



KARIN VEROUDEN

**DE GRENZEN VAN
HET GETAL**

WISKUNDIGEN AAN HET WOORD

ISVW UITGEVERS

Karin Verouden

DE GRENZEN VAN HET GETAL

Wiskundigen aan het woord

ISVW UITGEVERS

	Voorwoord	7
0	Inleiding	9
1	Niet vaccineren heeft ook gevolgen voor andere mensen In gesprek met Jacco Wallinga	15
1	Is een baksteen ethisch correct? In gesprek met Gerrit Timmer	24
2	Veerkracht koraalriffen nadert kritiek kantelpunt In gesprek met Ingrid van de Leemput	33
3	Sociaal intelligente robots slaan straks een arm om je heen In gesprek met Merel Jung	42
5	Waar trekken we de grens van de biotechnologie? In gesprek met Rob Zwijnenberg	49
8	Hardlopen als kans om uit de armoede te raken In gesprek met Jos Hermens	59
13	De dingen hebben hun geheim In gesprek met Ronald Meester	68
21	Commerciële partijen splitsen ouderen technologie in de maag In gesprek met Hans Wortmann	76
34	Je kunt niet zomaar overal zand afgraven! In gesprek met Suzanne Hulscher	83
55	Van hogere wiskunde, naar wiskundige kunst In gesprek met Henk van der Vorst	92
89	Privacy is het recht van een mens om alleen te worden gelaten In gesprek met Lejla Batina	99
144	Op zoek naar de theorie van alles In gesprek met Marcel Vonk	107

233	In een te grote DNA-databank verdwijnen sommige daders uit het zicht	115
	In gesprek met Klaas Slooten	
377	An app a day keeps the doctor away	124
	In gesprek met Ulco Schuurmans	
610	Rolstoelbasketbal is niet voor watjes	132
	In gesprek met Gertjan van der Linden en Toine Klerks	
987	Mensen met malaria besmetten muggen	140
	In gesprek met Teun Bousema	
1597	Choreografie is het organiseren van beweging in tijd en ruimte	146
	In gesprek met Anne Teresa De Keersmaeker en Femke Gyselinck	
	Biografieën	153
	Nawoord	159

Niet vaccineren heeft ook gevolgen voor andere mensen

In gesprek met Jacco Wallinga

Aangezien in Nederland vaccinatie wordt aangeboden voor kinkhoest, bof, mazelen en rodehond zou de verwachting kunnen zijn dat deze ziekten in Nederland onder controle zijn. Het tegendeel is helaas waar. Kinkhoest komt nog steeds veel voor en ook de bof is weer terug. Mazelen steken de kop op in Europese landen zoals Frankrijk, Italië, Griekenland, Oekraïne en Servië. Je hoeft dus maar op vakantie te gaan om besmet te worden. De strategie van de vaccinatie tegen bof, mazelen en rodehond (BMR) berust in Nederland op het elimineren van het virus. Voor eliminatie is een drempelpercentage immune personen in de bevolking noodzakelijk; de overige niet-immune personen worden dan beschermd door de groepsimmunititeit. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) adviseert een dekkingsgraad van 95% van de bevolking, maar daar schieten we in Nederland de laatste jaren onder. Het is bij wet vastgelegd dat ouders zelf mogen bepalen of zij hun kind al dan niet laten inenten. Jacco Wallinga is een sterk voorstander van deze keuzevrijheid, maar hij meent ook dat het debat over al dan niet vaccineren te ongenueanceerd wordt gevoerd. Hij is hoofd van de afdeling Modelleren van Infectieziekten bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), gevestigd in Bilthoven. Vanuit het RIVM is hij aangesteld als bijzonder hoogleeraar Mathematische Modelleren van Infectieziekten bij de afdeling Medische Statistiek en Bioinformatica van het Leids Universitair Medisch Centrum.

Buitenlucht

Jacco Wallinga is opgegroeid op een boerderij in Flevoland. Zijn ouders verbouwden onder andere pootaardappels. 'Wij hadden natuurlijk de allerbeste van Nederland en van de gehele wereld', knipoogt hij. 'Maar het is wel waar dat mensen uit allerlei landen, zoals Cuba en Egypte, naar de boerderij kwamen voor het aankopen van poters.' In zijn jeugd was de boerenzoon veel buiten en daar droomde hij van een beroep waarbij hij in de open lucht zou kunnen zijn. In zijn fantasie zag hij zich al langs de velden gaan om de beste kwaliteit aardappels op te kopen voor een fritesbedrijf of de beste gerst te vinden voor een grote bierproducent. Op de middelbare school was hij een goede leerling. Zijn interesse ging uit naar biologie, wiskunde en natuurkunde. 'Al-

leen vond ik die laatste twee vakken een beetje dor en doods, en sommetjes maken niet per se leuk', herinnert hij zich. 'Ik had een heel goede, gedegen wiskundeleraar. Hij was een beetje van de oude stempel, maar het feit dat ik de basis zo goed beheers, heb ik vooral aan hem te danken. Af en toe kon hij mij met veel plezier uitleggen waarom een bepaalde functie zo mooi was. Toen kon ik dat wel volgen, maar ik moest er niet aan denken om wiskunde te gaan studeren. Het vonkje is pas veel later overgesprongen.'

