelder: modelstudie naar effectiviteit Digitaal contactonderzoek in de bestrijding van COVID-19

RIVM-briefrapport 2021-0092
D. Klinkenberg | K.Y. Leung | J. Wallinga

Colofon

© RIVM 2021

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van haar producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0092

D. Klinkenberg (auteur), RIVM
K.Y. Leung (auteur), RIVM
J. Wallinga (auteurs) RIVM

Met bijdrages van S. Andeweg, M. de Bruin, G. Luijben, I. Veldhuijzen

Contact:
Don Klinkenberg
MOD.EPI.I&V.RIVM
don.klinkenberg@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport in het kader van de evaluatie van de CoronaMelder-app

Aanvullende informatie via de website:

- opmerkingen bij concept vanuit evaluatiecommissie en wetenschappelijke begeleidingscommissie, met reactie
- link naar broncode van het simulatiemodel op github

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

CoronaMelder – modelstudie naar effectiviteit

Digitaal contactonderzoek in de bestrijding van COVID-19

De app CoronaMelder is gemaakt om de verspreiding van het coronavirus (SARS-CoV-2) in Nederland tegen te gaan. De app geeft een bericht bij gebruikers die langer dan een kwartier binnen een afstand van anderhalve meter bij iemand met corona zijn geweest. Daardoor kunnen ze zich snel laten testen en in quarantaine gaan. Dit moet voorkomen dat zij anderen besmetten met het virus, en daarmee helpen de epidemie onder controle te brengen.

De app heeft in de eerste maanden een positieve maar kleine bijdrage aan geleverd aan de bestrijding van het coronavirus. Van 1 december 2020 tot en met 31 maart 2021 zijn 7514 mensen positief getest na een melding door de CoronaMelder. Dit heeft naar schatting ruim 15.000 besmettingen voorkomen. De R-waarde (het gemiddeld aantal nieuwe besmettingen dat een besmet persoon veroorzaakt) was 12,7 procent lager door de combinatie van testen, het reguliere bron- en contactonderzoek en de CoronaMelder. De bijdrage van de app aan dit percentage is 0,3 procent. In de onderzochte periode gebruikte 16 procent van de Nederlanders de app.

Als de maatregelen om contacten te beperken worden versoepeld, zal het aantal contacten met onbekenden weer toenemen. Dan worden testen en het reguliere bron- en contactonderzoek minder effectief. De CoronaMelder kan dit voor een deel opvangen. De app heeft meer effect als gebruikers zelf in de app hun contacten kunnen inlichten. Nu doet de GGD dat. Ook is het belangrijk dat meer mensen de app gebruiken dan nu.

Dit blijkt uit een evaluatie van het RIVM van het effect van CoronaMelder, in combinatie met het testen en het reguliere bron- en contactonderzoek. Het effect van de app tussen 1 december 2020 en 31 maart 2021 is met modelberekeningen geschat. 1 december is als datum gekozen omdat het vanaf die dag mogelijk was om zonder symptomen een test aan te vragen na bron- en contactopsporing of een melding van de CoronaMelder.

Kernwoorden: COVID-19, SARS-CoV-2, digitale gezondheidszorg, mobiele technologie, infectieziektebestrijding, modellering, simulatie

Synopsis

The CoronaMelder app – a model study into effectiveness.

Digital contact tracing in the fight against COVID-19

The CoronaMelder app was designed to combat the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) in the Netherlands. The app sends a message to users who spend more than 15 minutes within 1.5 m of a person with Corona, which enables them to quickly get tested and go into quarantine if necessary. This prevents them from infecting others with the virus and thereby helps in bringing the epidemic under control.

In the first months, the app made a positive but small contribution to the fight against the coronavirus. From 1 December 2020 up to and including 31 March 2021, 7514 persons tested positive after a message from the CoronaMelder. This prevented an estimated 15,000 infections. The R-value (the average number of new infections caused by one infected person) was 12.7% lower as a result of the combination of testing, the regular contact tracing programme, and the CoronaMelder. The app itself was responsible for a decrease of 0.3%. During the study period, 16% of the Dutch population used the app.

If the measures aimed at limiting interpersonal contacts are relaxed, the number of contacts with unknown persons will increase once again. Testing and the regular contact tracing programme will then become less effective. The CoronaMelder can pick up some of the slack in this regard. The app would be more effective if users themselves could inform their contacts in the app. Now the Municipal Health Services does this. It is also important for more people to use the app than is now the case.

This is made clear in an evaluation by RIVM of the CoronaMelder's effect, in combination with testing and the regular contact tracing programme. The effect of the app between 1 December 2020 and 31 March 2021 was estimated using model calculations. The starting date chosen was 1 December, as it became possible from this date onwards to request a test after receiving information from the contact tracing programme or the CoronaMelder even without having any symptoms.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, digital health care, mobile technology, infectious disease control, modelling, simulation

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Achtergrond en onderzoeksvragen — 11

2 Resultaten — 13

2.1 Beschrijving van het testen en traceren — 13

2.2 Antwoorden op de onderzoeksvragen — 16

3 Discussie en conclusies — 21

4 Modelbeschrijving — 23

4.1 Uitbraakmodel — 23

4.2 Gedragsmodel: van aanleiding naar actie — 25

4.3 Proces: tijdsvertragingen en contactopsporing — 28

4.4 Toepassing van de drie modellen — 30

4.5 Scenario's — 31

5 Literatuurverwijzingen — 35

Samenvatting

Achtergrond en vraagstelling

Deze RIVM-modelstudie is onderdeel van de evaluatie van de app CoronaMelder, gecoördineerd door het ministerie van VWS. De CoronaMelder-app is in gebruik genomen om te helpen bij het bestrijden van de COVID-19-epidemie in Nederland. Deze rapportage bevat de resultaten van een modelstudie waarmee drie vragen zijn beantwoord:

- (1) hoeveel infecties heeft CoronaMelder van 1 december 2020 t/m 31 maart 2021 voorkomen?
- (2) wat is het effect van CoronaMelder geweest op het reproductiegetal R , tussen 1 december 2020 en 31 maart 2021, als onderdeel van het testen en traceren;
- (3) wat is het verwachte effect van CoronaMelder op het reproductiegetal in een samenleving uit de lockdown?

De afname in het reproductiegetal R wordt berekend als een percentage, dat het gevolg is van testen, traceren via bron- en contactonderzoek, en CoronaMelder. Het is een relatieve afname ten opzichte van de R die het gevolg is van andere maatregelen, zoals thuisblijven en 1,5 meter afstand houden, maar ook sluiten van horeca en vaccinatie. Of de afname voldoende is voor effectieve bestrijding (reproductiegetal R onder 1), hangt af van die andere maatregelen gecombineerd met de relatieve afname berekend met dit model.

Als startdatum voor de evaluatieperiode is 1 december 2020 gekozen, omdat toen de laatste grote verandering in het testbeleid is doorgevoerd. Sinds die dag bestaat de mogelijkheid om zonder symptomen een test aan te vragen na bron- en contactopsporing of een CoronaMelder-notificatie. Als einddatum is 31 maart 2021 gekozen.

Resultaten

Met een model zijn uitbraken gesimuleerd in aan- en afwezigheid van CoronaMelder. Met de resultaten is berekend hoeveel extra infecties er tot 31 maart 2021 zouden zijn geweest als CoronaMelder niet zou zijn gebruikt, en dat is afgezet tegen het aantal infecties in die periode volgens schattingen van het RIVM. De resultaten zijn ook gebruikt om de afname in het reproductiegetal te berekenen als gevolg van gebruik van CoronaMelder. Beide berekeningen geven een schatting van orde van grootte van het effect van CoronaMelder:

- (1) In de periode van 1 december 2020 t/m 31 maart 2021 zijn er 7514 mensen positief getest na melding door CoronaMelder. Geschat wordt dat dit in deze periode 15228 infecties voorkomen heeft, ca. 0,85% bovenop de 1,79 miljoen die er naar schatting werkelijk geweest zijn. Hierdoor zijn 218 ziekenhuisopnames voorkomen.
- (2) Testen, bron- en contactopsporing (regulier BCO), en CoronaMelder hebben gezamenlijk geleid tot een geschatte afname van het reproductiegetal R met 12,7%, waarvan 6,0% door testen, 6,4% door BCO en 0,3% door CoronaMelder.
- (3) Als de maatschappij uit lockdown gaat, is de verwachting dat veel mensen meer contacten zullen hebben met onbekenden. Testen,

BCO en CoronaMelder leiden dan naar schatting nog tot 8,8% afname van het reproductiegetal, waarvan 0,4% door CoronaMelder. De bijdrage van CoronaMelder kan worden vergroot als het informeren van nauwe contacten direct door de gebruiker in de app kan worden gedaan (in plaats van via de GGD), en als meer mensen dan de huidige 16% van de bevolking de app gebruiken. Bij 30% gebruik en zonder tussenstap via de GGD kan CoronaMelder resulteren in 2,0% afname van het reproductiegetal R , bij 40% gebruik wordt dit 3,5%.

Conclusies

CoronaMelder leverde tot nu toe een positieve maar bescheiden bijdrage aan de bestrijding van de COVID-19-epidemie in Nederland. De inschatting van het aantal voorkomen infecties is waarschijnlijk een onderschatting: vanwege de wijziging in het testbeleid hebben we alleen gekeken naar de situatie na 1 december 2020. Ook voor 1 december 2020 waren er al 3105 positieve testen na een CoronaMelder-melding. Een afname van het reproductiegetal van 0,3% door CoronaMelder is maar een klein deel van de totale afname van 12,7% door CoronaMelder samen met testen en BCO. De bijdrage van CoronaMelder blijft wel in stand in een samenleving zonder lockdown, als BCO minder effectief wordt. Het is mogelijk CoronaMelder effectiever te maken als de gebruiker zelf zijn contacten in de app kan informeren, en vooral als het aantal gebruikers meer wordt dan de huidige 16% van de bevolking.

