

# DE ZWAKSTE SCHAKEL,

## Over maatschappelijk verantwoorde genomics

door prof. dr. H.G.J. Gremmen



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

WAGENINGEN **UR**

Inaugurele rede uitgesproken op 15 maart 2007 in de Aula  
van de Wageningen Universiteit



## **De Zwakste Schakel, Over maatschappelijk verantwoorde genomics**

Mijnheer de Rector Magnificus, dames en heren.

### **Inleiding**

De televisiekijkers onder u zullen ongetwijfeld de titel van mijn rede herkennen als de titel van het gelijknamige spelprogramma. In de Nederlandse versie van 'de zwakste schakel' krijgen de deelnemers het niet alleen flink te verduren van quizmaster Chazia Mourali, maar worden ze ook door hun mededeelnemers bekritiseerd en uiteindelijk weggestuurd. De komende 45 minuten wil ik u laten zien dat in het innovatieve spel dat genomics heet, ook deelnemers worden aangewezen als de zwakste schakel. In veel gevallen wijst men dan in de richting van consumenten, burgers of patiënten. Ik bedoel dus u allen, beste mensen in de zaal. Zoals in het televisiespel moeten de deelnemende groepen in het innovatieve netwerk rond genomics samenwerken om een zo goed mogelijk resultaat te bereiken. Maken zij fouten dan lijden de andere groepen daar ook onder. De clou van mijn verhaal is dat alle groepen een maatschappelijke verantwoordelijkheid hebben naar de andere groepen en door hen worden beoordeeld. Omdat groepen elkaar in het uiterste geval kunnen wegstemmen zoals bijvoorbeeld is gebeurd bij genetische modificatie, zijn er methoden en instrumenten nodig om de relaties in het innovatieve netwerk te versterken. Ik zie het als mijn taak om vandaag, als een soort academische quizmaster, te laten zien wat onderzoek en onderwijs op het gebied van de ethische en sociale

aspecten van genomics kan bijdragen aan een maatschappelijk verantwoorde genomics.

Ondertussen is het woord “genomics” al een aantal keren gevallen. Buiten de muren van de kennisinstellingen weten de meeste mensen nog steeds niet wat het betekent. Een eerste en voorlopige definitie van genomics is te vinden op de site [www.watisgenomics.nl](http://www.watisgenomics.nl). “Genomics is de nieuwe term voor grootschalig onderzoek naar erfelijkheid en de genen. Het woord genomics is afgeleid van genoom (het totaal van genen in een organisme).” In deze definitie ligt de nadruk op ‘grootschalig’ en wordt genomics gezien in het verlengde van de erfelijkheidsleer of wel genetica. Ik kom hier later nog uitgebreid op terug.

Mijn leerstoel wordt door het Centre for BioSystems Genomics (CBSG) gefinancierd met middelen van het Nationaal Regie-Organ Genomics (NGI). Binnen onder andere CBSG zijn de afgelopen jaren belangrijke resultaten geboekt. De wetenschappelijke successen blijken echter complexe ethische en sociale vragen op te roepen. Het gaat daarbij vooral om het toepassen van de resultaten van onderzoek voor agro- en fooddoeleinden, zoals het verhogen van de gezondheidsbevorderende stoffen in tomaten of het maken van phytophthora-resistente aardappelen. Ook opereren onderzoekers zelf in een omgeving waarbij andere dan wetenschappelijke belangen een rol spelen. Daarbij kunt u denken aan bijvoorbeeld commerciële belangen.

Ik benader plantengenomics vanuit een open houding. Ik zie het als een potentieel belangrijke bron van innovatie op het gebied van de productie en bereiding van voedsel, van de gezondheidszorg en van natuur en milieu. In mijn werk als

hoogleraar wil ik op een constructieve en systematische wijze de relatie plantengenomics en maatschappij onderzoeken. Gezien de maatschappelijke relevantie van het onderzoek naar tomaat en aardappel, wil ik mij vooral concentreren op de positie en rol van plantenveredeling binnen het CBSG. Eerst komt mijn aanpak en daarna komen de drie velden in de titel van mijn leerstoel, in omgekeerde volgorde, aan de orde. Als laatste zal ik iets vertellen over mijn onderzoek- en onderwijs plannen.

### **Aanpak**

De algemene uitgangspunten van mijn werk zijn vierledig: Ten eerste staan handelingen centraal; ten tweede het doen van interactief en participatief onderzoek, dat wil zeggen alle maatschappelijk relevante actoren betrekken bij het onderzoek Ten derde het doen van interdisciplinair onderzoek: een combinatie van ethiek, technology assessment en sociaal wetenschappelijk onderzoek En het vierde algemene uitgangspunt is het aansluiten bij de ‘user-orientation’ in de Science and Technology Studies literatuur. Deze uitgangspunten sluiten aan bij wat men de Wageningse aanpak noemt, maar het meest kenmerkende uitgangspunt in mijn werk is het praktijkbegrip: een samenhangend geheel van betekenisvolle handelingen waarin mensen, materiaal en kennis worden gecombineerd (Gremmen, 1993).

In het Nederlands gebruiken wij het woord ‘praktijk’ vaak in het meervoud en hangt er soms een negatieve sfeer omheen, bijvoorbeeld “duistere praktijken”. Een praktijk is dan min of meer een gewoonte. Voor mij is dat echter nog niet voldoende (Gremmen, 1991). Ik sluit aan bij een ander bestaand gebruik van het woord “praktijk”: de praktijk van een bepaalde professional: bijvoorbeeld de huisartsenge-

neeskundige praktijk, de advocatuur of de culinaire praktijk. Binnen een bepaald veld zijn vaak meerdere praktijken te onderscheiden, zoals de melkveehouderij, de teelt van bepaalde gewassen en de tuinbouw binnen het veld van de landbouw. In het onderzoek naar een bepaalde praktijk staan niet alleen de handelingen centraal, maar is de competente uitvoering van die handelingen de basis van het onderzoek.