Jacco studeerde af als populatiebioloog aan de Landbouwwuniversiteit van Wageningen. Populatiebiologie is een tak van de biologie die zich bezighoudt met de analyse van factoren die het aantal en de dichtheid van populaties van planten, dieren en mensen beïnvloeden. Met modellen kan men analyseren welke levensstadia van belang zijn voor het voortbestaan van een populatie. Tijdens zijn studie raakte hij in de ban van de wiskunde. Hoewel Jacco zich tot de afstudeerfase voornamelijk had verdiept in planten, deed hoogleraar Johan Grasman hem het voorstel om voor een afstudeervak onderzoek te doen naar de verspreiding van rabiës onder vossen. 'Hondsdoelheid is een infectieziekte die zich verspreidt onder vossen doordat zij elkaar bijten', legt de bioloog uit. Het vossenonderzoek duurde slechts een paar maanden, maar dit project is achteraf gezien van zeer grote invloed geweest op zijn latere werk: infectieziekten modelleren. 'Ik ontdekte dat ik vanuit de bestaande wiskundige bewijzen problemen kon oplossen die nog niet eerder waren opgelost', straalt hij. 'Het was een soort openbaring. Wiskunde kwam voor mij letterlijk tot leven in de biologie. Als ik een wiskundig probleem kraak, geeft mij dat het gevoel dat ik tot de kern van het probleem kan doordringen, terwijl ik daarvoor een beetje aan de oppervlakte had zitten krabben. Andere mensen gaan misschien mediteren om zelfinzicht te krijgen, maar ik heb de wiskunde ontdekt als een middel om in zo'n soort toestand te komen.'

Zijn drijfveer om bij het RIVM te solliciteren kwam voornamelijk voort uit zijn belangstelling voor alles wat leeft, groeit en zich verspreidt. Ook de dynamiek van infectieziekten intrigeert hem. 'Een epidemie groeit, bereikt een piek en zakt daarna weer weg, om soms na een paar jaar plotseling weer op te duiken', weet hij. Hij hecht er waarde aan dat zijn werk bijdraagt aan de volksgezondheid. 'Het bizarre is dat ik ook af en toe het idee heb dat ik met statistiek levens kan redden', zegt hij.

Epidemie

'In het jaar 1655 brak de pest uit en stierf 23 procent van de Nederlandse bevolking. Toen was het al de gewoonte om het aantal slachtoffers te tellen', verhaalt de professor. 'Die telling werd echter niet gebruikt om de pest te bestrijden, maar om mensen te vermanen een vroom leven te leiden. Belangrijke en effectieve maatregelen waren quarantaine en isolatie. Ongeveer twee eeuwen later overspoelde de cholera-epidemie de wereld. De overheid besloot zich



Jongen krijgt
vaccinatie.

Foto: <https://pixnio.com/>

met de volksgezondheid te gaan bemoeien. Sterftes werden nauwkeurig geteld en op kaarten weergegeven, als bewijsmateriaal voor de slechte hygiëne in de wijken met arme bewoners. Riolen werden aangelegd en er werd voor schoon drinkwater gezorgd', doceert hij. Tegenwoordig bestaan er meerdere preventieve maatregelen tegen infectieziekten. Jacco geeft een aantal voorbeelden. 'We hebben geleerd onze hand voor onze mond te houden als we hoesten, onze handen te wassen en niet overal te spugen. Het bewaren van eten in de koelkast voorkomt bederf en bij wisselende seksuele contacten wordt het gebruik van condooms aangeraden. Jonge kinderen krijgen vaccinaties aangeboden. Zieken en ouderen krijgen een oproep voor een vaccinatie tegen griep.' In huidig onderzoek wordt bij een besmetting steeds vaker ook de genetische informatie van een ziekteverwekkende microbe bepaald. 'Uit de variatie in de genetische informatie kan worden afgeleid hoe vaak de infectie voorkomt. Als bij twee ziektegevallen de volgorde van de genetische code nagenoeg hetzelfde is, vormt dat een aanwijzing voor een mogelijke keten van besmettingen', licht de wetenschapper toe. De uitdaging van het RIVM is om de tellingen en de genetische informatie naast elkaar te leggen om te voorspellen wat het verloop van een epidemie en het effect van maatregelen zal zijn.