1 Achtergrond en onderzoeksvragen

Na een pilot in de zomer is sinds oktober 2020 de app CoronaMelder voor heel Nederland in gebruik genomen, met als doel gebruikers te waarschuwen na contact met een COVID-19-besmet persoon. Sinds 1 december 2020 mogen gebruikers zich laten testen als ze (nog) geen symptomen hebben, evenals mensen die via het reguliere bron- en contactonderzoek (BCO) in beeld komen. Als gewaarschuwde gebruikers in quarantaine gaan, zich laten testen, en na positieve testuitslag in isolatie gaan, zou dit moeten bijdragen aan de bestrijding van COVID-19 in Nederland. De vraag die we hier met modellering proberen te beantwoorden is hoe groot deze bijdrage in epidemiologische zin is geweest, en zou kunnen worden.

De effectiviteit van CoronaMelder (CM) hangt af van de technische eigenschappen van de app – kan deze de relevante besmette contacten registreren – en van hoeveel mensen de app gebruiken en de daaraan gekoppelde aanwijzingen opvolgen. Maar deze factoren staan niet op zichzelf. Het gebruik van CM is ingebed in het hele proces van testen en bron en contactonderzoek (BCO), uitgevoerd door de GGD'en in Nederland. Iedereen met klachten die mogelijk door COVID-19 komen kan zich laten testen in teststraten van de GGD. Na een positieve test wordt gevraagd in isolatie te gaan en wordt door de GGD gevraagd naar recente contacten (het BCO). De GGD benadert deze recente contacten en vraagt hun in quarantaine te gaan en zich te laten testen bij klachten of vijf dagen na het contact. Veel positief geteste mensen lichten ook zelf hun recente contacten in, al dan niet daartoe gevraagd door de GGD. CM is hierop een aanvulling: positief geteste gebruikers geven een code aan de GGD, die deze invoert waarna CM-gebruikers die in de buurt zijn geweest een melding krijgen. Ook zij zouden in quarantaine moeten gaan en zich laten testen.

Om de effectiviteit van CM te bepalen, is dit hele proces van testen, traceren, isolatie en quarantaine in het model meegenomen. De effectiviteit hiervan hangt af van alle tijdsvertragingen in het proces, van hoe goed mensen zich hun contacten kunnen herinneren en hoe goed CM contacten registreert, en ook van adherentie: de mate waarin mensen de regels rondom testen, isolatie en quarantaine opvolgen. Een groot en belangrijk deel van het onderzoek bestond uit het verzamelen en analyseren van data om een zo realistisch mogelijk beeld hiervan te krijgen. Hiermee is een model gevoed waarmee uitbraken zijn gesimuleerd in aan- en afwezigheid van CM. Het uiteindelijke primaire resultaat was dan ook een inschatting van de effectiviteit van CM, zoals deze in Nederland in de periode 1 december 2020 tot en met 31 maart 2021 geweest is. In deze periode was Nederland grotendeels in een lockdown, door sluiting van horeca, winkels en doorstroomlocaties. Daardoor kwamen mensen minder in nauw contact met (onbekende) andere mensen. Daarom hebben we ook iets willen zeggen over de mogelijke effectiviteit van CM in een meer open samenleving, waarbij meer mensen dan nu het geval is de app gebruiken. Specifiek hebben we ons op de volgende vragen gericht:

(1) hoeveel COVID-19-infecties zijn er in Nederland voorkomen door CoronaMelder in de periode van 1 december 2020 t/m 31 maart 2021?

De eerste manier om de bijdrage van CM te bepalen was het maken van een inschatting van het aantal voorkomen infecties sinds 1 december 2020, de maand waarin het werd toegestaan ook zonder klachten een test aan te vragen.

(2) wat is de afname in het reproductiegetal geweest door CoronaMelder in de periode van 1 december 2020 t/m 31 maart 2021?

De tweede manier om de bijdrage te bepalen, was via het reproductiegetal. Het reproductiegetal R is een maat voor de verspreiding van een infectieziekte in een populatie, gedefinieerd als het gemiddeld aantal nieuwe besmettingen veroorzaakt door een geïnfecteerd persoon. Als R groter is dan 1, zal de epidemie groeien; als de R kleiner is dan 1, zal het aantal infecties afnemen. Het doel van bestrijding is R te verlagen, liefst tot onder de 1, en elke maatregel zou daartoe moeten bijdragen. Voor COVID-19 zijn diverse studies verschenen waarin de bijdrage van individuele maatregelen is geschat: zo vermindert volgens een studie in verschillende landen het sluiten van scholen de R met 20-40%, en het sluiten van winkels met 10-25% (Brauner 2021). Een Nederlandse studie naar schoolsluiting komt op een reductie van 5-15% (Rozhnova 2021).

(3) wat zou de afname van het reproductiegetal door CoronaMelder kunnen zijn als de samenleving meer open wordt en het appgebruik omhoog gaat?

In aanvulling op de berekening van het effect van CM op het reproductiegetal in de afgelopen maanden, hebben we nog simulaties gedaan om te bekijken wat CM in de toekomst zou kunnen bijdragen. Hierbij is gekozen voor realistische scenario's waar CM naar verwachting extra zou kunnen bijdragen, om goed voor ogen te hebben wat de potentiële waarde van de app nog kan zijn. Dit zijn scenario's waarin de maatschappij meer open is, waardoor mensen meer in contact komen met onbekende mensen die niet in het reguliere BCO naar voren kunnen komen, en waarin meer mensen de app gebruiken dan nu het geval is.

2 Resultaten

2.1 Beschrijving van het testen en traceren

De effectiviteit van het testen en traceren hangt in belangrijke mate af van factoren in het bestrijdingsproces: tijdsvertragingen, de mate waarin mensen de regels omtrent testen, isolatie en quarantaine opvolgen, en hoe goed het lukt om besmette contacten te vinden. Daarnaast wordt de effectiviteit bepaald door hoe de ziekte zich verspreidt, via de contacten die mensen maken en het verloop van besmettelijkheid en ontwikkeling van symptomen.

Op basis van surveillancegegevens¹ (Osiris, coronIT, HPZone), en diverse onderzoeken naar gedrag (resultaten van de RIVM GedragsUnit, de CoronaMelder-enquete, en uit het LISS-panel) hebben we een zo goed mogelijk beeld van het bestrijdingsproces verkregen, onderverdeeld in tijdsvertragingen (tabel 1), effectiviteit van het traceren (tabel 2) en adherentie (tabel 3). In de Modelbeschrijving (hoofdstuk 4) staat een uitgebreidere toelichting op de getallen in de tabellen en hieronder.

De test- en traceercyclus kent twee stappen met elk een tijdsvertraging die elkaar telkens afwisselen, voorafgegaan door een aanloopstap, namelijk iemand met klachten (tabel 1). Die aanloopstap is de tijd van symptomen tot aanvragen van een test waar mensen gemiddeld 1,6 dagen mee wachten. De eerste stap is de tijd tussen aanvragen van de test en de testuitslag, wat 1,3 dag duurt maar iets langer (2,3 dag) als mensen geen klachten hebben, mogelijk omdat ze dan de afspraak iets later inplannen. De tweede stap is tussen testuitslag en aanvragen van een test door geïnformeerde contacten. Bij het reguliere BCO is dit 1,5 dag, voor de CM zijn er geen gegevens. Het is waarschijnlijk korter dan bij BCO omdat contacten via de app een melding ontvangen, maar dit kan pas nadat de index de GGD heeft gesproken: we rekenen met een halve dag winst. Ook zullen mensen zelf al bekenden inlichten, dit gaat waarschijnlijk een stuk sneller: we nemen 4 uur aan.

Een tweede factor in het bestrijdingsproces is hoe goed het lukt om besmette contacten te vinden, uitgedrukt als een percentage (tabel 2). Voor het BCO komen we tot een inschatting van 40%, door een berekening vanuit Osiris waarin van de besmette personen bekend is of ze via BCO zijn opgespoord. We nemen aan dat 80% van deze contacten ook al door de index zelf op de hoogte worden gebracht. Veldtests met CM geven aan dat 75% van de relevante contacten geregistreerd worden. Voor CM is het percentage gebruikers nog van belang, dat wordt nu geschat op 16%.

Niet iedereen volgt de regels rond testen en traceren op zoals deze worden geadviseerd, de derde factor (tabel 3). Zo laat ongeveer 50% zich testen bij klachten, maar bij informele melding, BCO of na een CM-melding ligt dit een stuk hoger: 68%, 90% en 81%. Bij een positieve

¹ Osiris: registratiesysteem met alle positieve testen in Nederland; coronIT: registratiesysteem met alle gegevens uit de GGD-teststraten; HPZone: registratiesysteem voor het bron- en contactonderzoek

test gaat 90% in isolatie. Quarantaine in afwachting van de testuitslag wordt minder goed opgevolgd: tussen 50-75% afhankelijk van de aanleiding voor de test (tabel 3).

Wat CM bij gegeven tijdsvertragingen, adherentie, en contactopsporing kan bijdragen, hangt tenslotte af van hoe de infectie zich verspreidt (tabel 4). Omdat de relatieve afname in het reproductiegetal de belangrijkste uitkomstmaat is, is de absolute waarde in de simulaties niet heel essentieel. De meeste simulaties zijn gedaan met $R = 1,3$. De beschrijving van contacten is belangrijker: zo hebben we rekening gehouden met superspreaders en met sociale netwerken waarin contactopsporing efficiënter kan worden. Tenslotte is er het verloop van de infectie: 70% van geïnfecteerden krijgt symptomen, na een incubatietijd van infectie tot symptomen van gemiddeld 5 dagen. Een index besmet zijn of haar contacten gemiddeld al na een generatietijd van 4 dagen, gerekend vanaf het tijdstip van besmetting van de index.