Om de Praktijkbenadering verder kort toe te lichten zal ik deel 2, 'Vuile handen' van de roman 'Het Bureau' van J.J. Voskuil als voorbeeld gebruiken (Voskuil, 1996). De hoofdpersoon, Maarten Koning, werkt op het Bureau waar men wetenschappelijk onderzoek doet naar volkscultuur. In 1968 doet hij onderzoek naar de dorsvlegel. Hij wil laten zien hoe de verschillende dorsvleugels zich in de loop van de tijd hebben verspreid over Nederland. Uitgangspunt voor het onderzoek vormen de dorsvleugels die bewaard zijn gebleven. De verspreidingskaarten die hij maakt, zijn gebaseerd op geschreven bronnen en interviews in het veld. Vanuit mijn aanpak gezien onderzoekt Maarten Koning de praktijk van de graanteelt, en in het bijzonder een bepaald gereedschap, de dorsvlegel. Hij richt zich echter niet op wat de boeren met de dorsvleugels deden, maar op de verspreiding ervan. Ook gebruikt hij talige methoden van onderzoek Deze beperkte manier van onderzoek doen, laat bepaalde dingen onderbelicht.

Bij een bezoek aan de oudheidkamer van Hulst vraagt Maarten aan zijn informant, die zelf boerenknecht en boerenarbeider blijkt te zijn geweest, om eens voor te doen hoe hij er mee sloeg. Daarna probeert Maarten het zelf, maar dat lukt niet meteen:

'Nee, ge doet het niet goed.' Hij nam de vlegel terug. 'Het moet op en neer, maar tegelijk moet ge wat zwaaien, zo.'

Hij deed het opnieuw voor terwijl Maarten oplettend toekeek. ‘Ik begrijp het nu wel, maar ik heb het nog niet in mijn handen,’ zei [Maarten] nadat hij het nog een paar keer had geprobeerd.’ (Voskuil, 1996, 246-247)

In dit fragment verschuift het onderzoek over de dorsvlegel naar onderzoek over het dorsen, het gebruik maken van de dorsvlegel. Dit veronderstelt echter een competentie die moet worden geleerd door gedegen training (Gremmen, 1993).

In 1971 vraagt een collega aan Maarten Koning “Waarom wil je nou eigenlijk zo precies weten hoe ze met die vlegels gedorst hebben?” Maarten zegt: “Omdat ik wil begrijpen waarom de boeren in Noord-Holland zoveel tijd nodig hadden om op een veel betere vlegel over te stappen.” (Voskuil, 1996, 437) Hij denkt dat “...de techniek van het dorsen, de overgang op een andere beweging, remmend werkte. Alleen weten we van die techniek niets af. Ze hebben altijd alleen maar naar het gereedschap gekeken.” (Voskuil, 1996, 437) Dit fragment laat zien dat Maarten Koning de beperking van zijn onderzoek doorbroken heeft en daardoor tot nieuwe inzichten komt.

Ook al zijn er experts om het voor te doen, waarom is het zo moeilijk om handelen te begrijpen? (Gremmen, 1995) Dat heeft te maken met de bijzondere vorm van reflectie die daarbij een rol speelt: de praktische reflectie. Het bijzondere van de praktische reflectie is dat daarin doen en denken samengaan, zonder tussenkomst van de taal. Al doende kan ik leren begrijpen wat wij als praktijkbeoefenaren doen. Zonder deel te nemen leer je een praktijk niet begrijpen en zonder een praktijk te begrijpen kun je niet deel nemen op een expert niveau. Dat je iets van een gezamenlijke praktijk begrepen hebt, kun je bijvoorbeeld zonder woorden tonen

door het herhaalde malen voor te doen, steeds op een iets andere manier. In de filosofische traditie is reflectie echter een 'terug buigen op', het stellen van bijvoorbeeld de vraag 'waarom heb je dat gedaan?'. Hierbij buigt men zich via een talige manier van denken, na afloop van een bepaalde, individuele activiteit, terug op die bepaalde activiteit. Hoewel de filosofische reflectie in de loop van de tijd een belangrijke culturele rol heeft gespeeld, moeten we ook vormen van praktische reflectie ontwikkelen om praktijken te kunnen begrijpen. Een groot probleem van deze methode is echter de vertaling naar woorden.

Bij de vraag 'Wat bent u aan het doen' zijn de meeste mensen onmiddellijk in staat om te zeggen wat zij aan het doen zijn, maar hebben moeite om het hoe en waarom te vertellen. Praktische reflectie moet je leren en het naar de juiste woorden zoeken is een ware kunst, *je gaat het pas zien als je het doorhebt*. Dat is ook de titel van het boek van Pieter Winsemius, met als ondertitel: 'Over Cruijff en leiderschap' (Winsemius, 2004). Over leiderschap ga ik niets zeggen, maar wel over het verwoorden van de praktische reflectie in de praktijk van het voetballen.

Veel mensen moeten lachen om typische Cruijff uitdrukkingen als "Elk nadeel heb z'n voordeel" of "Toeval is logisch". Dat laatste legt Winsemius zo uit: "Het geluk staat aan de kant van degenen die goed zijn voorbereid. Toppers weten wanneer ze op welke plaats moeten zijn en omdat hun medespelers daarop kunnen rekenen, gebeuren er mooie dingen." (Winsemius, 2004, 34) Een voor mij belangrijke les uit het boek is als Cruijff zegt: 'ik ben helemaal niet geïnteresseerd in de speler met de bal. Ik ben altijd geïnteresseerd in wat er aan de andere kant van het



veld gebeurd, hoe ze daar spelen, hoe ze daar voor de uitvoering van hun taken zorgen.” (Winsemius, 2004, 37) Als de man zonder bal bepaalt hoe het spel verder gaat dan kun je dus op televisie, waarbij de camera immers de bal volgt, het meest wezenlijke van het spel niet zien, en was het toeval dat een Nederlandse fotograaf een prijs kon winnen met een foto van de beruchte kopstoot van Zinedine Zidane op het WK van 2006.

Wat bedoelt Cruijff als hij zegt dat techniek belangrijk is? Ik citeer: “Techniek is niet duizend keer een bal hooghouden, want dat kan iedereen die er een beetje op oefent. Techniek is in een keer de bal doorspelen op de juiste medespeler....Het is een manier van denken.” (Winsemius, 2004, 11) Het gaat om spelers die elkaar blindelings kunnen vinden. Team intuïtie als ervaring die je niet onder woorden kunt brengen. Cruijff probeert dit toch, maar dit kun je alleen volgen als je die ervaring ook heb gehad. Deze intuïtie is niet aangeboren maar aangeleerd. Het is net zoals met leren autorijden: eerst doe je alles nog heel bewust, maar later hoef je niet meer te denken en handel je automatisch. Ik denk dus dat onze wetenschappelijke theorieën over het leren van een techniek op een verkeerde fase gericht zijn: die van de beginner, terwijl er daar, wetenschappelijk gezien, het minste te leren is.