Land op slot

De vraag om de grenzen te sluiten wordt volgens de hoogleraar standaard gesteld bij elke dreiging van een nieuwe besmettelijke ziekte die in het buitenland om zich heen grijpt en ook in Nederland kan opduiken. 'De grens wordt niet letterlijk gesloten, maar besmette reizigers worden tegengehouden', verduidelijkt hij. 'De laatste grote dreiging was de ziekte SARS, een levensbedreigende vorm van longontsteking. De virusziekte is besmettelijk via de adem, maar vermoedelijk ook via urine, ontlasting en huidcontact. Mensen kunnen ook SARS krijgen door besmet water of voedsel te consumeren. Eind 2002 verschenen de eerste gevallen in de Chinese provincie Guangdong. Vervolgens verspreidde de ziekte zich naar Hongkong en van daaruit naar Vietnam, Canada en andere landen', vertelt de onderzoeker. 'Er bestond geen vaccin en er was dus niets tegen te doen, behalve de middeleeuwse methode om zieke mensen en mogelijke besmette mensen in quarantaine te plaatsen.'

Met behulp van het zogenoemde SEIR-model voor infectieziekten heeft Jacco met zijn team destijds de snelheid berekend waarmee SARS toenam. In dit model wordt een bevolking grofweg in vier groepen ingedeeld: de vatbaren (*susceptibles*); de mensen die eerder ziektesymptomen hebben gehad of gevaccineerd zijn (*exposed*); de mensen die met het virus besmet zijn (*infectives*) en de mensen die de ziekte hebben doorgemaakt en immuun zijn geworden (*removed*). 'Eigenlijk is het een soort boekhouding van het gedrag van mensen op een bepaald moment', duidt Jacco. Een cruciale parameter om het aantal nieuwe infecties vast te stellen, is de kans op overdracht van een virus van be-

smettelijke naar vatbare personen. ‘Bij de uitbraak van SARS schrok ik mij voor het eerst echt helemaal lam van het aantal te verwachten sterfgevallen’, bekent hij. SARS is uiteindelijk gestopt door contactopsporing: besmette mensen bellen en hun contacten nalopen. Het virus heeft Nederland nooit bereikt.

Brandstof

Aangezien in Nederland vaccinatie wordt aangeboden voor kinkhoest, bof, rodehond en mazelen zou de verwachting kunnen zijn dat deze ziekten in Nederland onder controle zijn. ‘Maar het tegendeel is helaas waar’, waarschuwt de wetenschapper. ‘Kinkhoest komt nog steeds veel voor en ook de bof is weer terug.’ De vaccinatiestrategie tegen bof, mazelen en rodehond (BMR) berust in Nederland op het elimineren van het virus, zodat het niet meer in de bevolking kan circuleren. Daarvoor is een drempelpercentage van immune personen in de bevolking noodzakelijk; de overige niet-immune personen worden beschermd door de groepsimmunitet. Een groot deel van de Nederlandse bevolking heeft volgens het hoofd van de afdeling Modelling van Infectieziekten antistoffen aangemaakt tegen het mazelenvirus, omdat zij de ziekte hebben doorgemaakt. Daarnaast is de vaccinatiegraad nog vrij hoog. De trend is echter dat steeds minder mensen voor vaccinatie kiezen, waardoor de dekkingsgraad afneemt tot onder de 95 procent van de bevolking die de WHO adviseert.

‘Door vaccinatie komen natuurlijke infecties minder voor en daarom zal immunisatie door vaccinatie worden bepaald’, licht de onderzoeker toe. ‘In het vaccinatieprogramma is uitgegaan van een homogene verdeling, maar in werkelijkheid is onze bevolking niet overal in gelijke mate gevaccineerd’, weet hij. ‘Op de *bible belt*, waar mensen zich vanwege religieuze overwegingen niet hebben laten inenten, en in Bergen waar relatief veel antroposofen wonen die veelal geloven dat een kind op natuurlijke wijze weerstand moet opbouwen tegen besmettelijke ziekten, is het aantal niet-immune personen relatief groter dan in de rest van Nederland. Het gevaar voor het uitbreken van een mazelenepidemie is daar dan ook groter.’ Met brandstof als metafoor legt Jacco het effect uit van vaccinatie tegen mazelen. ‘De vatbaren zijn de brandstof en mazelen is het vuur dat erdoorheen loopt, totdat de brandstof op is. Vaccinatie neemt de brandstof heel snel weg, waardoor er geen brand kan ontstaan. Wanneer er echter steeds meer brandstof wordt toegevoegd, breekt er op een gegeven moment alsnog een brand uit die alles verteert.’ De mensen van de *bible belt* zijn op dit moment sterk immuun voor mazelen, als gevolg van een doorgemaakte epidemie in 2013. ‘Geboortecohort voor geboortecohort zal de vatbaarheid echter weer worden opgebouwd en over enkele jaren zal weer een mazelenepidemie uitbreken’, voorspelt de RIVM-onderzoeker.