Tabel 1 tijdsvertragingen

Omschrijving tijdsinterval	Duur	Bron*
Van aanvang klachten tot testaanvraag (zonder BCO/CM)	1,6 dagen	Osiris, coronIT
Van testaanvraag na klachten tot testuitslag	1,3 dag	Osiris, coronIT
Van testaanvraag zonder klachten (BCO/CM) tot testuitslag	2,3 dag	Osiris, coronIT
Van positieve testuitslag van index tot een contact geïnformeerd wordt via BCO en een test aanvraagt	1,5 dag	HPZone
Van positieve testuitslag van index totdat een contact een melding via CoronaMelder ontvangt en een test aanvraagt	1 dag	Aanname: korter dan BCO
Van positieve testuitslag van index totdat een contact via de index wordt geïnformeerd en een test aanvraagt	4 uur	Aanname: korter dan CM

* zie Modelbeschrijving (hoofdstuk 4) voor toelichting

Tabel 2 effectiviteit contactopsporing

Omschrijving	Percentage	Bron*
Percentage van besmette contacten dat via BCO geïnformeerd wordt	40%	Berekening o.b.v. Osiris
Percentage van besmette contacten dat via de index direct geïnformeerd wordt	32%	Aanname: 80% van BCO
Percentage van besmette contacten dat geregistreerd wordt door CM	75%	site: coronamelder.nl
Percentage CoronaMelder app gebruikers	16%	i.o.m. voorzitter evaluatiecommissie CoronaMelder

* zie Modelbeschrijving (hoofdstuk 4) voor toelichting

Tabel 3 adherentie

Gedragsregel	Adherentie	Bron*
Test aanvragen		
--- bij klachten (eigen initiatief)	50%	GedragsUnit
--- na informele melding	68%	GedragsUnit
--- na BCO	90%	GedragsUnit
--- na CM	81%	CM-enquete/ LISS-panel
Isolatie na positieve test	90%	GedragsUnit
Quarantaine in afwachting van testuitslag		
--- met klachten, op eigen beweging	50%	GedragsUnit
--- met klachten, na informele melding, BCO of CM	75%	GedragsUnit
--- zonder klachten, BCO of CM	50%	GedragsUnit/ CM-enquete

* zie Modelbeschrijving (hoofdstuk 4) voor toelichting

Tabel 4 parameters van het transmissiemodel

Omschrijving	Gebouwde waarde	Bron*
Reproductiegetal R	1.3	keuze**
Contacten		
--- superspreading-coëfficiënt	0.1	literatuur
--- clustering-coëfficiënt	0.2	literatuur
Verloop van individuele infectie		
--- percentage besmettingen met klachten	70%	literatuur
--- incubatieperiode: van besmetting tot eerste klachten	5 dagen	literatuur
--- generatie-interval: van besmetting van index tot besmetting van contact	4 dagen	analyse RIVM

* zie Modelbeschrijving (hoofdstuk 4) voor toelichting

** de simulaties zijn bedoeld voor bepalen van de relatieve afname in het reproductiegetal, dus de exacte waarde is niet essentieel. Een waarde hoger dan 1 is nodig om in de simulaties voldoende verspreiding te krijgen, zodat berekeningen mogelijk zijn. Een waarde dichtbij 1 is meest representatief voor de afgelopen maanden.

2.2 Antwoorden op de onderzoeksvragen

(1) hoeveel COVID-19- infecties zijn er in Nederland voorkomen door CoronaMelder in de periode van 1 december 2020 t/m 31 maart 2021?
 Figuur 1 toont het dagelijks aantal positieve testen in GGD-teststraten, links totaal en rechts waarbij de testaanvraag is gedaan na notificatie door CoronaMelder. Aan ongeveer 1,2% van de positieve testen is een CoronaMelder-notificatie voorafgegaan, een totaal van 7514.

Het dagelijks aantal besmettingen dat is voorkomen door deze meldingen, is te zien in figuur 2 (rechts), naast het totaal aantal besmettingen geschat o.b.v. ziekenhuisopnames. Dit dagelijks aantal voorkomen besmettingen is berekend als

- (a) aantal appmeldingen met positieve testuitslag in het verleden (figuur 1), *maal*
- (b) aantal direct voorkomen infecties door quarantaine en isolatie per appmelding (gelijk aan 0,123, bepaald met het simulatiemodel, zie Modelbeschrijving hoofdstuk 4), *maal*
- (c) aantal nieuwe gevallen dat elke voorkomen infectie (indirect, via tussenliggende infecties) zou hebben veroorzaakt tot 31 maart 2021 (Wymant 2021)

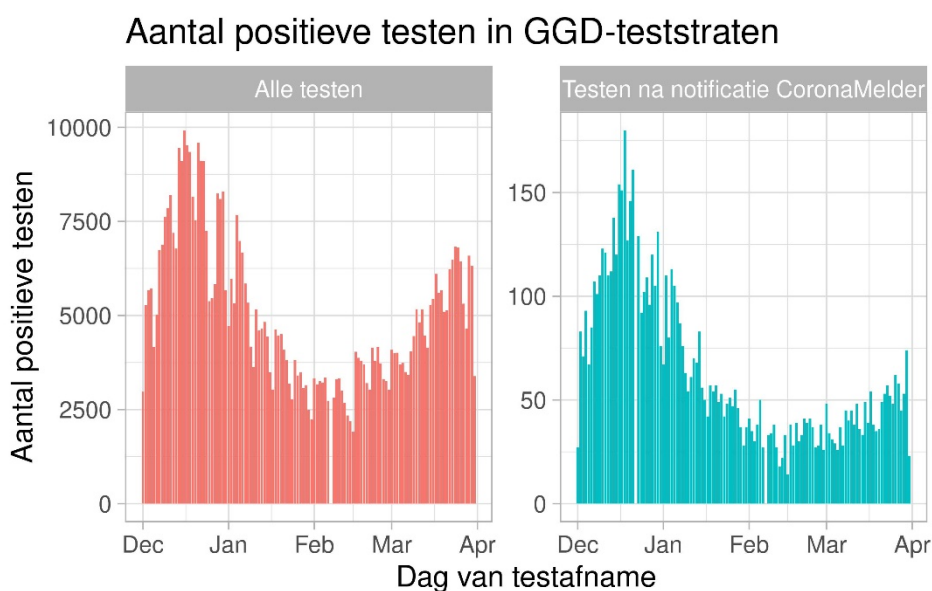
Dit aantal neemt toe in verhouding tot de werkelijke epidemie, omdat dit afhangt van alle notificaties die tot op een bepaalde dag gedaan zijn (a), en dat totaal aantal notificaties neemt alleen maar toe. Het totaal aantal voorkomen besmettingen van 1 december t/m 31 maart is het oppervlak onder deze curve, en wordt ingeschat op 15228 voor het basisscenario. Bij een verhouding van 70 infecties per ziekenhuisopname, zoals gezien tussen 1 december en 31 maart, zijn hiermee 218 ziekenhuisopnames voorkomen.

Om een indruk te krijgen van de precisie van deze berekening, hebben we in een gevoeligheidsanalyse enkele alternatieve parameters in het transmissie- en adherentiemodel gebruikt (genoemd in figuur 3C, zie ook het antwoord op onderzoeksvraag 2). Het aantal voorkomen besmettingen met deze alternatieven ligt in een range tussen 9367 en 22602, ofwel 134 tot 323 ziekenhuisopnames.

(2) wat is de afname in het reproductiegetal geweest door CoronaMelder in de periode van 1 december 2020 t/m 31 maart 2021?

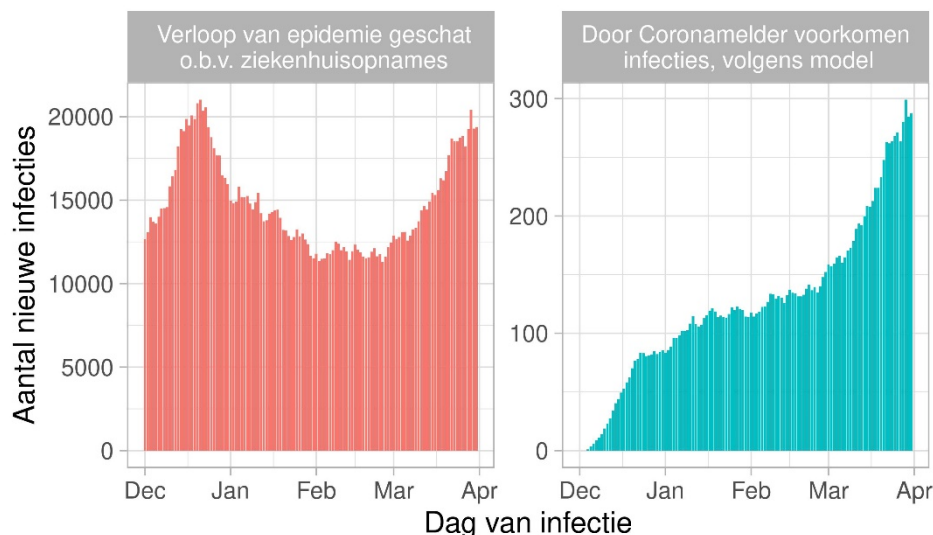
Voor effectieve bestrijding moet het reproductiegetal onder 1 worden gebracht. Met modelsimulaties hebben we bepaald in hoeverre testen, BCO en CM hieraan kunnen bijdragen, door deze stapsgewijs toe te voegen aan de bestrijding (figuur 3). Met de vertragingen, adherentie en contactopsporing zoals in tabellen 1-3 beschreven, en het transmissiemodel als in tabel 4, blijkt dat het totaal van testen, BCO en CM de R met in totaal 12,7% verlaagt, waardoor nog 87,3% overblijft (grijs in figuur 3). Dit totaal is uit te splitsen in een effect van het testen, inclusief zelf informeren van contacten, van 6,0%, een effect van BCO van 6,4%, en een effect van CM van 0,3%. Het effect van BCO moet worden gezien als aanvulling op het testen, en het effect van CM als aanvulling op testen en BCO.