Cruijff leert ons dat alle vaklui een soort raamwerk in hun hoofd hebben dat hun in staat stelt te raden wat hun vakgenoten zullen doen. Het probleem is echter dat deze vakgenoten kunnen raden wat wij hebben geraden en iets geheel anders, buiten het raamwerk om, kunnen doen. Welk raamwerk hebben de spelers bij genomics in hun hoofd?

## Genomics en Plantengenomics

Wat betekent het woord genomics? Is genomics niets anders dan genetische manipulatie? Of is het een nieuw woord voor genetica, erfelijkheidsleer? Is het een nieuw paradigma in de levenwetenschappen? Sommige mensen denken zelfs dat het over gnomen gaat: een soort kabouterijtjes. Is Genomics een wetenschap of een technologie? Of heeft het weinig zin om dit onderscheid bij genomics nog te maken?

Twintig jaar geleden werd de naam genomics, een combinatie van de woorden 'genen' en 'chromosomen', bedacht als naam voor het eerste tijdschrift over deze discipline (Zwart, 2005, 28). Genomics werd gezien als een combinatie van moleculaire- en celbiologie met klassieke genetica en bioinformatica en is dus veel meer dan klassieke genetica. Het tijdschrift Genomics publiceerde resultaten "...van wat tegenwoordig "structural genomics" heet: het in kaart brengen van het genoom van model-organismen." (Zwart, 2005, 28). Nu verstaan we onder de term genomics "vooral 'functional genomics': het onderzoek naar de functie van de genen, met name complexe interacties tussen grote aantallen genen onderling en tussen genetische informatie en omgevingsfactoren" (Zwart, 2005, 29). Genomics-onderzoek kan gaan om genen van mens, dier, plant en micro-organismen. Bijvoorbeeld voor het zoeken naar de oorzaak en het verloop van ziekten, het onderzoeken van de werking en bijwerkingen van nieuwe medicijnen, gewasveredeling en de ontwikkeling van bacteriën die nuttige stoffen maken (medicijnen, vitamines of bouwstenen voor kunststof).

In het begin ging alle aandacht uit naar het genoom van de mens. Artikelen over plantengenomics verschenen pas jaren

later. Plantengenomics richt zich op het genoom van planten en ontwikkelt onder andere 'markers', die ongeveer de plek aangeven van een gen binnen het genoom. Aangezien plantengenomics zich afspeelt op het moleculaire niveau, wordt deze activiteit door veel mensen als genetische modificatie gezien. De huidige plantengenomics grijpt echter niet rechtstreeks in het genoom in, maar is gericht op kennis over het genoom en inzicht in de interacties op moleculair niveau die bijvoorbeeld de ziektegevoeligheid en andere kenmerken van de plant beïnvloeden.

## **Toegepaste plantengenomics als nieuwe plantenveredeling**

Plantenveredeling is geen aparte wetenschap maar een maatschappelijk geïntegreerd beroep en een bedrijfsmatige activiteit. Tot de negentiende eeuw waren de boeren zelf verantwoordelijk om een klein deel van hun oogst te bewaren als plantmateriaal voor het volgende seizoen. Zij waren niet alleen de eigenaar van het plantmateriaal, zij selecteerden ook de planten. Dat leidde echter alleen maar tot een meer beperkte genenpool en uniforme landrassen. Zonder gecontroleerde kruisingen zal selectie alleen niet resulteren in betere genotypes. Technisch gezien was het veredelingsproces een kwestie van vallen en opstaan. Veredelen gebeurde 'blind'. Een langdurig en moeizaam proces om allerlei eigenschappen goed gecombineerd te krijgen. Zien of dat gelukt was kon je alleen door te kijken naar het eindresultaat.

In de negentiende eeuw kwamen er gespecialiseerde bedrijven die zaad gingen verkopen, door hun rassen te verbeteren en de zaadkwaliteit te verhogen, konden zij zich onderscheiden van hun concurrenten. De genetica ontstond in het begin van de

twintigste eeuw en gaf, samen met onder andere de taxonomie en de agronomie, een wetenschappelijke basis aan de kunst van de plantenveredeling. Dat had tot gevolg dat de boer zijn positie als beschermer van de genen pool verloor. Nu zijn het de bedrijven die de cultivar keuze van de boer voor een groot deel bepalen en zij zijn ook de eigenaren van het genetische materiaal dat bij de boeren op het veld te vinden is. Deze ontwikkeling is dus niet te danken aan de moderne biotechnologie, maar maakt onderdeel uit van een eerder differentiatieproces.

De resultaten van de plantengenomics worden nu gebruikt om instrumenten te ontwikkelen die ingezet kunnen worden bij de plantenveredeling. Dit noem ik het 'gereedschapskist' stadium in de toegepaste plantengenomics. De plantenveredeling heeft de afgelopen eeuw steeds maar nieuwe cultivars kunnen ontwikkelen door gebruik te maken van een genetica die zich richt op individuele genen. Dit is een langdurig proces (soms wel 20 jaar) met veel praktische beperkingen. De inzet van "*Marker Assisted Breeding*" (MAB) maakt de plantenveredeling efficiënter door een snellere selectie van geschikte planten (Nap, et. al. 2002). MAB kan worden gebruikt om nieuwe gewassen te ontwikkelen voor alle bestaande veredelingsystemen (traditioneel, biologisch en genetisch gemodificeerd). Hoe lager de drempel wordt voor het vinden van een product met de juiste eigenschap, hoe makkelijker het ook wordt om heel snel iets in de markt te zetten waar vraag naar is. Ouderen die vergeetachtig worden kunnen misschien bediend worden met de komkommer die een geheugenstimulerende stof in zich blijkt te hebben. Vijftig procent van de consumenten met een appelallergie kunnen nu al in de winkel Santana's kopen (Putten, et. al. 2006).

De volgende stap is *Genomics Assisted Breeding* die wordt beschreven als; "... high-throughput approaches combined with automation, increasing amounts of sequence data in the public domain and enhanced bioinformatics techniques..." (Varshney, et. al. 629) (Dat is echter nog geen nieuwe genomics veredelingsmethode. Een stap verder zou zijn om op basis van de resultaten van het genomicsonderzoek en technieken nieuwe eigenschappen van planten door een bedrijf te laten aanbrengen. Een voorbeeld is het bedrijf Cibus dat vorige week de FoodNavigator haalde met een nieuwe niet-genetisch gemodificeerde veredelingsmethode. Zij zeggen in staat te zijn om de eigenschappen te veranderen door het DNA reparatie mechanisme van de plant zelf het werk te laten doen. De plant wordt daarbij aangezet om een bepaalde bestaande eigenschap te zien als een schrijffout en die te vervangen door de gewenste eigenschap die wel aanwezig was maar niet werd geactiveerd.