In Europa heerst het mazelenvirus op dit moment heel sterk. ‘Je hoeft dus maar op vakantie te gaan om besmet te worden’, waarschuwt hij. Europa telde volgens de WHO in 2017 vier keer zo veel besmettingen met mazelen als in 2016. In het eerste half jaar van 2018 zijn ruim 41.000 kinderen en volwassenen in Europa met mazelen besmet. Dat is meer dan het totale aantal van bijna 24.000 infecties in heel 2017 en bovendien het hoogste aantal van de afgelopen tien jaar. Uit maandelijkse landenrapporten blijkt dat zeker 37 mensen in Europa zijn gestorven aan de gevolgen van mazelen. Frankrijk, Italië, Servië en Oekraïne springen eruit. De meeste gevallen van mazelen zijn gemeld in Oekraïne, dat met ruim 23.000 besmettingen goed is voor meer dan de helft van alle infecties. Deze landen kampen met een teruglopend aantal ouders dat hun kinderen laat vaccineren of met een tekort aan vaccins. Tot voor kort kwamen de niet-prikkers vooral uit de religieuze en antroposofische hoek. Maar sinds infectieziekten dankzij vaccinaties steeds zeldzamer worden, is er een nieuwe groep complotdenkers bij gekomen. Zij geloven dat verplichte vaccins het voortvloeiende zijn van een geheim verbond tussen de corrupte overheid en op geldbeluste farmaciebedrijven. ‘Misleid door desinformatie op sociale media, vermoeden zij bovendien dat vaccinaties juist ziekten, autisme en kanker kunnen veroorzaken’, fronsen de wetenschappers.

Synthetisch netwerk

Met een sociogram van de Nederlandse bevolking kan de verspreiding van ziekten voorspeld worden. In zo’n sociogram worden activiteiten en contacten opgenomen om besmettingshaarden snel te kunnen detecteren. ‘In de computer van het RIVM leeft een nagebootste bevolking van miljoenen mensen die allemaal dagelijks gedrag vertonen, zoals kinderen die naar school gaan en ouders die boodschappen doen. Het is een soort synthetisch netwerk dat in alle opzichten lijkt op de echte populatie, maar in verband met de privacy is het netwerk niet een-op-een te matchen met echte mensen’, verklaart de onderzoeker. ‘In een zogenoemde graaf is elk individu een bolletje, en worden de contacten die zij maken aangegeven met pijltjes. Op basis van de mensen die veel contacten hebben, de hubs, wordt inzicht verkregen over de verspreiding van een ziekte en is het mogelijk efficiënte maatregelen, zoals vaccinatie bij bepaalde groepen, in te zetten. Voor iedere ziekte wordt een andere graaf gemaakt.’

De wiskunde die het RIVM gebruikt bij het in kaart brengen van een epidemie is die van het zogenoemde generatie-interval, een maat voor de tijd tussen opeenvolgende infecties en daarmee voor de tijdschaal waarop een epidemie verloopt. Mazelen bouwt zich gemiddeld in elf dagen heel langzaam op in het lichaam en breekt vervolgens uit. Ineens is iemand dan heel besmettelijk voor andere mensen. Het virus bevindt zich in de keelholte en springt via uitgehoopte druppeltjes speeksel over op anderen. Iemand die de mazelen

‘Er is geen zekerheid in de wetenschap waar wiskunde niet kan worden toegepast’, schreef Leonardo da Vinci al vijf eeuwen geleden. In het boek *De grenzen van het getal* komen wetenschappers, sporters en kunstenaars aan het woord. Zij vertellen over hun liefde voor wiskunde en de schoonheid ervan, maar er zit ook een schaduwkant aan hun verhalen. Door wiskunde begrijpen we steeds meer van de wetten van de natuur en kunnen we ook ingrijpen in ons eigen lichaam. Het lijkt erop dat we doordraven en de banden met de natuur helemaal willen doorsnijden. Doen wij er wel goed aan om onze technologische kennis in te zetten voor een uitsluitend door mensen gemaakte wereld?



Karin Verouden is journalist en lerarenopleider op Fontys Hogescholen in Tilburg.

Karin Verouden interviewde tientallen professionals over de toepassingen van wiskunde in de samenleving. Zij benadrukken ethische vraagstukken en tonen aan dat wiskunde als geen andere wetenschap de wereld vormt. Maar of wiskunde ons ook meer thuis laten voelen op de wereld, daarbij zetten zij stevige vraagtekens.

ISVW UITGEVERS