In het basismodel is het gedrag van mensen – de adherentie – onafhankelijk van het sociale netwerk, en hiervoor is het gemiddelde uit de gedragsonderzoeken gebruikt. Het is goed mogelijk dat er sociale groepen zijn waarin adherentie hoger is, en groepen waarin dit lager is, en contactopsporing via zelf informeren, BCO en CM vooral effectief is in sociale groepen waarin adherentie hoger is. We hebben dit onderzocht door de populatie op te splitsen in twee gelijke delen, waarvan één deel een hogere adherentie en meer appgebruik heeft en één deel een lagere adherentie en minder appgebruik. Zoals verwacht is alle contactopsporing effectiever in de hoog-adherente groep (figuur 3B). Voor het totaaleffect op de epidemie zal de groep met lage adherentie zwaarder moeten worden gewogen, omdat de hogere R in die groep ervoor zorgt dat de meeste verspreiding daar zal plaatsvinden.



Figuur 1 Aantallen positieve testen in de GGD-teststraten, uit coronIT. Links: totaal; rechts: na notificatie door de CoronaMelder-app.

Impact CoronaMelder op verloop epidemie



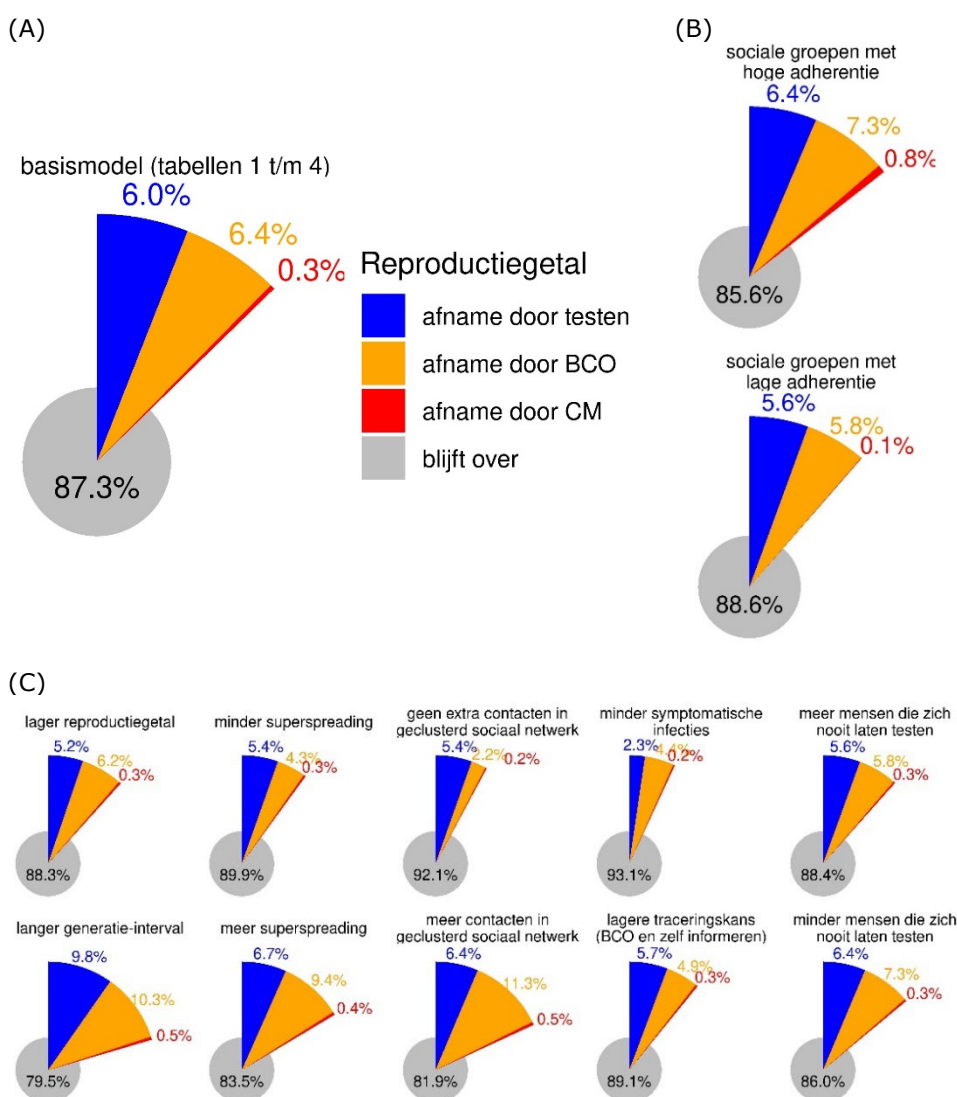
Figuur 2 Berekende impact van CoronaMelder op de epidemie. Links het dagelijks aantal nieuwe infecties, geschat op basis van de ziekenhuisopnames (bron: stichting NICE). Rechts het berekende aantal infecties dat er per dag extra geweest zouden zijn zonder CoronaMelder. Het totaal hiervan (oppervlak onder de curve) is 15228.

We hebben gevoeligheidsanalyses gedaan voor parameters in het transmissiemodel, en voor adherentie met betrekking tot testen, omdat daar de meeste onzekerheid zit (figuur 3C). Het blijkt dat voor bepaalde parameters in het transmissiemodel het totaalpakket van testen, BCO en CM een stuk positiever zou zijn: als het generatie-interval langer is, er meer superspreading events zijn, of als verspreiding meer binnen sociale netwerken plaatsvindt dan we inschatten. Dit komt vooral doordat het BCO veel effectiever wordt (tot 20% reductie in R), de bijdrage van CM blijft in alle gevallen tussen 0,2% en 0,5%.

(3) wat zou de afname van het reproductiegetal door CoronaMelder kunnen zijn als de samenleving meer open wordt en het appgebruik omhoog gaat? In een meer open samenleving heeft iedereen meer contacten met mensen buiten de directe omgeving. Als gevolg daarvan worden minder contacten onthouden en ingelicht, zowel informeel als via het BCO. Vergeleken met 12,7% afname in R in het huidige scenario, daalt dit tot 8,8% als via BCO nog maar helft minder contacten gevonden wordt, en tot 5,8% als BCO wordt stilgelegd (figuur 4A, bovenste rij). Testen en vooral BCO worden dan minder effectief, en CoronaMelder kan dat momenteel niet compenseren. Als de index zijn of haar contacten zelf via de app kan informeren, zonder tussenkomst van de GGD, maakt dat de effectiviteit van CM 0,1% tot 0,2% beter maar het verlies aan effectiviteit door minder effectief BCO wordt daarmee niet opgevangen (figuur 4A, onderste rij).

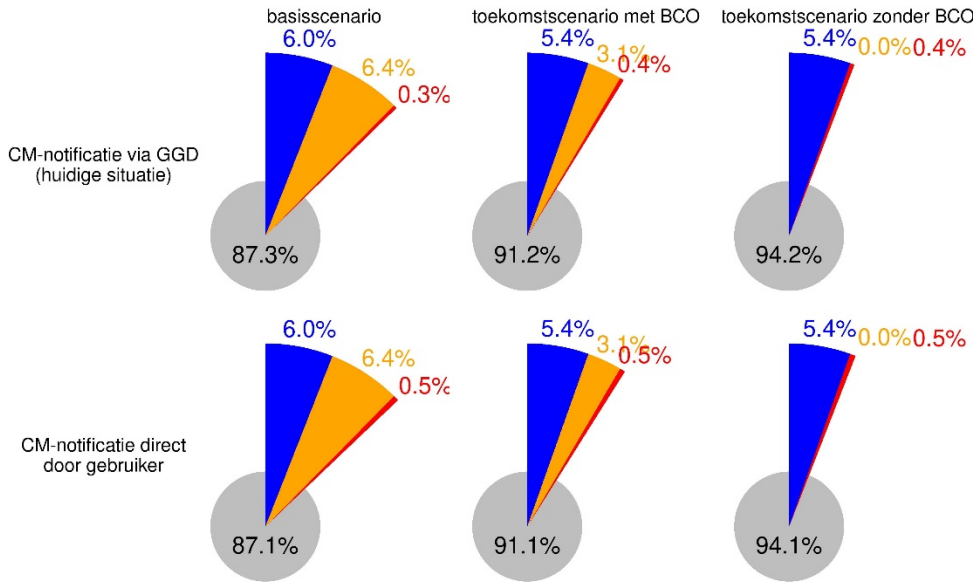
Om dat verlies op te vangen, moet het percentage gebruikers flink omhoog (figuur 4B). Ter illustratie zoomen we in op de situatie waarin via BCO de helft minder besmette contacten kunnen worden gevonden, en gebruikers zelf via de app contacten kunnen informeren (figuur 4A en 4B, middenonder). Met het huidige gebruikspercentage van 16% zou CM de R

reduceren met 0,5%. Om de totale effectiviteit van de bestrijding weer op 12,7% te krijgen, zou meer dan 40% van de bevolking de app moeten gebruiken om de verminderde BCO-effectiviteit te compenseren. Dan blijkt het wel degelijk nuttig om zonder tussenkomst van de GGD notificatie in de app zelf te activeren: bij 40% gebruikers leidt dat tot 1% extra reductie in R (figuur 4B, vergelijk middenboven met middenonder). Het aandeel van CM aan de reductie van het reproductiegetal wordt snel groter bij een nog hoger percentage gebruikers, maar bij een reëel gebruikerspercentage is meer dan 10% reductie in R door CM niet mogelijk.