In de toekomst zullen raseigenschappen op afroep besteld kunnen worden. Je hoeft dan niet meer naar de plant zelf te kijken. Met het genoom van meer en meer planten volledig in kaart gebracht, kun je naar genen kijken en de daaraan gekoppelde eigenschappen. Het veredelen van een makkelijker mechanisch te oogsten broccoli met een langere steel en weinig blad kostte het bedrijf Seminis nog meer dan tien jaar. Dat kan via *Breeding by-Design* vele malen sneller worden gerealiseerd. De plantenveredelaars vertalen de wensen van hun klanten op hun computers in superieure genotypes. De plant kan vervolgens bij een bedrijf worden besteld. Een logisch vervolg hierop is de synthetische biologie, waarin men bestaande of nieuw ontworpen modules koppelt aan een gestandaardiseerde basismodule. Vervolgens wordt het ontwerp doorgerekend en fouten worden verbeterd (De Vriend, et. al. 2007).

Toegepaste plantengenomics staat nog maar in de kinderschoenen. Hoewel de huidige praktijk nog veraf ligt van de fraaie toekomstbeelden, wordt een plantenveredeling zichtbaar die de overstap maakt van veredelaars met de beroemde ‘groene vingers’ naar ingenieurs achter de computer: het ontwerpen van planten in silico. Het leven is informatie geworden. Welke sociale aspecten spelen bij die overstap een rol in de toegepaste plantengenomics als nieuwe plantenveredeling?

## **Sociale aspecten**

Het vakgebied “Wetenschap en Samenleving” was ook aan Wageningen Universiteit populair in de jaren zeventig van de vorige eeuw. Het vak werd veelal beoefend door kritische natuurwetenschappers vanuit een bepaalde ideologische achtergrond. Ik kijk op een andere manier naar de relatie wetenschap en samenleving. Mijn startpunt vormt de innovatieve interactie tussen beide, met als inzet het in een zo vroeg mogelijk stadium betrekken van alle relevante maatschappelijke belanghebbenden. Dit streven lijkt te worden bemoeilijkt door het zogenaamde Collingridge dilemma: aan het begin van een innovatietraject kun je nog invloed uit oefenen, maar is het onduidelijk wat je kunt beïnvloeden omdat het nog alle kanten op kan gaan; aan het einde van een innovatietraject is duidelijk wat je zou kunnen beïnvloeden, maar kan er bijna niets meer veranderen, omdat alles inmiddels vastligt. Ik denk dat er geen afdoende oplossing voor het Collingridge dilemma is en dat heeft volgens mij alles te maken met de uitgangspunten van het dilemma (Gremmen, 2004). Het belangrijkste uitgangspunt is dat het dilemma berust op het liniaire model van innovatie. Daarin begint, in het geval van landbouw, innovatie bij wetenschap, wordt doorgegeven aan

technologie en vervolgens via boeren en industrie aan de consument. In het lineaire model staat kennis voorop. Het model is hiërarchisch, gaat van natuurwetten naar technische regels en voorschriften en het is algoritmisch (Gremmen, 1995). Als je wetenschap en samenleving ziet als twee autonome, verschillende sferen, met verschillende actoren en in principe bijna geen contact, dan gaat het Collingridge dilemma op. Wetenschap en samenleving zijn echter via onderwijs, industrie, media en kunst op allerlei manieren vervlochten tot een hecht innovatief netwerk van hybride praktijken. Dat wordt versterkt door het vervagen van de grenzen tussen wetenschap en technologie, zoals bij genomics. Daar sluit een cyclisch innovatie model met feed-back loops bij aan, waarin niet kennis maar activiteiten centraal staan, er sprake is van symmetrie (alle elementen zijn belangrijk), en de uitkomst van het innovatieproces is onvoorspelbaar.

Ook in het hechte innovatieve netwerk sluiten bepaalde zaken niet goed op elkaar aan. De aansluiting ontbreekt tussen groepen die vorm geven aan publiek/privaat onderzoek, zoals de partners in CBSG, en groepen die, omdat zij niet in staat zijn om constructieve relaties op te bouwen in het innovatieve netwerk waar ze deel van uit maken, een zwakke schakel vormen. De eerste soort groepen richt zich bijvoorbeeld via promotiecampagnes tot de anderen in het netwerk, terwijl de tweede soort groepen vraagt om overheidscontrole en regulering. De beloften van de eerste soort groepen botsen op het verzet van de tweede soort groepen. Hoe managen we deze situatie? Via de traditionele Risico- en Technology Assessment zijn we niet op tijd en worden alleen de effecten gedempt (Frewer en Gremmen, 2007). Wat we nodig hebben is een Maatschappelijk Verantwoorde Strategische Aanpak (*Strategic Social Responsibility Approach*) voor alle

deelnemers in het innovatieve netwerk. Deze aanpak richt zich op de strategische keuzes die het mogelijk maken om innovatieve activiteiten vorm te geven in termen van een gedeelde verantwoordelijkheid. De eerste stap is het verbreden van ontwerpactiviteiten naar de consumenten toe.

Consumenten worden regelmatig overvallen met innovatieve producten, waarop zij geen invloed hebben gehad. Er is weinig bekend hoe wetenschappelijke kennis en resultaten worden geïntegreerd in het dagelijkse leven. Als de innovatie een bijdrage levert aan het begrip van en de controle over dit alledaagse leven is er geen probleem en staan mensen positief ten opzichte van het innovatieve netwerk. Innovaties moeten eerst worden gedomesticeerd, geïntegreerd in het dagelijkse leven van mensen. Pas dan worden zij er een vanzelfsprekend onderdeel van.

Ik zie tenminste twee mogelijkheden om bij het begin van een innovatietraject de Maatschappelijk Verantwoorde Strategische Aanpak in te zetten. Op de eerste plaats door activiteiten uit de praktijk van de plantenveredeling als combinaties van wetenschappelijk/technische en politieke strategieën te onderzoeken en bespreekbaar te maken. Zo kunnen bijvoorbeeld hybride zaden worden gezien als een fusie van extra hoge opbrengst door 'heterosis' en het jaarlijks kopen van nieuwe zaden door boeren. Terminator genen gaan nog een stap verder, maar kunnen worden gebruikt om uitkruisen van Genetisch Gemodificeerde Organismen te voorkomen. Op de tweede plaats kan de Maatschappelijk Verantwoorde Strategische Aanpak door belanghebbenden uit relevante praktijken te confronteren met, en te laten reageren op, maatschappelijke mogelijkheden en alternatieven die mogelijk uit de innovatie ontstaan. Ik richt mij dus op



‘de samenleving in de wetenschap’ en niet op ‘de wetenschap in de samenleving.’ Ik doe dat vanuit een ingebedde positie, opgenomen in het CBSG en de leerstoelgroep plantenveredeling. Door data en informatie te leveren, die de andere onderzoekers binnen CBSG nodig hebben, ben ik als onderzoeker opgenomen in de multi-diciplinaire wereld van genomics. Deze positie maakt een praktische reflectie in de diepte mogelijk, in tegenstelling tot een positie die vanuit een afstand leidt tot de filosofische reflectie.

Mijn eigen positie:

	<b>Wetenschap in Maatschappij</b>	/	<b>Maatschappij in Wetenschap</b>
Op afstand	Nee		Nee
Ingebed	Nee		Ja

Hoe gaan we dit aanpakken? Ik ga uit van de zwakste schakel in innovatieve netwerken: de gebruiker. Het is belangrijk dat groepen in innovatieve netwerken leren om te gaan met verschillende soorten gebruikers die verschillende vaardigheden hebben en verschillende dingen doen. We kunnen daarbij gebruik maken van de lessen die we hebben geleerd van genetische modificatie. We konden toen veel doen zonder dat we precies wisten wat we deden. Genomics haalt die schade nu gedeeltelijk in. De moeilijke vragen vanuit de maatschappij werden pas gesteld nadat de innovatieve praktijk al bestond en haar eerste producten circuleerden. We hebben daarvan geleerd dat risico's beter worden geaccepteerd als ze makkelijker zijn om te identificeren, gezien kunnen worden en

op waarde kunnen worden geschat. Maar de innovatie trend in de landbouw gaat de andere kant op: van tractoren, naar chemische middelen, naar genen. Degenen die risico lopen zullen dit beter aanvaarden als ze ook voordelen hebben, met name gezondheidsvoordelen, zoals de tv-zender RTL4 enige weken geleden liet zien. Er is geen risico-vrije wereld, want dan zouden wij niet kunnen leren.

Hoe kunnen de technische mogelijkheden van genomics optimaal inwerken op het denken en handelen van alle ketenspelers? Een tomaat die voor een handelaar goed handelbaar is, is voor een teler misschien wel matig teelbaar. En een tomaat die voor de consument perfect is, kan zomaar onhandig zijn voor een supermarkt. En wat de ene consument schitterend vindt, dat kan de andere consument weer gestolen worden (Heuvel, et. al. 2008). Welke eigenschappen zijn het belangrijkste? (Heuvel, et. al. 2006) In de praktijk is het zo dat wie het voor het zeggen heeft in de keten, ook degene is die kan bepalen waar zaadveredelaars op moeten letten bij het ontwikkelen van een nieuw ras. Rekening houden met de wensen van alle schakels in de keten, dat is ondoenlijk.

Ik vind de vraag hoe informatie in de keten zo vrij mogelijk kan doorstromen, van groot belang voor CBSG. Niet alleen komt informatie beschikbaar komt door het CBSG onderzoek, ook in de keten van productie, handel en consumptie van groente vindt een constant verkeer van informatie plaats. Wensen en eisen waar producten aan moeten voldoen gaan heen en weer tussen ketenpartijen. Ook die informatie kan helderder en beter gecombineerd worden met wat er technisch mogelijk is. De manier waarop de verschillende spelers in de keten op alle geuite wensen en eisen reageren, bepaalt hun succes. De teler die een goed antwoord heeft op

de soms schijnbaar tegengestelde wensen van handel, supermarkt en consument, die zal goed boeren (Heuvel, et. al. 2007). Datzelfde geldt voor de zaadveredelaar die met een tomaat komt die in de smaak valt bij zo veel mogelijk spelers verderop in de keten. Elk ras is een technische vertaling van een sociaal-maatschappelijk wensenpakket.

Concluderend, de moderne plantenveredeling is een bedrijfstak die gedomineerd wordt door een klein aantal academisch opgeleide specialisten. Zij moeten zich bewust zijn van de gevolgen van het al dan niet gebruiken van bepaalde technologieën in samenspraak met de wensen van de telers en de consumenten. Zij zijn samen met de andere groepen in de innovatie keten verantwoordelijk voor een duurzame landbouw en het duurzame gebruik en bewaren van genen. Duurzaamheid als maatschappelijke waarde is een van de ethische aspecten van toegepaste plantengenomics.

## **Ethische aspecten**

Ethiek is niet alleen een vak naast alle andere, maar bevindt zich ook in alle andere. “De ethische aspecten van...”, vult u zelf maar in. Ethiek als vak gaat meestal over het verklaren waarom de daden van individuen goed of slecht zijn. Mijn focus is gericht op maatschappelijke waarden. Voorbeelden zijn: duurzaamheid, gezondheid, veiligheid, biodiversiteit, en voedselzekerheid (Gremmen, 2006). Niet toevallig zijn dit maatschappelijke waarden die binnen Wageningen belangrijk zijn. De meeste mensen hebben niet zoveel moeite met deze waarden op zich, maar met de prioritering en de vertaling van deze waarden. Aangezien ik het handelen als een centraal begrip zie, doe ik ethisch onderzoek tegen de achtergrond van het pragmatisme: een netwerk

van thesen waar de vraag hoe wij moeten omgaan met de constante dynamiek van de technologische cultuur als rode draad doorheen loopt (Gremmen, 2002). De nadruk ligt op emergente maatschappelijke problemen die om creativiteit en inventiviteit vragen omdat onze vaste overtuigingen en gewoonten ons daarbij in de steek laten. Het gaat vooral om het proces waarin morele oordelen tot stand komen.

### **Plantengenomics en maatschappelijke acceptatie**

Wat de ethische aspecten zijn, hangt af van het gebruik van de kennis. Het is natuurlijk mogelijk om genetisch gemodificeerde planten te maken op basis van kennis die de plantengenomics levert. In dat geval is het overschrijden van soortgrenzen één van de ethische aspecten. De genetische modificatie van planten is echter slechts een van de mogelijke toepassingen van de kennis van plantengenomics. Bij andere toepassingen zal de nadruk op andere ethische aspecten liggen.

Kunnen we, als maatschappij, op grond van ethische argumenten genomics accepteren? Ik denk dat er bij genomics geen sprake kan zijn van maatschappelijke acceptatie, maar ook niet van maatschappelijke afwijzing (Gremmen, 2006). Dat stadium beschouw ik als een gepasseerd station doordat wij genomics, als informatie, al hebben verweven met talloze praktijken in onze Westerse maatschappij. Het gaat daarbij over de verantwoordelijkheid van een maatschappij die zich, in de tweede helft van de vorige eeuw, heeft ontwikkeld tot een informatiemaatschappij waardoor ook genomics kon ontstaan.

Toch zal plantengenomics alle maatschappelijke zorgen die over het algemeen verbonden worden met moderne biotech-

nologie onder ogen moeten zien, zoals regulering of zo u wilt overregulering, macht van bedrijven en dan vooral de grote bedrijven, intellectuele eigendomsrechten, verdeling van winst en voordelen, en natuurlijk veiligheid.

Een belangrijk ethisch dilemma is de vraag of je het beste tot de kern van een levend organisme kunt doordringen door het te reduceren tot zijn afzonderlijke genen of door het te beschouwen in zijn heelheid. In filosofische termen: reductiönisme versus holisme. De biologische landbouw is tegen de reductionistische benadering die kenmerkend is voor genetische modificatie. Ze willen niet kijken naar één enkel gen. Maar ik vind dat genomics voor die sector wél acceptabel zou kunnen zijn, omdat via genomics de interactie tussen het genoom en zijn omgeving kan worden bestudeerd.

### **Intrinsieke waarde en plantengenomics**

Heeft plantengenomics ook invloed op de intrinsieke waarde van planten? Het begrip intrinsieke waarde heeft nog maar recent een vaste plaats gekregen in de ethiek. Het begrip houdt in dat organismen een morele status hebben, een waarde op zich vertegenwoordigen, onafhankelijk van de instrumentele waarde die ze voor mensen hebben. Met de opkomst van de milieu-ethiek in de jaren zestig van de vorige eeuw werd eerst aan 'hogere' dieren ook intrinsieke waarde toegekend omdat ze pijn kunnen lijden. Het domein van de ethiek is vervolgens uitgebreid in de 'bio-centrische' visie. In deze visie hebben alle levende wezens – dus ook planten – intrinsieke waarde.

Vanuit een ethiek gebaseerd op principes is plantengenomics als fundamentele kennis niet in strijd met de intrinsieke waarde van planten, maar wel als onderdeel van moderne

biotechnologie die via modificatie gericht is op het verbeteren van planten voor specifiek menselijk gebruik (Gremmen, 2005). Vanuit een ethische theorie die gebaseerd is op de gevolgen van handelingen, zijn de volgende vragen relevant: Hebben planten een leven dat zich ontvouwd volgens hun natuur? Is leven zonder menselijk ingrijpen in het voordeel van de planten? Worden de fundamentele ‘rechten’ van planten geschaad doordat plantengenomics, afhankelijk van de toepassing van de kennis, ingrijpt in het leven van planten?

Veel wetenschappers nemen een genuanceerd standpunt in door te stellen dat de begrippen ‘genomics’ en ‘genetische modificatie’ niet synoniem zijn noch elkaar wederzijds uitsluiten.

Echter, voor het grote publiek is de relatie tussen plantengenomics en genetische modificatie minder duidelijk en daarom hebben sommige onderzoeksprogramma’s, zoals CBSG, besloten om prioriteit te geven aan toepassingen zonder genetische modificatie.

### **Plantengenomics en de derdewereld**

Een van de kenmerken van genomics is dat het kan worden beschouwd als een zogenaemde *global* technologie. Het is voor individuele landen bijna niet mogelijk om elk afzonderlijk deze technologie te ontwikkelen en te gebruiken. Internationale samenwerkingsverbanden en netwerken zijn nodig om genomics op gang te houden. Er zijn zeer grote langetermijninvesteringen nodig om als land blijvend mee te kunnen doen aan genomics en het is daarom maar zeer de vraag of ook ontwikkelingslanden dat kunnen.

Naar mijn mening hebben arme ontwikkelingslanden geen budget om een infrastructuur op te bouwen (Gremmen,

2003). Alleen in goed uitgeruste laboratoria met geavanceerde analyseapparatuur, computers en software kunnen resultaten worden geboekt. Een tweede punt is dat alle ontwikkelingslanden onvoldoende kunnen profiteren van hun genetische bronnen omdat die in meerdere landen voorkomen en al verzameld en opgeslagen zijn in westerse genenbanken. In discussies over de bescherming van biodiversiteit blijven de ontwikkelingslanden aandringen op een redelijke vergoeding voor het gebruik van 'hun' genetische bronnen.

Kunnen de arme ontwikkelingslanden profiteren van de uitkomsten van het westerse genomicsonderzoek? Dat is om twee redenen moeilijk. Ten eerste, hoewel veel boeren uit de derde wereld zaad uit het Westen zouden willen kopen, is de opbrengst van dat relatief dure 'hybride' zaad minder geschikt om te gebruiken voor een volgende oogst. Een tweede reden is dat westerse plantengenomics zich tot nu toe niet heeft gericht op lokale variëteiten (weesgewassen) in derdewereldlanden, maar op gewassen die al een belangrijke rol spelen in de economie van de westerse landen. Ik vind dat Westerse landen zich moeten richten op weesgewassen, ook al is dat commercieel niet zo interessant (Gremmen, 2003).

### **Plantengenomics en maatschappelijke waarden**

Het CBSG koppelt plantengenomics aan de maatschappelijke waarden duurzaamheid en gezondheid. Plantengenomics zal volgens mij een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan een duurzame landbouw. Dit zal bijvoorbeeld kunnen worden bereikt door het resistentieonderzoek, waarbij reductie van bestrijdingsmiddelen de milieuwinst is, maar ook koude- en droogteresistentie en bio-plastics werken mee aan een duurzame landbouw. Daarnaast bouwt plantengenomics

veel fundamentele kennis op over gezonde en ongezonde inhoudsstoffen in groente en fruit. Daardoor wordt het mogelijk om alleen nog de meest gezonde bestaande cultivars te verbouwen.

Ik concludeer dat de ethische aspecten van plantengenomics voor een groot deel identiek zijn aan de ethische aspecten van andere moderne multidisciplinaire combinaties van wetenschap en technologie, in het bijzonder genetische modificatie. De specifieke ethische aspecten van plantengenomics gaan over het gebruik van kennis over het genoom. De rol van de onderzoekers in de communicatie over de ethische aspecten van plantengenomics is heel belangrijk. Hun bereidheid om de onderzoeksagenda van de toekomst op een zodanige manier te veranderen dat alle landen op een gelijkwaardige en rechtvaardige manier kunnen meedoen, zal voor een groot deel bepalen of we op weg kunnen gaan naar een duurzame globale landbouw.

## **Toekomstig Onderzoek**

In mijn onderzoek wil ik aansluiten bij het onderzoeksprogramma van het Society cluster van het CBSG, dat een onderdeel zal vormen van het Centre for Society and Genomics. Dit programma gaat er vanuit dat er bij plantengenomics een gat zit tussen de toenemende high-tech plantenveredeling en productiemethoden enerzijds en consumenten die meer en meer om natuurlijke en gezonde voeding vragen, anderzijds. Het programma verkent de mogelijkheden die de ontwikkeling van plantengenomics biedt om dit gat te sluiten. Het doel is een 'sociaal robuuste' plantengenomics, en veronderstelt een soort hybridisatie tussen maatschappelijke vraag, innovatieve capaciteit, regelgeving en instituties



die ervoor moeten zorgen deze innovatie in de maatschappij te managen.

Het grootste deel van het programma bestaat uit onderzoek naar consumenten. Toegepaste plantengenomics heeft behoefte aan data en informatie over de wensen van consumenten. Welke eigenschappen van tomaten en aardappelen zouden de consumenten willen aanpassen door genomics? Wat vinden consumenten van genomics en hoe kunnen veredelaars omgaan met trends als de verschuiving van thuisconsumptie naar consumptie buitenshuis?

Een ander deel van het onderzoeksprogramma gaat over communicatie vragen rond plantenveredeling en genomics. Welke informatiestrategieën kunnen we gebruiken? Tot op welke hoogte moeten we de consumenten informeren over genomics? Daarnaast zal het onderwerp Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen worden bestudeerd in relatie tot de introductie van genomics in de voedsel productieketen.

De problematiek van plantengenomics en ontwikkelingslanden zal aan bod komen in een project over de rol die genomics kan spelen in het ontwikkelen van tomaten en aardappelen die zijn aangepast aan de omstandigheden op de hoogvlakten van de Andes. Dit onderzoek sluit aan bij het werk van de stichting Preduza die de leefomstandigheden van arme boeren in de Andes wil verbeteren.

De komende jaren wil ik verder gaan met het project “Societal Interface Group” (SIG). De SIG is een door ons ontwikkeld nieuw instrument om interactie van mensen uit het maatschappelijk veld met leden van het managementteam van het CBSG tot stand te brengen. De SIG heeft

een signaalfunctie en ondersteunt de communicatie van het CBSG.

### **Onderwijs**

In mijn onderwijs wil ik de eerste tijd aansluiten bij bestaande onderwijsactiviteiten. Ik draai al enige jaren mee in het onderwijs van de leerstoelgroep Plantenveredeling, bijvoorbeeld in de cursus 'Inleiding plantenveredeling'. Studenten uit verschillende disciplines maken daarbij kennis met ethiek en technology assessment. In het komende jaar wil ik de mogelijkheden bekijken om te komen tot een keuzevak over de ethische en sociale aspecten van genomics.

Voor de onderzoekschool VLAG werk ik mee aan een PhD cursus 'Philosophy and Ethics of Food Science and Technology'. Wij hebben afgesproken dat ik het initiatief zal nemen om een aangepaste cursus volgend jaar ook bij de twee plantenonderzoekscholen te verzorgen.

## Dankwoord

Ik wil graag deze rede besluiten met enige woorden van dank.

Mijnheer de rector magnificus, leden van de Raad van Bestuur van Wageningen UR, leden van het bestuur van Centre for BioSystems Genomics, leden van de benoemingsadviescommissie, ik dank u voor het in mij gestelde vertrouwen.

Hooggeleerde Jacobsen, beste Evert, jouw inzet en daadkracht heeft mij hier gebracht. Jij bent altijd op zoek naar nieuwe uitdagingen. Je zegt waar het op staat en loopt niet weg voor moeilijke discussies. Ik ben blij dat ik onder jouw hoede mag werken.

Hooggeleerde Stiekema, beste Willem, vijf jaar geleden heb je mij het vertrouwen gegeven om het society programma van CBSG op te zetten. Je hebt op allerlei manier laten zien dat je dit onderzoek niet alleen de moeite waard vindt, maar ook noodzakelijk. Ik dank je voor die belangrijke steun en ik hoop de komende jaren een inspirerende tijd bij CBSG te hebben.

Hooggeleerde Visser, beste Richard, de afgelopen jaren heb ik je leren kennen als een behulpzame gastheer. Jij geeft altijd geduldig antwoord op mijn vragen en je scherpe inzicht en praktische aanpak helpen mij verder. Ik verheug mij op onze verdere samenwerking.

Hooggeleerde Stam, beste Piet, ik wil je bedanken voor de colleges plantenveredeling en de hulp die ik van je heb gekregen. Ik vind het jammer dat ik je steeds minder zie op onze kamer.

Hooggeleerde Lammerts van Bueren, beste Edith, biologische plantenveredeling en genomics gaat dat wel samen? Aan onze gesprekken en discussies zal het niet liggen. Als kamergenoten geven we in ieder geval het goede voorbeeld.

Collega's van de leerstoelgroep plantenverdedeling. Ik wil jullie bedanken voor een goede samenwerking. Ik voel me helemaal thuis en verheug mij op de discussies en projecten die ongetwijfeld zullen volgen.

Collega's van het Celiac Disease Consortium. Ook jullie hebben mij opgenomen in het genomicsonderzoek. Het contrast met plantengenomics is belangrijk en de wetenschappelijke kwaliteit van jullie werk spreekt mij zeer aan. Ik wil jullie bedanken voor de samenwerking en de goede sfeer.

Collega's van het Centrum voor Methodische Ethiek en Technology Assessment, jullie zorgen ervoor dat ik naast genomics ook ander leuk onderzoek kan doen. Ik waardeer jullie inzet en de kwaliteit van jullie werk. De afgelopen weken was er weinig tijd voor overleg en uitvoerig contact, maar dat halen we weer in.

Hooggeleerde collega's van het Wageningen Ethiek Centrum, ik hoop de komende jaren op een prettige samenwerking. Samen kunnen we er voor zorgen dat ethiek in alle vormen van het Wageningse onderwijs ruim aan bod komt.

Zeer geleerde Jacobs, beste Josette, de afgelopen tweeëntwintig jaar heb ik je leren kennen als studente, collega docent, promovenda en als mijn steun en toeverlaat binnen META. Ik kon altijd rekenen op je enthousiasme, optimisme, en nimmer aflatende steun. Jij liet me ook doen wat ik zei.

Ik heb het geduld van mijn ouders, Jan en Francien, mijn zus Tina en mijn broers Geert en Rene lang op de proef gesteld. Vooral mijn vader vroeg zesenzeventig jaar lang altijd even belangstellend: Hoe gaat het op school? Mijn vaste antwoord, “Goed”, hebben zij vandaag kunnen controleren. Ik ben erg blij dat zij zoveel vertrouwen in mij hebben gehad. Ook Ma Modderman dank ik voor haar steun en begrip.

Voor mijn kinderen Pieter en Martine, en sinds enige jaren ook Martine’s vriend Vincent, heb ik bewondering dat zij het uithouden met een filosoof in huis. Hoewel zij mijn ‘leesgen’ missen, zijn ze vaak wijzer dan ik.

Nardie bedankt voor je steun, geduld en medeleven, die je al die jaren altijd als vanzelfsprekend aan mij hebt gegeven. Jij bent in ieder geval nooit de zwakste schakel geweest.

Ik heb gezegd!

## Referenties

- Frewer, L. J. and B. Gremmen, 2007, 'Consumer interests in food processing waste management and co-product recovery', (samen met Lynn Frwer), in: Keith Waldron (ed.), *Waste management and co-product recovery in food processing*, London: H. Woodhead Publishers, p. 21-37
- Gremmen, B. 1991, De Inconsistentie van het Subsumptiemodel, in: *Toegepaste Filosofie in Praktijk*, 1991, p 90-106
- Gremmen, B., 1993, *The Mystery of the Practical Use of Scientific Knowledge*, proefschrift Universiteit Twente, 1993, 179 p
- Gremmen, B., 1995, Kritiek op het subsumptiemodel: van subsumptie naar praktijken, in: *Het oog van de wetenschapsfilosoof*, Jan Luyten en Ben Hoefnagel (red.), Boom: Amsterdam/Meppel, p. 134-150
- Gremmen, B., 2002, 'Methodological Pragmatism', in: *Pragmatic Ethics and Technology*, Keulartz, J. (ed.), Kluwer
- Gremmen, B., 2003, 'Towards worldwide sustainable food security?', in: *Genes for your food – Food for your genes, Societal issues and dilemmas in food genomics*, Rathenau institute, Den Haag, p 45 – 57
- Gremmen, B., 2004, "Plant Genomics and the Precautionary Principle", In; *Genomics for Biosafety in Plant Biotechnology*, J-P. Nap, A. Atanassov, and W. Stiekema (eds.), NATO

science Series I: Life and Behavioural Sciences – vol. 359,  
IOS Press, p. 223-233

Gremmen, B. 2005 “Genomics and the Intrinsic Value of Plants’, *Genomics, Society and Policy*, Vol.1, No.3, pp. 1-7

Gremmen, B. 2006, “Ethische Aspecten van Plant Genomics”, *NVBe Nieuwsbrief*, jaargang 13, maart 2006, p 10-13

Heuvel, T. van den, Van Trijp, H., Gremmen, B., Renes, R.-J., & Van Woerkum, C 2006, “ Why preferences change: Beliefs become more salient through provided (genomics) information.” , *Appetite* 47, 343-351

Heuvel, T. van den, Trijp, J.C.M. van, Woerkum, C.M.J. van, Renes, R.J., Gremmen, B., 2007, “Linking product offering to consumer needs; inclusion of credence attributes and the influences of product features”, *Food Quality and Preference*, 18, 296-304., 2007

Heuvel, T. van den, Renes, R.J. Gremmen, B., Woerkum, C.M.J. van, & Trijp, J.C.M. van, 2008, “ Consumers’ images regarding genomics as a tomato breeding technology: maybe it can provide a more tasteful tomato, in: *Euphytica*: 159: 207-216

Krens, F.A., Ham, R.C.H.J. van, Gremmen, B., 2006, “The Potential of Plant Genomics in Breeding and Development of Sustainable Production Chains”, in:

- E. Jacobsen, *Inventions for a Sustainable Development of Agriculture*, p. 3- 32, Zoetermeer: TransForum Agro&Groen,
- Nap, J-P, Jacobs, J., Gremmen, B. en W. Stiekema, 2002, "Genomics and Sustainability: Exploring a Societal Norm", in: *ESSAYS 'De maatschappelijke component van het genomics onderzoek'*, Den Haag, NWO
- Putten, Margreet C. van, Frewer, Lynn. J., Gilissen, Luud J.W J., Gremmen, Bart, Peijnenburg, Ad A.C.M., and Harry J. Wichers, 2006, "Novel foods and food allergies: a review of the issues", , *Trends in Food Science & Technology* 17 (2006) 289-299
- Varshney, R.K., Graner, A., Sorrells, M. E., 2005, "Genomics-assisted breeding for crop improvement, in: *Trends in Plant Science*, Volume 10, Issue 12, pp.621-630
- Voskuil, J.J., 1996, *Vuile handen, Het Bureau 2*, Amsterdam: Uitgeverij G.A. van Oorschot
- Vriend, H. de, Est, R. van, Walhout, B., 2007, *Leven Maken. Maatschappelijke reflectie op de opkomst van synthetische biologie*. Werkdocument 98, Den Haag: Rathenau Instituut
- Winsemius, P., 2004, *Je gaat het pas zien als je het doorhebt. Over Cruijff en leiderschap*. Uitgeverij Balans
- Zwart, H., 2005) Wat is genomics? Een filosofische profiel-schets, in: *Filosofie & Praktijk*, 26(1), 28-37