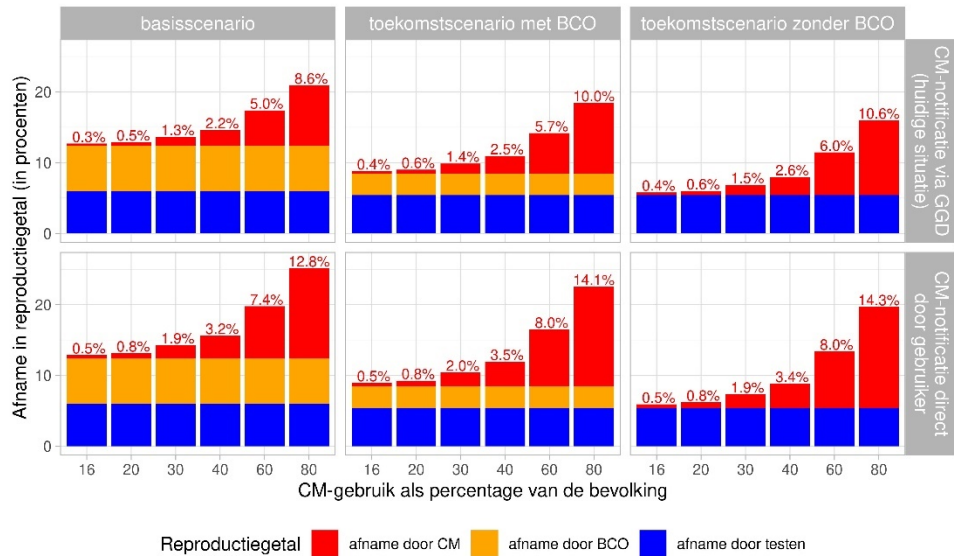


Figuur 3 Relatieve afname in het reproductiegetal door testen en zelf inlichten van contacten ("testen"), bron- en contactonderzoek door de GGD ("BCO") en inzet van CoronaMelder ("CM"). (A) resultaten met het basismodel, met parameters in de tabellen 1 t/m 4; (B) resultaten met het basismodel, waarbij de populatie is opgesplitst in twee gescheiden groepen, één met hoge adherentie en één met lage adherentie (zie Modelbeschrijving hoofdstuk 4); (C) sensitiviteitsanalyse waarbij telkens één parameter is aangepast (zie Modelbeschrijving hoofdstuk 4)

(A)



(B)



Figuur 4 Scenario-analyse voor de effectiviteit van testen, BCO en CM onder de huidige omstandigheden en in een samenleving zonder lockdown, met BCO (de helft minder effectief) en zonder BCO. (A) Reductie in het reproductiegetal, met in de onderste rij het sneller inlichten van contacten via CM (8 ipv 24 uur). (B) Voor dezelfde zes scenario's het effect van een hoger percentage appgebruik

3 Discussie en conclusies

In de periode van 1 december 2020 tot 31 maart 2021 hebben ongeveer 7500 mensen in Nederland zich op COVID-19 laten testen na melding van de CoronaMelder-app. Als gevolg hiervan zijn ongeveer 15000 COVID-19-besmettingen voorkomen, 0,85% van het totaal aantal geschatte besmettingen in die periode (1,8 miljoen). Dit is waarschijnlijk een onderschatting van het totaal aantal voorkomen infecties, want de app was al enkele maanden ervoor in gebruik (met 3105 positieve testen na CM-notificatie (VWS 2021)), maar dan zonder de mogelijkheid om je te laten testen zonder klachten; die periode hebben we daarom niet meegenomen. Ook neemt het aantal voorkomen besmettingen in verhouding tot het totaal toe in de loop van de tijd (figuur 2B), omdat alle mensen die op dit moment - direct of indirect - niet besmet zijn als gevolg van een eerdere notificatie de infectie niet verder zullen verspreiden.

Gemeten naar een afname van het reproductiegetal, is de bijdrage van CoronaMelder met 0,3% vrij klein in verhouding tot de totale effectiviteit van testen, BCO en CM (12,7%). Deze bijdrage is niet erg gevoelig voor onzekerheden in modelparameters (figuur 3C), maar zal wel standhouden in een samenleving zonder lockdown, waar testen en BCO minder effectief zullen zijn (figuur 4A). De belangrijkste reden voor de lage effectiviteit is het percentage gebruikers dat naar schatting op 16% ligt. Om een contact tussen twee personen te registreren moeten beiden de app in gebruik hebben, wat betekent dat dus slechts 2,6% ($16\% \times 16\%$) van de contacten hiervoor momenteel in aanmerking komt, en dan komt daar nog bij dat ook de app niet al deze contacten weet te vangen. Ook eerdere publicaties over digitale contactopsporing met apps hebben het belang van veel gebruikers benadrukt (Kretzschmar 2020, Ferretti 2020).

Als gebruik van de CM-app niet evenredig over de bevolking verdeeld is en er subgroepen zijn waar veel meer mensen de app gebruiken (en andere groepen dus veel minder), dan wordt de effectiviteit van CM mogelijk onderschat. Ervan uitgaande dat adherentie in deze groepen sowieso veel groter is, hebben we daarom simulaties gedaan in groepen met hogere en lagere adherentie, inclusief appgebruik, en dan blijkt CM in de hoog-adherente groep inderdaad meer bij te dragen (figuur 3B), en in de laag-adherente groep vrijwel niets. Omdat er veel meer virusverspreiding in de laag-adherente groep zal zijn, zal het totale effect in de populatie toch klein blijven. Aan de andere kant, voor de mensen die voorzichtig zijn en zich willen beschermen is CM nuttiger dan in het basisscenario naar voren komt.

We waren goed in staat het test- en traceerproces kwantitatief te beschrijven door gebruik van veel databronnen uit surveillance en gedragsonderzoeken. Slechts een paar getallen waren niet te achterhalen: het percentage positieve contacten dat mensen zelf informeren, en de tijdsvertragingen bij zelf informeren en uitsturen van CM-notificaties, maar voor al deze input konden goede inschattingen worden gemaakt door het te relateren aan de informatie die er wel was

voor het reguliere BCO. Over enkele parameters uit het transmissiemodel bestaat onzekerheid, vandaar dat we in de sensitiviteitsanalyse daarop gefocust hebben. De bijdrage van CM blijft in al deze analyses laag.

In een toekomst zonder lockdown zal de effectiviteit van testen en BCO minder worden, en blijft die van CoronaMelder laag maar op peil (figuur 4A). We hebben in enkele scenario's gekeken of dit verbeterd kan worden. Uit de literatuur blijkt de grote invloed van tijdsvertragingen in het test- en traceerproces (Fraser 2004, Klinkenberg 2006). Bij CoronaMelder zou er vooral tijdswinst te boeken zijn als gebruikers zelf in de app hun contacten kunnen informeren na een positieve testuitslag, zonder tussenkomst van de GGD, zoals dat ook bijvoorbeeld in het Verenigd Koninkrijk kan. Onder de huidige omstandigheden levert dat niet veel winst op (figuur 4A), maar als het percentage gebruikers omhoog gaat wordt het verschil zichtbaar: bijvoorbeeld, als BCO de helft minder contacten vindt, leidt zelf informeren bij 40% appgebruik tot een extra reductie in R van 1% (2,5% vs 3,5% in figuur 4B, middenboven vs middenonder). Hierbij is aangenomen dat het interval tussen testuitslag en melden van contacten van 24 naar 8 uur gaat. Bij een heel hoog percentage gebruikers kan de bijdrage van CM uiteindelijk groter worden dan de bijdrage van testen en BCO (figuur 4B).

In deze studie hebben we de bijdrage van CM aan de COVID-19-bestrijding in Nederland geëvalueerd door het berekenen van het aantal voorkomen infecties en de afname in het reproductiegetal R. De CoronaMelder heeft meer gevolgen voor de bestrijding dan de onderzoeksvragen die hier beantwoord zijn, bijvoorbeeld door meldingen bij niet-geïnfecteerde personen en de daaropvolgende testaanvragen. Deze evaluatie moet dan ook gezien worden als onderdeel van de hele evaluatie van de CM-app (Coronamelder-enquete, LISS-panel).

4 Modelbeschrijving

We hebben effectiviteit van bestrijdingsscenario's bepaald met een simulatiemodel voor SARS-CoV-2. Met het model is de verspreiding van het virus over de periode van ongeveer 1,5 maand gesimuleerd (10 generaties van infectie, die elk gemiddeld 4 dagen duren). Voor elk scenario (hieronder uitgewerkt) zijn er 10000 onafhankelijke simulaties gedaan die elk begonnen met 1 indexgeval, wat kan worden geïnterpreteerd als een beginsituatie van 10000 geïnfecteerde personen die aan het begin stonden van 1,5 maand virusverspreiding. Omdat in de simulaties alle gevallen bekend zijn, was het mogelijk om achteraf van iedereen te bepalen hoeveel nieuwe infecties hij/zij veroorzaakt had. Het gemiddelde hiervan is het reproductiegetal, en dat is bij onderzoeksvragen (2) en (3) als maat gebruikt om scenario's te vergelijken. Uit de simulaties kon ook herleid worden wie allemaal een test had aangevraagd naar aanleiding van een melding van CoronaMelder, en hoeveel secundaire gevallen daarmee voorkomen waren. Die informatie is gebruikt voor beantwoorden van onderzoeksvraag (1).

Het model bevat verschillende componenten. Ten eerste is er het uitbraakmodel zonder de bestrijding, d.w.z. het model voor een uitbraak onder de bevolking met alle contacten die hebben geleid tot transmissie, en met ontwikkeling van symptomen. Ten tweede is er het gedragsmodel waarin mensen eigenschappen toebedeeld krijgen voor wat betreft acties die mensen (bereid zijn) te nemen in de bestrijding van het virus. Als derde is er het procesmodel dat beschrijft hoe het testen en traceren in het model geïmplementeerd is. Dit heeft onder andere betrekking tot de duur tussen het aanvragen van een test en de testuitslag en andere vertragingen in het test- en traceerproces, maar ook de identificatie van contacten.

4.1 Uitbraakmodel

Modelbeschrijving

In het uitbraakmodel wordt eerst een transmissieketen gesimuleerd waarin elke geïnfecteerde een willekeurig aantal nieuwe infecties veroorzaakt, getrokken uit een negatief-binomiale verdeling met gemiddelde R (het reproductiegetal) en superspreadingcoëfficiënt k . De transmissieketen wordt beperkt tot 10 generaties na het indexgeval.

Van deze transmissieketen wordt een contactnetwerk gemaakt door aan de al bestaande contacten (waarlangs de infectie zich heeft verspreid) extra contacten toe te voegen tussen personen. Dit gebeurt door het maken van driehoekjes in de transmissieketen, in drie stappen:

1. elk paar personen dat via één tussenlink in de transmissieketen verbonden is krijgt een onderling contact met kans c (de clustercoëfficiënt).
2. elk paar personen dat ná stap 1 via één tussenlink verbonden is, krijgt een onderling contact met kans c^2
3. elk paar personen dat ná stap 2 via één tussenlink verbonden is, krijgt een onderling contact met kans c^3

Op deze manier wordt een netwerk verkregen met extra contacten, waarlangs ook getraceerd kan worden. Dit speelt een rol in bijvoorbeeld gezinnen, op scholen of op het werk, waar ook geïnfecteerde personen worden getraceerd die niet door de bron zelf geïnfecteerd zijn.

Tenslotte worden de momenten van infectie en aanvang van symptomen bepaald. De index krijgt infectietijd 0, en elke volgende infectie gebeurt een generatieinterval later, dat voor iedere geïnfecteerde apart getrokken uit de generatieintervalverdeling. De aanvang van symptomen wordt bepaald als het infectiemoment plus de incubatietijd, getrokken uit de generatietijdverdeling. Er is ook de mogelijkheid dat iemand geen symptomen ontwikkelt, de asymptomatische fractie.

Het uitbraakmodel geeft zo een gesimuleerde uitbraak zonder test- of opsporingsinterventies. Op basis van dit model kunnen we berekenen hoe de uitbraak verandert door persoonlijk gedrag van de personen in het transmissienetwerk, en de vertragingen die daarin een rol spelen.

Modelparameters

Reproductiegetal R

- gebruikte waarde: 1,3 (in figuur 3C: 1,05)
- verantwoording: Gekozen waarde. De simulaties zijn bedoeld voor bepalen van de relatieve afname in het reproductiegetal, dus de exacte waarde is niet essentieel. Een waarde hoger dan 1 is nodig om in de simulaties voldoende verspreiding te krijgen, zodat berekeningen mogelijk zijn. Een waarde dichtbij 1 is meest representatief voor de afgelopen maanden (Coronadashboard Rijksoverheid).

Contacten: superspreadingcoëfficiënt k

- gebruikte waarde: 0,1 (in figuur 3C: 0,05 (meer superspreading) en 0,5 (minder superspreading))
- verantwoording: Susswein (2021) en Kirkegaard (2021)

Contacten: clusteringcoëfficiënt c

- gebruikte waarde: 0,2 (in figuur 3C: 0 (geen geclusterde contacten) en 0,3 (meer geclusterde contacten))
- verantwoording: clustering is opgenomen in het model omdat bekend is dat dit de effectiviteit van bestrijding via contactopsporing beïnvloed (Eames 2003). De wijze van implementatie zoals hier gedaan is nieuw, maar ook meer in het algemeen zijn empirische schattingen van clustering in transmissienetwerken zeldzaam (Pellis 2015). We hebben schattingen gevonden van ongeveer 0,3 voor contacten binnen scholen (Kucharski 2018), en van 0,1-0,2 uit een grootschalig contactonderzoek ism met de BBC (Kissler 2020).

Verloop individuele infectie: percentage besmettingen met klachten

- gebruikte waarde: 70% (in figuur 3C: 30%)
- verantwoording: literatuur (Buitrago-Garcia 2020; McDonald 2021)

Verloop individuele infectie: incubatieperiodeverdeling

- gebruikte waarde: gammaverdeling met gemiddelde 5 dagen en standaardafwijking 2,5 dag
- verantwoording: literatuur (Backer 2020, Cheng 2020)

Verloop individuele infectie: generatieintervalverdeling

- gebruikte waarde: gammaverdeling met gemiddelde 4 dagen en standaardafwijking 2 (in figuur 3C: gemiddelde 5 dagen)
- verantwoording: analyse van OSIRIS-data door het RIVM geeft een verdeling voor het seriëel interval, waaruit de verdeling van het generatieinterval kan worden berekend. Het gemiddelde is gelijk, en voor de standaardafwijking geldt: $\text{var}(\text{seriëel interval}) = \text{var}(\text{generatieinterval}) + 2 * \text{var}(\text{incubatieperiode})$

4.2 Gedragsmodel: van aanleiding naar actie

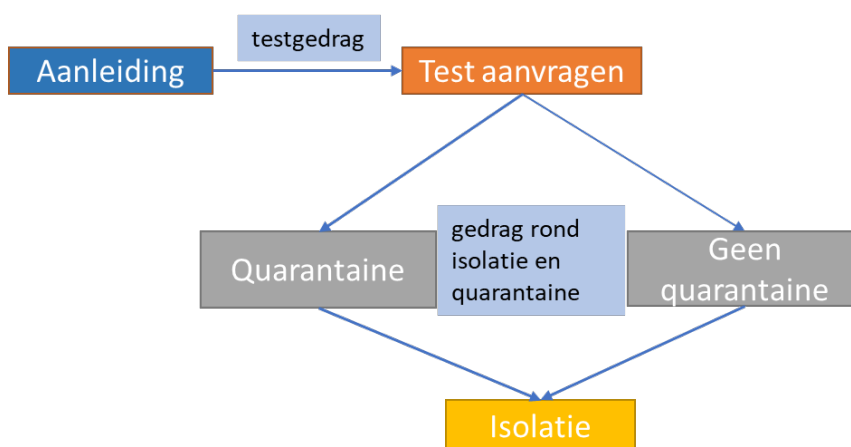
Modelbeschrijving

In het gedragsmodel wordt beschreven welke beslismomenten er zijn voor individuele personen in de bestrijding via testen, BCO, en CM. Bij al deze beslismomenten hoort een bepaalde adherentie, dus het percentage van de bevolking dat zich houdt aan de regels en adviezen omtrent deze beslismomenten. Elke te nemen beslissing begint met een aanleiding, die wel of niet gevolgd wordt door persoonlijke acties (figuur 5).

Aanleidingen zijn het zelf ontwikkelen van klachten, of een melding ontvangen van een nauw contact met iemand die positief getest is. Deze melding kan verlopen via 1) een informele waarschuwing van een bekende, 2) het BCO onderzoek van de GGD, of 3) de CoronaMelder app. Voor het nemen van een beslissing op het moment van de melding, is het nog relevant of de persoon op dat moment wel of geen klachten heeft.

Op basis van de aanleiding (klachten en/of melding) kan iemand besluiten een test aan te vragen. Indien een test wordt aangevraagd, kan men besluiten 1) bij positieve testuitslag in isolatie te gaan en 2) in de periode tussen testaanvraag en testuitslag in quarantaine te gaan.

Los van de besluiten tot testen, isolatie en quarantaine, is er nog het percentage van de bevolking dat de CoronaMelder-app gebruikt. Een melding van een contact via de app kan alleen worden gedaan als beide contacten de app gebruiken.



Figuur 5 Schematische weergave van de acties in het gedragsmodel. Elke gedraging begint met een aanleiding: ontwikkeling van symptomen, of melding van contact met een geïnfecteerd persoon (informeel, via BCO of via CM). Hierop wordt gereageerd door wel of geen test aan te vragen, afhankelijk van deze aanleiding en aanwezigheid van symptomen. Als er een test wordt aangevraagd, wordt vervolgens besloten om wel of niet in quarantaine te gaan (voordat de uitslag bekend is) en om wel of niet in isolatie te gaan (nadat de uitslag bekend is).

Of een persoon actie onderneemt hangt af van zijn/haar persoonlijke eigenschappen, die iedereen met bepaalde kans toebedeeld krijgt voordat de bestrijding wordt gesimuleerd. Deze adherentiekansen staan in tabel 3 en staan hieronder toegelicht. Elk individu krijgt twee (uniform) willekeurige adherentieniveaus tussen 0 en 1 toebedeeld, één voor testen, en één voor isolatie/quarantaine, waarbij 0 staat voor hoog-adherent en 1 voor laag-adherent. Het persoonlijk adherentieniveau bepaalt vervolgens of een bepaalde regel wordt opgevolgd, door dat af te zetten tegen de kansen in tabel 3. Op die manier wordt bewerkstelligd dat mensen die een regel met lage kans opvolgen ook altijd de regels met hogere kans opvolgen.

Modelparameters

Test aanvragen na BCO

- gebruikte waarde: 90% (in figuur 3C: 85% (meer mensen laten zich nooit testen) en 95% (minder mensen laten zich nooit testen))
- verantwoording: een percentage (naar schatting 10%) van de bevolking laat zich nooit testen en doet de facto niet mee met dit onderdeel van de virusbestrijding. Dit percentage is een inschatting op basis van het percentage mensen dat een test aanvraagt bij nauw contact na melding door de GGD (tabel 5).

Test aanvragen na CM

- gebruikte waarde: 81% (in figuur 3C: 77% (meer mensen laten zich nooit testen) en 86% (minder mensen laten zich nooit testen))
- verantwoording: percentage van 90% t.o.v. de adherentie *Test aanvragen na BCO*. Ergens tussen percentage dat een test aanvraagt na appmelding (41%) uit CM-enquete (Ebbers 2021), en 95% intentie tot testaanvraag (LISS-panel)

Test aanvragen na informele melding

- gebruikte waarde: 68% (in figuur 3C: 64% (meer mensen laten zich nooit testen) en 71% (minder mensen laten zich nooit testen))
- verantwoording: percentage van 75% t.o.v. de adherentie *Test aanvragen na BCO*. Gebaseerd op de verhouding tussen het percentage mensen dat zich laat testen na melding van de persoon zelf (61,2%) en na melding van GGD (83,4%) (tabel 5)

Test aanvragen na klachten

- gebruikte waarde: 50% (in figuur 3C: 48% (meer mensen laten zich nooit testen) en 53% (minder mensen laten zich nooit testen))
- verantwoording: percentage van 56% t.o.v. de adherentie *Test aanvragen na BCO*. Gemiddeld percentage van mensen die zich laten testen (46 en 57 procent), uit RIVM gedragsonderzoek (RIVM 2021): van de mensen die de afgelopen 6 weken verkoudheidsklachten hadden, heeft 46% zich laten testen. Van de mensen met klachten die (waarschijnlijk) niet komen door een andere aandoening, heeft 57% zich laten testen

Isolatie na positieve test

- gebruikte waarde: 90%
- verantwoording: gebaseerd op gemiddelde "thuisblijven" en "geen bezoek ontvangen", uit RIVM gedragsonderzoek (RIVM 2021): van de deelnemers die zelf positief zijn getest, rapporteert 75% thuis te zijn gebleven en 98% geen bezoek te hebben ontvangen

Quarantaine: met klachten, na informele melding, BCO of CM

- gebruikte waarde: 75%
- verantwoording: gebaseerd op gemiddelde "thuisblijven" en "geen bezoek ontvangen", uit RIVM gedragsonderzoek (RIVM 2021): als mensen in het kader van bron- en contactonderzoek van de GGD benaderd zijn omdat ze in nauw contact zijn geweest met een besmet persoon, bleef 61% thuis en ontving 87% geen bezoek (ronde 8); als mensen een waarschuwing hebben gekregen van de GGD, CoronaMelder app, besmette persoon zelf of van school of werk, wegens nauw contact, bleef 57% thuis en ontving 89% geen bezoek (ronde 10)

Quarantaine: met klachten, op eigen beweging

- gebruikte waarde: 50%
- verantwoording: gebaseerd op gemiddelde "thuisblijven" en "geen bezoek ontvangen", uit RIVM gedragsonderzoek (RIVM 2021): als mensen een test hebben aangevraagd en zelf verkoudheidsklachten hadden die waarschijnlijk niet komen door een onderliggende aandoening, bleef 34% thuis en ontving 70% geen bezoek (dit was in ronde 9 respectievelijk 44 en 70%).

Quarantaine: zonder klachten, na BCO of CM

- gebruikte waarde: 50%
- verantwoording: (1) gebaseerd op CM-enquete: percentage mensen dat in thuisquarantaine gaat bij melding via de CoronaMelder app is 41% (gepresenteerd als ondergrens), en (2)

gebaseerd op "boodschappen doen" en "frisse neus halen", uit RIVM gedragsonderzoek (GedragUnit): als klachten (waarschijnlijk) niet komen door een onderliggende aandoening ging 39% naar buiten om een frisse neus te halen 32% ging naar buiten om boodschappen te doen. Van de deelnemers met een huisgenoot die positief getest was, ging 17% boodschappen doen, 27% haalde een frisse neus en 20% is naar buiten gegaan om de hond uit te laten. Van degenen die gewaarschuwd zijn door de GGD, de CoronaMelder, besmette persoon zelf, of door werk of school ging 22% naar buiten om een frisse neus te halen. 15% is gaan werken en eveneens 15% is boodschappen gaan doen.

- NB: de gebruikte waarde van 50% geldt alleen voor mensen die een test aanvragen, waardoor het uiteindelijke percentage mensen in quarantaine lager uitvalt, zoals in het gedragsonderzoek
- NB2: zonder klachten, na informele melding, mag er geen test worden aangevraagd en is er in dit model dus geen quarantaine

Tabel 5 kopie van website RIVM GedragUnit (ronde 11, 24-28 mrt)

	% getest totaal	% getest na nauw contact	% getest na niet-nauw contact	% binnen gebleven	% geen bezoek
Na melding van persoon zelf	61,2 (n= 2197)	84,9 (n= 795)	47,6 (n=1380)	61,5 (n= 797)	89,8 (n= 797)
Na melding CoronaMelder	75,7 (n= 515)	94,1 (n= 152)	68,2 (n= 258)	68 (n= 153)	90,8 (n= 153)
Na melding GGD/aangemerkt als contact door de GGD	83,4 (n= 763)	91,9 (n= 468)	69,1 (n= 285)	63,9 (n= 468)	90,6 (n= 468)
Na melding via andere weg (bv. School of werkgever)	52,4 (n= 1089)	79,8 (n= 242)	43,5 (n= 817)	45,9 (n= 242)	85,1 (n= 242)
TOTAAL (alle meldingen)	61,7 (n= 3942)	85,2 (n= 1306)	48,9 (n= 2481)	60 (n= 1309)	89,2 (n= 1309)

4.3 Proces: tijdsvertragingen en contactopsporing

Modelbeschrijving

In het procesmodel wordt beschreven hoe het testen en inlichten van contacten in zijn werk gaat, wat de tijdsvertragingen zijn, en ook hoe goed contacten worden opgespoord. Het proces is gemodelleerd als een cyclus van twee stappen die elkaar afwisselen, voorafgegaan door een aanloopstap, namelijk iemand met klachten.

0. in die aanloopstap zit de tijd tussen de klachten en de testaanvraag. Die stap eindigt met een eventuele start van de quarantaineperiode (afhankelijk van adherentie).
1. de eerste stap in de cyclus is de tijd tussen de testaanvraag en de testuitslag. Ergens in deze periode zit het moment van testafname maar die wordt niet specifiek beschreven. De aanvrager is mogelijk in quarantaine (afhankelijk van adherentie),

- en eindigt met een eventuele start van de isolatieperiode (afhankelijk van adherentie)
2. de tweede stap in de cyclus is de tijd tussen de testuitslag en de testaanvraag door contacten van de index. Ergens in deze periode zit het informeren van de contacten, en als dit met BCO of CM gebeurt, wordt dit voorafgegaan door een telefoongesprek met de GGD. De index is dan mogelijk in isolatie (afhankelijk van adherentie), niet elk geïnformeerde contact zal een test aanvragen (afhankelijk van adherentie), en de stap eindigt met een eventuele start van de quarantaineperiode van het contact (afhankelijk van adherentie).

Modelparameters: tijdsintervallen

De tijdsintervallen zijn gebaseerd op de periode 1 januari t/m 31 maart 2021. Vanwege afwijkingen in de maand december, o.a. vanwege de feestdagen, is december buiten beschouwing gelaten. Merk op dat alle tijdsintervallen optimistische schattingen zijn. Wegens gebrek aan data gaan we er o.a. vanuit dat een testaanvraag vrijwel gelijk volgt na melding van een nauw contact met een positief getest persoon.

Van aanvang klachten tot testaanvraag

- gebruikte waarde: 1,6 dagen
- verantwoording: in Osiris zien we 2,5 dag tussen aanvang klachten en positieve labuitslag. Om terug te rekenen tot testaanvraag worden hiervan afgetrokken, uit coronIT: 0,5 dag tussen testaanvraag en testafname, en 0,4 dag tussen testafname en labuitslag.

Van testaanvraag (met klachten) tot testuitslag

- gebruikte waarde: 1,3 dag
- verantwoording: uit CoronIT komen de intervallen van 0,5 dag tussen testaanvraag en testafname, en 0,4 dag tussen testafname en labuitslag. Daarbij wordt opgeteld het interval tussen labuitslag en melding bij de GGD van 0,4 dag, ook uit coronIT

Van testaanvraag (zonder klachten) tot testuitslag

- gebruikte waarde: 2,3 dagen
- verantwoording: uit CoronIT komt het interval van 1,5 dag tussen testaanvraag en testafname als er geen klachten worden gemeld, dat is 1,0 dag langer dan met klachten

Van testuitslag tot testaanvraag (via BCO)

- gebruikte waarde: 1,5 dagen
- verantwoording: uit HPZone berekenen we de tijd tussen de het ontvangen van de melding bij de GGD van de index tot de startdatum van het monitoren van een contact, daarbij buiten beschouwing gelaten degenen die nooit zijn bereikt

Van testuitslag tot testaanvraag (via informeel inlichten)

- gebruikte waarde: 4 uur
- verantwoording: geen data. Het moet korter zijn dan BCO, en gaat binnen bestaand sociaal netwerk, dus snel.

Van testuitslag tot testaanvraag (via CM)

- gebruikte waarde: 1 dag (in figuur 4, bij notificatie door gebruiker: 8 uur)
- verantwoording: geen data. Het moet korter zijn dan via BCO, omdat het contact niet door de GGD benaderd hoeft te worden, maar er moet wel contact met de GGD zijn geweest. In geval van notificatie door de gebruiker (figuur 4) is het nog altijd langer dan via informeel inlichten, omdat de app moet synchroniseren.

Modelparameters: tracersingskansen

Percentage besmette contacten dat via BCO geïnformeerd wordt

- gebruikte waarde: 40% (in figuur 3C: 31%)
- verantwoording: gebaseerd op percentage van 40% dat in Osiris via BCO gevonden is (tussen 1 januari en 31 maart). Dit percentage is gelijk aan de kans op traceren van een contact, onder de aanname dat de verhouding constant is tussen geïnfecteerden die zich niet laten testen, die zich laten testen na BCO, en die laten testen na klachten. Data uit coronIT geven een schatting van 31%, gebruikt in figuur 3C.

Percentage besmette contacten dat informeel door de index geïnformeerd wordt

- gebruikte waarde: 32% (in figuur 3C: 25%)
- verantwoording: aanname dat het 80% van BCO is

Percentage besmette contacten dat geregistreerd wordt door CM

- gebruikte waarde: 75%
- verantwoording: op website coronamelder.nl

Percentage gebruikers CoronaMelder

- gebruikte waarde: 16%
- verantwoording: het aantal downloads was 4.5mln op 27 januari (Min VWS 2021), als percentage van de bevolking is dat 25%. Het percentage actieve gebruikers wordt geschat op 65% (i.o.m. voorzitter evaluatiecommissie CoronaMelder)

4.4 Toepassing van de drie modellen

In de simulaties wordt telkens eerst het uitbraakmodel gedraaid, en alle geïnfecteerden in de gesimuleerde uitbraak krijgen dan random hun adherentieniveaus. Die twee modellen geven een volledige beschrijving van wie op welk moment geïnfecteerd is, en welke contacten er zijn geweest tussen alle geïnfecteerden, wanneer iedereen symptomen ontwikkelde (mogelijk nooit), en wat ieders adherentieniveaus zijn.

Hiermee kan worden gereconstrueerd wat er gebeurt op het gebied van testen en traceren. Het begint met de eerste persoon die klachten krijgt, en wel of niet een test aanvraagt, en zo worden op chronologische volgorde alle klachten, testaanvragen en testuitslagen bijgehouden, en

ook wie daarbij in quarantaine of isolatie gaan. Zodra iemand in quarantaine of isolatie gaat, worden alle infecties die in de gesimuleerde uitbraak na start isolatie/quarantaine door die persoon worden veroorzaakt, uit de uitbraak verwijderd, en daarmee ook alle infecties die daaruit zouden zijn gevolgd. Als aan het eind de hele uitbraak doorlopen is, is precies bekend welke van de oorspronkelijke infecties voorkomen zijn door de toegepaste bestrijdingsstrategie.

Met de 10000 simulaties worden vervolgens de aantallen infecties in generaties 2 en 9 bepaald en over alle simulaties opgeteld. We noemen deze I2 en I9. Het reproductiegetal wordt dan berekend als $(I9/I2)^{1/7}$.

De simulaties worden ook gebruikt om te bepalen hoeveel directe infecties er voorkomen worden door toepassing van CM. Hiervoor worden eerst uit een simulatie waar CM wordt toegepast de individuen geïdentificeerd die een test hebben laten doen omdat ze een melding van de app hebben gehad, dat aantal noemen we N. Vervolgens wordt in de simulatie het gebruik van CM weggehaald, en gekeken hoeveel extra infecties deze N mensen samen veroorzaken. Dit aantal extra infecties noemen we X. Nu wordt het aantal direct voorkomen infecties per CM-melding berekend als X/N . Het totaal aantal voorkomen infecties wordt verkregen door dit getal te vermenigvuldigen met het aantal appmeldingen uit het verleden, en het totaal aantal infecties dat zou zijn voortgekomen uit elke voorkomen infectie (Wymant 2021).

4.5

Scenario's

Figuur	Beschrijving	Parameters gewijzigd tov van tabellen 1 t/m 4	Tabel
3A	Basismodel	Zoals in tabellen 1 t/m 4	
3B	Sociale groepen met hoge adherentie	• Percentage CM app gebruikers = 24%	2
		• Test aanvragen <ul style="list-style-type: none"> - bij klachten = 53% - na informele melding = 71% - na BCO = 95% - na CM = 86% 	3
	Sociale groepen met lage adherentie	• Percentage CM app gebruikers = 8%	2
		• Test aanvragen <ul style="list-style-type: none"> - bij klachten = 48% - na informele melding = 64% - na BCO = 85% - na CM = 77% 	3
3C	Lager reproductiegetal	Reproductiegetal $R = 1,05$	4
	Langer generatie-interval	Generatie-interval = 5 dagen	4
	Minder superspreading	Superspreading-coëfficiënt = 0,05	4
	Meer superspreading	Superspreading-coëfficiënt = 0,5	4

Figuur	Beschrijving	Parameters gewijzigd tov van tabellen 1 t/m 4	Tabel
	Geen contacten in geclusterd sociaal netwerk	Clustering-coëfficiënt = 0,0	4
	Meer contacten in geclusterd sociaal netwerk	Clustering-coëfficiënt = 0,3	4
	Minder symptomatische infecties	Percentage besmettingen met klachten = 30%	4
	Lagere traceringskans	Percentage besmette contacten dat geïnformeerd wordt - via BCO = 31% - via de index direct = 25%	2
	Meer mensen die zich nooit laten testen	Test aanvragen - bij klachten = 48% - na informele melding = 64% - na BCO = 85% - na CM = 77%	3
	Minder mensen die zich nooit laten testen	Test aanvragen - bij klachten = 53% - na informele melding = 71% - na BCO = 95% - na CM = 86%	3
4A	CM-notificatie via GGD: Basisscenario	Zoals in tabellen 1 t/m 4	
	CM-notificatie direct door gebruiker: Basisscenario	Van positieve testuitslag van index totdat een contact een melding via CoronaMelder ontvangt en een test aanvraagt = 8 uur	1
	CM-notificatie via GGD: toekomst-scenario met BCO	<ul style="list-style-type: none"> Percentage van besmette contacten dat via BCO geïnformeerd wordt = 20% Percentage van besmette contacten dat via de index direct geïnformeerd wordt = 16% 	2
	CM-notificatie direct door gebruiker: toekomstscenario met BCO	<ul style="list-style-type: none"> Van positieve testuitslag van index totdat een contact een melding via CoronaMelder ontvangt en een test aanvraagt = 8 uur Percentage van besmette contacten dat via BCO geïnformeerd wordt = 20% Percentage van besmette contacten dat via de index direct geïnformeerd wordt = 16% 	1, 2

Figuur	Beschrijving	Parameters gewijzigd tov van tabellen 1 t/m 4	Tabel
	CM-notificatie via GGD: toekomstscenario zonder BCO	<ul style="list-style-type: none"> • Percentage van besmette contacten dat via BCO geïnformeerd wordt = 0% • Percentage van besmette contacten dat via de index direct geïnformeerd wordt = 16% 	2
	CM-notificatie direct door gebruiker: toekomstscenario zonder BCO	<ul style="list-style-type: none"> • Van positieve testuitslag van index totdat een contact een melding via CoronaMelder ontvangt en een test aanvraagt = 8 uur • Percentage van besmette contacten dat via BCO geïnformeerd wordt = 0% • Percentage van besmette contacten dat via de index direct geïnformeerd wordt = 16% 	1, 2
4B		Zoals beschreven voor figuur 4A met daarbij het verhogen van het percentage CM app gebruikers = 20%, 30%, 40%, 60%, 80%	1, 2

5 Literatuurverwijzingen

Backer et al. (2020). Incubation period of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections among travellers from Wuhan, China, 20–28 January 2020. *Eurosurveillance* 25

Buitrago-Garcia et al. (2020) Occurrence and transmission potential of asymptomatic and presymptomatic SARS-CoV-2 infections: A living systematic review and meta-analysis. *PLoS Med* 17.
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003346>

Brauner et al. (2021) Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science* 371, eabd9338 (2021)

Cheng et al. (2020) High transmissibility of COVID-19 near symptom onset. *medRxiv* <https://doi.org/10.1101/2020.03.18.20034561>

Coronadashboard Rijksoverheid:
<https://coronadashboard.rijksoverheid.nl/landelijk/reproductiegetal>

CoronaMelder (2021), „Hoe betrouwbaar is een melding?,” [Online]. Available: <https://www.coronamelder.nl/nl/faq/17-hoe-betrouwbaar-is-een-melding/>. [Geopend 01 03 2021].

Eames en Keeling (2003) Contact tracing and disease control. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270, 2565–2571

Ferretti et al. (2020) Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing. *Science* 368, eabb6936

Coronamelderenquête:
 W. Ebbers (2021), „Wat volgt er na een melding van CoronaMelder? Eindrapportage van de evaluatie van `CoronaMelder-app meldingen van een kans op besmetting`, een kwantitatief onderzoek. Erasmus Universiteit Rotterdam, Maart 2021.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2021/03/23/eindrapportage-evaluatie-coronamelder-eur-23-maart-2021>

Factsheet CoronaMelder (2021)
https://www.coronamelder.nl/media/Factsheet_Corona_latest.pdf

Fraser et al. (2004) Factors that make an infectious disease outbreak controllable. *PNAS* 101

GedragUnit:
 RIVM, „Resultaten onderzoek gedragsregels en welbevinden,” 26 02 2021. [Online]. Available:
<https://www.rivm.nl/gedragsonderzoek/maatregelen-welbevinden/naleven-gedragsregels>. [Geopend 23 4 2021].

Kirkegaard en Sneppen (2021) Variability of Individual Infectiousness Derived from Aggregate Statistics of COVID-19. medRxiv: <https://doi.org/10.1101/2021.01.15.21249870>.

Kissler et al (2020) Sparking "The BBC Four Pandemic": Leveraging citizen science and mobile phones to model the spread of disease. bioRxiv: <https://doi.org/10.1101/479154>

Klinkenberg et al. (2006) The Effectiveness of Contact Tracing in Emerging Epidemics. PLOS one: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000012>

Kretzschmar et al. (2020) Impact of delays on effectiveness of contact tracing strategies for COVID-19: a modelling study. Lancet Public Health 5

Kucharski et al. (2018) Structure and consistency of self-reported social contact networks in British secondary schools. PLOS one: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200090>

Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (2021) CoronaMelder statistics commit 7dd9ba6. [Online]. Available: <https://github.com/minvws/nl-covid19-notification-app-statistics>. [Geopend 27 01 2021].

McDonald et al. (2021) Estimating the asymptomatic proportion of SARS-CoV-2 infection in the general population: analysis of a nationwide serosurvey in the Netherlands. MedRxiv <https://doi.org/10.1101/2021.03.29.21254334v1>

Pellis et al. (2015) Eight challenges for network epidemic models. Epidemics 10.

Rozhnova et al. (2021) Model-based evaluation of school- and non-school-related measures to control the COVID-19 pandemic. Nature Communications 12: 1614. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21899-6>

Stichting NICE, via www.stichting-nice.nl

Susswein en Bansal (2021) Characterizing superspreading of SARS-CoV-2 : from mechanism to measurement. medRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.12.08.20246082>.

LISS-panel:

Van der Laan, Van der Waal en De Wit (2021): Eindrapportage CoronaMelder Evaluatie, Survey LISS panel – Wave 3, Maart 2021, Tilburg University.

Wymant et al. (2021) The epidemiological impact of the NHS COVID-19 App. Nature <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03606-z>

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag