

De aardappel heeft de toekomst

Drie scenario's over de hybride aardappel en de wereldvoedselvoorziening



Auteurs

Rosanne Edelenbosch en Geert Munnichs

Illustraties en foto's

Rikkers Infographics

Foto omslag

Roel Burgler / Hollandse Hoogte

Bij voorkeur citeren als:

Edelenbosch, R. en G. Munnichs (2020). *De aardappel heeft de toekomst – Drie scenario's over de hybride aardappel en de wereldvoedselvoorziening*. Den Haag: Rathenau Instituut

Voorwoord

Geen land exporteert zo veel pootaardappels als Nederland. Al generaties lang innoveert de sector met nieuwe soorten; nu eens om de smaak te verbeteren, dan weer om ze geschikt te maken voor friet of chips. De aardappel is geen gemakkelijk gewas: de teelt heeft te kampen met veel ziektes en plagen, waartegen chemische beschermingsmiddelen worden ingezet. In andere landen is de opbrengst vaak laag door mindere kwaliteit pootgoed en teeltmethoden. De wens is dat nieuwe innovaties in de teelt zich daarom ook richten op gezondheid, duurzaamheid en voedselzekerheid.

Een nieuwe veredelingsmethode, hybride aardappelveredeling, maakt het mogelijk om rassen sneller aan te passen en in zaadvorm op de markt te brengen. De zaadjes kunnen makkelijker bewaard en vervoerd worden dan de huidige aardappelknollen. Deze innovatie biedt mogelijkheden voor een aardappelteelt die duurzamer is en tot hogere opbrengsten kan leiden in verschillende klimaatzones en omstandigheden.

In het voorliggende onderzoek, dat is uitgevoerd in het kader van het NWO-programma Maatschappelijk verantwoord innoveren, brengen we in drie scenario's voor 2040 in beeld op welke manier de introductie van een dergelijke innovatie kan bijdragen aan ecologisch duurzame en zekere voedselvoorziening, met behoud van een perspectiefvol verdienmodel. De scenario's hebben verdere invulling gekregen op basis van literatuuronderzoek en gesprekken met en tussen belanghebbenden, onder wie boeren, veredelaars en milieuorganisaties. In twee workshops hebben we de scenario's verder uitgewerkt en zijn lessen getrokken over hoe om te gaan met de wenselijke en onwenselijke aspecten van mogelijke ontwikkelingen in de toekomst.

Ons onderzoek laat zien dat hybride aardappelveredeling alleen kan bijdragen aan maatschappelijke opgaven als aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. Naar zulke voorwaarden voor maatschappelijke inbedding van innovaties doet het Rathenau Instituut al lange tijd onderzoek, voor diverse sectoren. Voor de aardappelsector schetsen we die kaders met behulp van drie aandachtspunten.

Belanghebbenden geven allereerst aan dat de overheid wet- en regelgeving moet maken om de aardappelsector innovatief te houden. Overheid en sector moeten bovendien samen blijven investeren in kennisontwikkeling. Ook is het van belang om maatschappelijke organisaties te blijven betrekken. Hoewel 2040 misschien nog ver weg lijkt, is het noodzakelijk om nu al te sturen in de gewenste richting.

Dr. ir. Melanie Peters
Directeur Rathenau Instituut

Samenvatting

De aardappel is een van de meest geteelde voedselgewassen op aarde. Maar de aardappel is vatbaar voor ziektes. In armere landen is veelal sprake van een lage opbrengst per hectare. De teelt van aardappelen gaat bovendien gepaard met een hoge milieubelasting door het gebruik van chemische beschermingsmiddelen. Voor een ecologisch duurzame aardappelteelt die bijdraagt aan wereldwijde voedselzekerheid valt dan ook nog een wereld te winnen.

Nederland is een grote producent van pootgoedaardappelen. Hybride aardappelveredeling biedt de Nederlandse aardappelsector nieuwe kansen om bij te dragen aan een oplossing voor bovengenoemde uitdagingen (zie kader). Inmiddels zijn verschillende Nederlandse bedrijven bezig met deze technologie.

Wat is hybride aardappelveredeling en wat zijn de voordelen?

Hybride veredeling is het kruisen van 'zuivere' inteeltlijnen. Zo kan worden gegarandeerd dat een ras specifieke eigenschappen bezit. De hoop is dat de verbetering van aardappellassen zo in de toekomst veel sneller gaat.

Voordelen hiervan zijn:

- Aardappellassen kunnen sneller worden aangepast aan veranderende klimatologische omstandigheden of aan ziekteverwekkers.
- Nieuw ontwikkelde aardappellassen kunnen in de vorm van zaad beschikbaar komen, in plaats van uit pootaardappels.
 - a. Zaad is minder ziektegevoelig, waardoor er bij de teelt minder chemische beschermingsmiddelen nodig zijn.
 - b. Zaad kan gemakkelijker worden getransporteerd.

Hybride aardappelveredeling kan dus bijdragen aan duurzaamheid en voedselzekerheid. Bij hybride aardappelveredeling wordt overigens geen gebruikgemaakt van genetische modificatie.

Niet iedereen is ervan overtuigd dat de beloftes van hybride aardappelveredeling daadwerkelijk kunnen worden waargemaakt.

Ook is het de vraag wat de economische en maatschappelijke gevolgen zijn van een succesvolle introductie van hybride aardappelveredeling. Zo vraagt de overgang van het gebruik van pootgoed naar zaad om een andere organisatie van de aardappelketen, en pakt dit mogelijk negatief uit voor de economisch succesvolle Nederlandse pootgoedsector. Daarnaast bestaan er verschillende opvattingen over de gewenste richting waarin de landbouw en de voedselproductie zich zouden moeten ontwikkelen.

Drie toekomstscenario's

De toekomst van hybride aardappelveredeling is dus onzeker. Om die toekomst te verbeelden en bespreekbaar te maken, heeft het Rathenau Instituut drie toekomstscenario's ontwikkeld. Met behulp hiervan is nagegaan aan welke economische, maatschappelijke en beleidsmatige voorwaarden moet worden voldaan, wil hybride aardappelveredeling bijdragen aan een meer duurzame teelt en wereldwijde voedselzekerheid. Hierbij is ook gekeken naar een perspectiefvol verdienmodel voor de Nederlandse aardappelsector. De toekomstscenario's zijn besproken met deskundigen, beleidsmakers en betrokkenen in en buiten de sector. Dit gebeurde in twee workshops en in enkele aanvullende gesprekken.

De drie scenario's spelen zich af in het jaar 2040. Ze zijn gebaseerd op uiteenlopende verhaallijnen die elk gebruikmaken van vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** wie heeft de macht in de aardappelsector?
- **Vraag:** wat zijn de belangrijkste markt- en consumententrends?
- **Technologie:** wat zijn de belangrijkste technologische trends?
- **Focus:** ligt de focus op intensieve of extensieve landbouw?

De scenario's laten zien dat het maatschappelijk krachtenveld waarbinnen een technologische innovatie als hybride aardappelveredeling gestalte krijgt, invloed heeft op hoe de technologie wordt ingezet. Andersom heeft de technologie invloed op de verhoudingen binnen de sector. Inzicht in de wisselwerking tussen beide biedt aangrijpingspunten om deze innovatie in wenselijke banen te leiden.

Er is voor elk scenario uitgegaan van een succesvolle introductie van hybride aardappelveredeling. Elk scenario is gebaseerd op een al zichtbare trend:

- Het scenario 'Mondiaal Duopolie in 2040' ligt in het verlengde van de huidige trend binnen de landbouw van **schaalvergroting** en **intensivering**.
- Het scenario 'Circulair en Hightech in 2040' is geïnspireerd door de visie van **duurzame intensivering**.
- Het scenario 'Diverse Markten in 2040' gaat uit van het idee van **participatieve veredeling**, waarbij boeren betrokken zijn bij de ontwikkeling van nieuwe rassen.

Hieronder staan de scenario's in het kort beschreven aan de hand van de vier bouwstenen.

Scenario 1: Mondiaal Duopolie in 2040

In 2040 beheersen twee multinationals de aardappelsector. De wereldbevolking is sterk gegroeid en aardappelproducten zijn in veel landen razend populair. In dit scenario wordt gebruikgemaakt van de volgende vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** Twee grote multinationals zijn wereldwijd in regie en beheersen de aardappelsector. Zij bepalen welke aardappel gegeten wordt.
- **Vraag:** De vraag naar aardappel is wereldwijd hard gestegen, maar de Europese consumentenmarkt heeft aan belang verloren.
- **Technologie:** De multinationals maken pragmatische keuzes over het gebruik van zaadaardappels dan wel van pootgoed, van genetische modificatie dan wel van hybride veredeling, en van gewasbeschermingsmiddelen.
- **Focus:** Grootschalige aardappelproductie, waarbij de opbrengst per hectare leidend is, draagt bij aan wereldvoedselzekerheid, maar gaat ten koste van het milieu.

Scenario 2: Circulair & Hightech in 2040

In 2040 is Nederland hard getroffen door de opwarming van de aarde. Een groot deel van het Nederlands landbouwareaal heeft moeten plaatsmaken voor natuur. In dit scenario wordt gebruikgemaakt van de volgende vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** De Nederlandse overheid stelt aan bedrijven strenge ecologische duurzaamheidsvoorwaarden, om zo de economie circulair te maken. De traditionele Nederlandse pootgoedsector is verdwenen.
- **Vraag:** De Nederlandse consument betaalt meer voor smakelijk, gezond en gevarieerd voedsel. Nederlandse aardappeltelers richten zich vooral op lokale markten.
- **Technologie:** De Nederlandse landbouw leunt sterk op technologische innovatie om te kunnen omgaan met problemen als gevolg van klimaatverandering. Armere landen kunnen deze technologische ontwikkelingen niet bijbenen.
- **Focus:** Meer ruimte in Nederland voor natuur betekent dat aardappeltelers maximaal moeten produceren op beperkt beschikbare landbouwgrond.

Scenario 3: Diverse Markten in 2040

In 2040 zijn patenten op de natuurlijke eigenschappen van planten wereldwijd afgeschaft. Publieke organisaties dragen zorg voor de toegankelijkheid van geschikte aardappel-ouderlijnen.

In dit scenario wordt gebruikgemaakt van de volgende vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** Veredelaars gebruiken wereldwijd hybride veredeling om regionaal aangepaste rassen te ontwikkelen. De Nederlandse pootgoedsector produceert alleen nog voor de lokale markt. Wereldwijd handelt Nederland in kennis over veredeling en geïntegreerde aardappelketens.
- **Vraag:** De interesse van consumenten in lokaal voedsel is toegenomen. De verwerkende industrie vraagt om uniforme rassen.
- **Technologie:** Innovatie in de aardappelsector richt zich vooral op natuurlijke veredeling van rassen.
- **Focus:** Een groot deel van de wereldwijde productie is kleinschalig en divers, en maakt gebruik van lokale infrastructuur. Aardappels voor de verwerkende industrie worden in bulk geproduceerd door grotere boerenbedrijven.

Drie lessen uit de scenario's

De scenarioworkshops en gesprekken, en onze analyse daarvan, hebben de volgende drie scenario-overstijgende lessen opgeleverd. Ze bieden handvatten om hybride aardappelveredeling bij te laten dragen aan een ecologisch duurzame en zekere voedselvoorziening, met behoud van een perspectiefvol verdienmodel voor de Nederlandse aardappelsector.

Les 1: Wet- en regelgeving voor de ontwikkeling van nieuwe rassen

Het is van belang om een innovatieve markt voor veredelaars in stand te houden, zodat nieuwe aardappelrassen ontwikkeld blijven worden die op een duurzame manier bijdragen aan voedselzekerheid. Daarvoor moeten overheden door middel van nationale en internationale wet- en regelgeving borgen dat:

- veredelaars toegang houden tot genetisch materiaal en nieuwe kennis;
- veredelaars gebruik kunnen maken van diverse veredelingstechnieken; en
- nieuwe aardappelrassen op de markt worden beschermd, zodat het voor veredelaars loont om daarin te investeren.

Overheden kunnen hiervoor zorgen door:

- genenbanken aan te leggen en in stand te houden;
- publieke kennisinstituten te blijven financieren, zodat een gemeenschappelijke kennisbasis blijft bestaan; en
- vast te houden aan een voorziening als het kwekersrecht, dat veredelaars de mogelijkheid biedt nieuwe rassen te beschermen en eraan te verdienen.

Les 2: Zorg voor een diversiteit aan genen, rassen én teeltsystemen

De verschillende manieren waarop hybride veredeling in de scenario's wordt ingezet, laten zien dat veredelingstechnologie op zichzelf geen oplossing biedt voor vraagstukken op het gebied van duurzaamheid en voedselzekerheid.

De technologie biedt zowel kansen voor de ontsluiting van een brede genetische diversiteit als voor de ontwikkeling van bijna identieke rassen, die wel verschillen wat betreft het type ingebouwde resistentiegenen. De technologie kan zo worden ingezet bij verschillende veredelingsstrategieën en teeltsystemen. Het is belangrijk dat een diverse aanpak wordt gestimuleerd. Voor een goede maatschappelijke inbedding moet bovendien goed worden nagedacht over de *combinatie* van het ras, het teeltsysteem en de productieketen. In de ogen van de betrokken partijen is de overheid de aangewezen partij om voorwaarden te stellen, zodat hybride aardappelveredeling daadwerkelijk bijdraagt aan de gestelde maatschappelijke opgaven.

Het is daarom aan de overheid om marktpartijen te stimuleren om:

- bij de ontwikkeling van nieuwe rassen ziekteresistenties op een duurzame manier in te bouwen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van stapeling van resistentiegenen (verschillende resistentiegenen in één ras);
- gebruik te maken van gemengde teeltsystemen, met verschillende rassen op het veld, waardoor ziektes minder snel doorbreken; en
- in te zetten op zowel breed inzetbare als niche rassen, gericht op zowel kortetermijn- (opbrengstzekerheid) als langetermijndoelen (en zo toegang te geven tot een brede genetische diversiteit).

Les 3: Zet in op kennispositie Nederlandse sector

De scenario's laten zien dat de vooraanstaande positie van de Nederlandse aardappelsector niet vanzelfsprekend is. Maar de sterke kennispositie van de sector kan de basis vormen voor een nieuw verdienmodel in de vorm van export van kennis. De sector kan daarmee substantieel bijdragen aan een optimalere teelt in andere landen. Deze vraagt niet alleen om goede aardappellrassen, maar ook om kennis van lokale productieomstandigheden en ontwikkeling van lokale aardappelinfrastructuren. Met zijn kennis over aardappelveredeling, aardappelteelt en aardappelketens kan de Nederlandse sector een schakelpositie in lokale ketens verwerven.

Om een internationale rol van betekenis te blijven spelen, is het dan ook van belang dat de Nederlandse aardappelsector en de overheid blijven investeren in de ontwikkeling van fundamentele en toegepaste kennis.

Conclusie

Hybride aardappelveredeling kan een belangrijke rol spelen in het streven naar ecologische duurzaamheid en wereldvoedselzekerheid. Maar het spreekt niet vanzelf dat deze beloften worden waargemaakt. Een technologische innovatie als hybride aardappelveredeling kent niet slechts één mogelijk ontwikkelingspad. Hoe deze innovatie in de praktijk vorm krijgt wordt bepaald door economische, maatschappelijke en beleidsmatige keuzes.

Bedrijven kunnen – binnen bepaalde marges – kiezen hoe duurzaam ze willen opereren en welke bijdrage ze willen leveren aan het wereldvoedselvraagstuk. Die keuzes worden mede gestuurd door de publieke druk die maatschappelijke organisaties op bedrijven uitoefenen en door de regelgeving en het kennis- en innovatiebeleid van de overheid. Dat betekent dat zowel bedrijven, maatschappelijke organisaties als de overheid aan zet zijn.

Inhoud

Voorwoord.....	3
Samenvatting	4
1 Inleiding.....	12
1.1 Aanleiding	12
1.2 Methode.....	13
1.3 Context	14
2 Innovatie voor een belangrijk voedselgewas	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Van knollen naar een nationaal icoon	16
2.3 Beloftes van hybride veredeling	17
2.4 Onzekerheden over mogelijke impact	18
3 Ontwikkeling van scenario's	21
3.1 Methodologische verantwoording	21
3.2 Bouwstenen voor de scenario's	22
3.2.1 Bouwsteen 1: Regie	22
3.2.2 Bouwsteen 2: Vraag	24
3.2.3 Bouwsteen 3: Technologie	24
3.2.4 Bouwsteen 4: Focus.....	25
3.3 Van bouwstenen naar scenario's.....	26
4 Toekomstscenario's voor de hybride aardappel.....	27
4.1 Scenario 1: Mondiaal Duopolie in 2040	27
4.2 Scenario 2: Circulair & Hightech in 2040	30
4.3 Scenario 3: Diverse Markten in 2040	34
5 Scenario-overstijgende lessen	38
5.1 De drie scenario's naast elkaar	38
5.1.1 Scenario 1: Mondiaal Duopolie in 2040	38
5.1.2 Scenario 2: Circulair & Hightech in 2040	39
5.1.3 Scenario 3: Diverse Markten in 2040	40
5.2 Een verantwoorde toekomst voor de aardappel	41
5.2.1 Een innovatieve markt voor veredelaars.....	41

5.2.2	Ecologisch duurzame rassen die bijdragen aan voedselzekerheid	42
5.2.3	Kennis van zaken	44
6	Conclusies	46
	Literatuurlijst.....	49
	Bijlage 1: Het Potarei-projectteam	53
	Bijlage 2: Klankbordgroepen.....	54
	Bijlage 3: Geraadpleegde bronnen	55

1 Inleiding

De aardappel is een van meest geteelde voedselgewassen op aarde. Maar de aardappel is vatbaar voor ziektes. In armere landen is veelal sprake van een lage opbrengst per hectare. De teelt van aardappelen gaat bovendien gepaard met een hoge milieubelasting door het gebruik van chemische beschermingsmiddelen. Voor een ecologisch duurzame aardappelteelt die bijdraagt aan wereldwijde voedselzekerheid valt dan ook nog een wereld te winnen.

1.1 Aanleiding

Nederland is een grote producent van pootgoed aardappelen. Hybride aardappelveredeling biedt de Nederlandse aardappelsector nieuwe kansen om bij te dragen aan een oplossing voor bovengenoemde uitdagingen: de hybride aardappelveredeling (zie kader). Inmiddels zijn verschillende Nederlandse bedrijven bezig met deze technologie.

Wat is hybride aardappelveredeling en wat zijn de voordelen?

Hybride veredeling is het kruisen van 'zuivere' inteeltlijnen. Zo kan worden gegarandeerd dat een ras specifieke eigenschappen bezit. De hoop is dat de verbetering van aardappelrassen zo in de toekomst veel sneller gaat.

Voordelen hiervan zijn:

- Aardappelrassen kunnen sneller worden aangepast aan veranderende klimatologische omstandigheden of aan ziekteverwekkers.
 - Nieuw ontwikkelde aardappelrassen kunnen in de vorm van zaad beschikbaar komen, in plaats van uit pootaardappels.
 - a. Zaad is minder ziektegevoelig, waardoor er bij de teelt minder chemische beschermingsmiddelen nodig zijn.
 - b. Zaad kan gemakkelijker worden getransporteerd.
-

Hybride aardappelveredeling kan dus bijdragen aan duurzaamheid en voedselzekerheid. Bij hybride aardappelveredeling wordt overigens geen gebruikgemaakt van genetische modificatie.

De aardappel op je bord is het eindresultaat van een ingewikkelde productieketen waarop allerlei krachten van invloed zijn, waaronder de ontwikkeling van nieuwe technologie, maar ook beleid, veranderende klimaatomstandigheden en de internationale voedselmarkt. Het is de vraag hoe binnen dit krachtenveld de beloften van hybride aardappelveredeling kunnen worden ingelost. Voor het Rathenau Instituut is de vraag van belang onder welke voorwaarden een technologische innovatie als hybride aardappelveredeling daadwerkelijk kan bijdragen aan een duurzame en zekere voedselvoorziening.

1.2 Methode

De toekomst van hybride aardappelveredeling is dus onzeker. Om die toekomst te verbeelden en bespreekbaar te maken, hebben we drie toekomstscenario's ontwikkeld. De scenario's en de keuzes die deze blootleggen dragen bij aan het bredere politieke en maatschappelijke debat over de toekomst van de landbouw.

Met behulp van drie scenario's is nagegaan aan welke maatschappelijke, economische en beleidsmatige voorwaarden moet worden voldaan, wil de hybride aardappel bijdragen aan een meer duurzame teelt en wereldwijde voedselzekerheid. Hierbij is ook gekeken naar een perspectiefvol verdienmodel voor de Nederlandse aardappelsector.

De toekomstscenario's zijn besproken met deskundigen, beleidsmakers en betrokkenen uit en buiten de sector. Dit gebeurde in twee workshops en in enkele aanvullende gesprekken.

1.3 Context

Dit onderzoek maakt deel uit van het NWO-onderzoeksprogramma Maatschappelijk Verantwoord Innoveren, waarin de focus ligt op de maatschappelijke betekenis en ethische aanvaardbaarheid van technologische innovaties. Dit rapport beschrijft de bevindingen van een van de drie deelonderzoeken van het Potarei-project, waarin het Rathenau Instituut heeft samengewerkt met Wageningen University & Research, Rijksuniversiteit Groningen en het zaadbedrijf Solynta, dat als eerste publiceerde over hybride aardappelveredeling (zie bijlage 1).

2 Innovatie voor een belangrijk voedselgewas

Voor een beter begrip van de mogelijkheden die hybride veredeling van de aardappel biedt, schetsen we in dit hoofdstuk een beeld van het gewas. Ook beschrijven we de mogelijkheden voor innovatie in de aardappelsector.

2.1 Inleiding

De aardappel is wereldwijd een van de meest geteelde voedselgewassen, naast mais, rijst en tarwe (FAO, 2019). Het vormt de basis van friet, chips, en de in Nederland klassieke maaltijd met aardappelen, vlees en groente. Ook is het een belangrijke grondstof voor de zetmeelindustrie. In veel landen staat de aardappel geregeld op het menu, in allerlei vormen. De wereldwijde frietmarkt groeit jaarlijks met bijna 4 procent (IMARC group, 2019), en in opkomende markten, zoals China, groeit de vraag vaak nog harder (Van der Boom, 2019).

De aardappel is geen gemakkelijk gewas. De teelt ervan heeft te kampen met veel ziektes en plagen, zoals de aardappelziekte (fytoftora). In westerse landen worden daarom veel chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt. Dat leidt tot een hoge milieubelasting. In ontwikkelingslanden is de opbrengst per hectare aardappel vaak laag, door het gebruik van slecht pootgoed en suboptimale teeltmethoden (Thomas-Sharma et al., 2015). Er is dan ook dringend behoefte aan een aardappelteelt die duurzamer van karakter is en tot hogere opbrengsten kan leiden in verschillende klimaatzones en omstandigheden.

In Nederland wordt veel geld geïnvesteerd in kennis om de aardappelteelt toekomstbestendig te maken (NOS, 2016). Nederland heeft hierbij een economisch belang als grootste speler op de wereldmarkt voor pootgoed – de knollen waaruit aardappels groeien. In 2017 exporteerde Nederland ruim 800.000 ton aardappelpootgoed (NAO, 2019); dat is 60 procent van de wereldwijde exportmarkt voor gecertificeerd pootgoed (AGF, 2018). Tegelijkertijd is dit aandeel slechts een fractie van de totale pootgoedmarkt, want veruit het meeste pootgoed dat door boeren wereldwijd wordt gebruikt is niet gecertificeerd.

2.2 Van knollen naar een nationaal icoon

De knollen waaruit aardappels groeien worden ook wel pootaardappelen genoemd. Deze worden in een aantal stappen door pootgoedtelers vermeerderd. Consumptieaardappeltelers laten de pootaardappel vervolgens uitgroeien tot een plant met volgroeide aardappels, die geschikt zijn voor consumptie of verwerking in de zetmeelindustrie.

Vermeerdering met behulp van knollen heeft als voordeel dat elke aardappel dezelfde genetische samenstelling heeft. Uniforme aardappels qua grootte, kleur, smaak en andere eigenschappen zijn handig voor bijvoorbeeld fabrieksmatige verwerking.

Maar het gebruik van pootgoedaardappels heeft ook nadelen: ze zijn zwaar en volumineus voor opslag en transport, en kwetsbaar voor bederf. Daarnaast vergroot elke vermeerderingsstap de kans dat de aardappels last krijgen van ziektes. Aardappeltelers maken dan ook veel gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. De aardappelsector was in 2016 goed voor 40 procent van het totale gebruik in Nederland van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw (CBS, 2018).

Veredelaars doen daarom veel onderzoek naar nieuwe aardappelrassen die resistent zijn tegen aardappelziekten, waardoor ze minder hoeven te worden bespoten. Bij traditionele veredeling kan het wel tien jaar duren voordat een nieuw ras op de markt wordt gebracht. Het kruisen van aardappel-ouderlijnen levert grote aantallen verschillende nakomelingen op. Om een aardappelplant te selecteren met de juiste combinatie van gewenste eigenschappen, moeten tot wel honderdduizend planten in het veld worden geselecteerd.

Bij de aardappel werd het lange tijd onmogelijk geacht om hybride technologie toe te passen (zie kader 2), in verband met de eigenschappen van het erfelijk materiaal van de aardappelsoort. Totdat onderzoekers bij het bedrijf Solynta in 2011 publiceerden over een technologische doorbraak op het gebied van hybride veredeling van aardappels (Lindhout et al., 2011). In 2014 werd Solynta hierom door het ministerie van Economische Zaken uitgeroepen tot 'nationaal icoon'; het bedrijf maakt met het deze 'baanbrekende technologie' mogelijk de voedingswaarde van aardappels te vergroten en verschillende aardappeltypes te verbouwen, aldus het ministerie.¹ Het bedrijf heeft in 2017 opnieuw een kapitaalinjectie gekregen van verschillende fondsen en aandeelhouders (Verbeek, 2019).

1 Zie 'Hybride aardappel - Een nieuwe veredelings techniek toegepast op aardappelzaad.' Geraadpleegd op 4/12/19 op www.nationaleiconen.nl/bekroonde-nationale-iconen/hybride-aardappel

Inmiddels zijn ook andere bedrijven met hybride veredeling aan de slag (Engwerda, 2019). Het groentezaadbedrijf Bejo heeft onlangs zijn eerste aardappelhybride, de Oliver F1, op de markt gebracht (Bejo, 2019).

2.3 Beloftes van hybride veredeling

Hybride veredeling werkt op basis van ‘zuivere’ aardappel-ouderlijnen, die van alle genen maar één genvariant hebben. Hierdoor geeft een ouderlijn altijd hetzelfde genenpakket door aan nakomelingen. Deze methode heeft twee beloftes:

1. Het gebruik van zuivere ouderlijnen maakt het mogelijk om **sneller en gericht rassen te verbeteren**. Met behulp van ‘terugkruisen’ kunnen specifieke eigenschappen worden toegevoegd aan de ouderlijnen. Nieuwe eigenschappen kunnen betrekking hebben op ziekteresistentie, maar ook op smaak, kleur of vorm van de aardappel, een hogere opbrengst of droogte-resistentie. Zo kan hybride aardappelveredeling op kortere termijn dan traditionele veredeling bijdragen aan, bijvoorbeeld, een duurzamere aardappelteelt. Ook bij hybride aardappelveredeling volgt, net als na traditionele veredeling en genetische modificatie, nog onderzoek naar de stabiliteit en eigenschappen van het ras.
2. Een tweede belofte hangt samen met de mogelijkheid die hybride veredeling biedt om aardappels direct te telen uit zaadgoed. Doordat hybride zaad weinig genetische variatie kent, levert het planten en **aardappels op die uniform zijn**. Bovendien is zaad niet vatbaar voor virusziektes en veel **gemakkelijker te vervoeren en te bewaren** dan pootgoed. Zaad zou bijvoorbeeld per post wereldwijd kunnen worden verspreid. Het wordt daardoor gemakkelijker beschikbaar voor kleine boeren in afgelegen gebieden. Het overgrote deel van de wereldwijde aardappelproductie vindt plaats voor lokale markten in armere landen. Het gebruik van de nieuwe aardappelrassen kan dan voor het milieu en de voedselzekerheid voordelen hebben in die situaties.

Hybride veredeling werkt op basis van natuurlijke kruising, net als traditionele kruising (zie tabel 1). Bij genetische modificatie worden bestaande rassen aangepast door actief in te grijpen in het genetisch materiaal. De wettelijke eisen die specifiek gelden voor genetische modificatie zijn dus niet van toepassing op hybride veredeling. Een ander voordeel van hybride veredeling ten opzichte van bestaande genetische modificatietechnieken, is dat aardappels geteeld kunnen worden uit zaadgoed.

Tabel 1 Drie manieren om aardappelrassen te verbeteren

	Hoe werkt het?	Verbetering van de aardappel	Handel in zaadjes	Europese beschermingsrechten		Handelsregels
				Ras	Proces	
Traditionele veredeling	Nieuwe rassen worden ontwikkeld door bestaande rassen te kruisen, gevolgd door jarenlang selectieonderzoek.	Introductie van nieuwe eigenschappen duurt minimaal 10 jaar.	Nee, niet verhandelbaar want elk zaadje is anders.	● Kwekersrecht*, kosten voor ontwikkelaars: tienduizenden euro's; ● Op nieuwe eigenschappen in planten mogen veredelaars patent aanvragen.	Het kruisen van rassen is een natuurlijk proces en valt niet onder Europese octrooiwetgeving voor GMO.	● Pootgoed krijgt een kwaliteitsklasse toegewezen door de Nederlandse Algemene Keuringsdienst; ● Elk land heeft eigen plantenziektkundige eisen voor pootgoed.
Hybride veredeling	Nieuwe rassen worden sneller ontwikkeld door 'zuivere' ouderlijnen te kruisen, die voor alle genen maar één genvariant hebben, gevolgd door jarenlang onderzoek.	De belofte is dat de introductie van nieuwe eigenschappen in minder dan vijf jaar kan. Maar dan moeten er wel eerst ouderlijnen met geschikte eigenschappen worden ontwikkeld.	Ja, zaadjes van zuivere ouderlijnen zijn uniform en bruikbaar als uitgangsmateriaal.	● Kwekersrecht*, kosten voor ontwikkelaars: tienduizenden euro's; ● Op nieuwe eigenschappen in planten mogen veredelaars patent aanvragen.	Het kruisen van rassen is een natuurlijk proces en valt niet onder Europese octrooiwetgeving voor GMO.	● Regelgeving aardappelzaad is nog in ontwikkeling; ● In veel landen is er nog geen regelgeving.
Genetische modificatie, waaronder CRISPR-cas9	Aanpassing van bestaande rassen door actief ingrijpen in genetisch materiaal, gevolgd door (jarenlang) onderzoek naar eigenschappen en stabiliteit.	Al kost de DNA-ingreep enkele dagen, het totale proces, van de identificatie van genen tot veld-onderzoek, duurt langer. Het DuRPH project, waarin bestaande rassen meervoudig resistent zijn gemaakt tegen de aardappelziekte, duurde in totaal tien jaar.	Nee, niet verhandelbaar want elk zaadje is anders.	● Valt onder Europese GMO regelgeving. Om te worden toegelaten, moet de ontwikkelaar de veiligheid van het product aantonen. Kosten: miljoenen euro's; ● Op nieuwe eigenschappen in planten mogen veredelaars patent aanvragen.	Genetische modificatie is geen natuurlijk proces en hier kan octrooi voor worden aangevraagd.	● Pootgoed krijgt een kwaliteitsklasse toegewezen door de Nederlandse Algemene Keuringsdienst; ● Elk land heeft eigen plantenziektkundige eisen voor pootgoed.

Kwekersrecht kan worden aangevraagd als het ras nieuw, onderscheidbaar, uniform en stabiel is. Met kwekersrecht op een aardappelras heeft de veredelaar dertig jaar het alleenrecht op het verhandelen van aardappelpoot- en zaadgoed (Louwenaars et al., 2009).

2.4 Onzekerheden over mogelijke impact

Hybride aardappelveredeling brengt dus grote beloften met zich mee. Tegelijkertijd is het onzeker in hoeverre deze innovatie daadwerkelijk zal bijdragen aan ecologische duurzaamheid en voedselzekerheid. Voor een maatschappelijk verantwoorde inzet van hybride aardappelverdeling moet rekening worden gehouden met verschillende soorten onzekerheden.

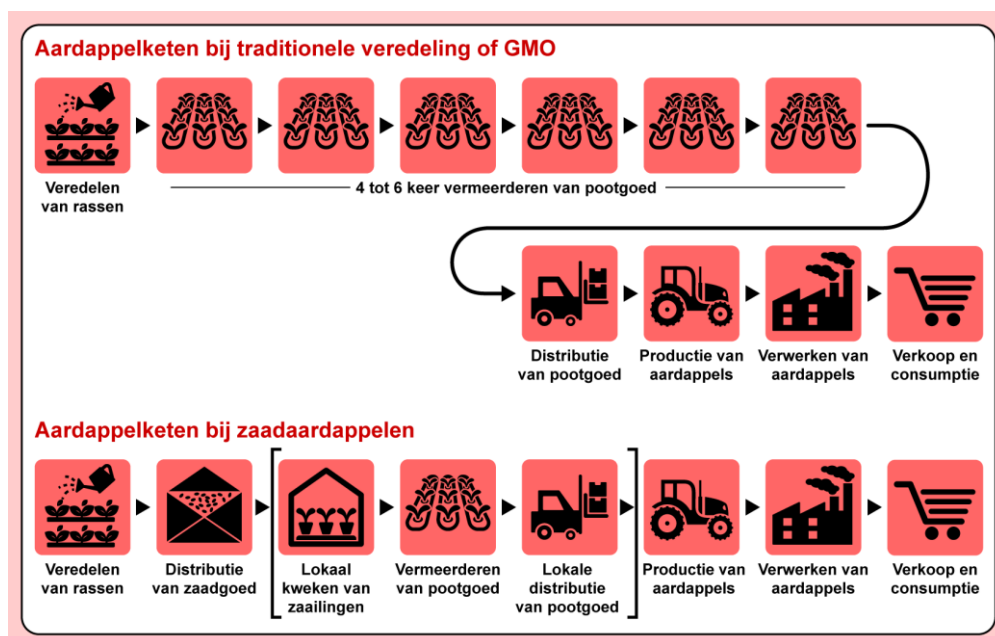
1. Ten eerste is het de vraag in hoeverre de **technologische beloftes** kunnen worden waargemaakt. Binnen de aardappelsector bestaan twijfels of aardappels direct uit zaad kunnen worden geteeld, zoals eerder onderzoek aangaf (Beumer & Edelenbosch, 2019). Een zaadje zou te kwetsbaar zijn om in de volle grond te kunnen groeien. Met aardappelzaad zou wel lokaal pootgoed kunnen worden gemaakt. Maar dat zou vragen om een nieuwe, lokale aardappelinfrastructuur,

met bijvoorbeeld boeren die (voor andere boeren) pootgoed uit zaadgoed telen.

2. Daarnaast is onbekend wat de **economische en maatschappelijke gevolgen** zijn als hybride aardappelveredeling een succes wordt. De overgang van het gebruik van knol naar zaad vraagt een andere organisatie van de aardappelketen (zie figuur 1), en heeft mogelijk grote gevolgen voor de economisch succesvolle Nederlandse pootgoedsector. Het valt nog te bezien welke partijen in de keten profiteren van deze innovatie in de sector zoals die nu georganiseerd is, en wat dat betekent voor bijvoorbeeld kleine boeren in Afrika. Leidt ze inderdaad tot een duurzamere teelt, met minder gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen, meer opbrengst en voedselzekerheid wereldwijd?

Figuur 1

Veranderingen in de aardappelketen bij een overgang naar hybride aardappelzaad.



Ten slotte zullen de **meningen verschillen over wat wenselijke ontwikkelingen zijn** voor de toekomst van de landbouw en voedselproductie. De ontwikkeling van hybride aardappelveredeling raakt aan veel van dezelfde maatschappelijke issues die ook in het debat over genetische modificatie in de landbouw spelen, zoals:

- i. de afhankelijkheid van boeren en consumenten van grote, multinationale ondernemingen;
- ii. de toegankelijkheid van genetisch materiaal;
- iii. de betaalbaarheid van poot- en zaadgoed; en

- iv. de aandacht die ecologische duurzaamheid krijgt bij het ontwikkelen van nieuwe rassen, die nieuwe productiemethoden vragen en de werkwijze in de keten veranderen.

3 Ontwikkeling van scenario's

Om na te gaan aan welke economische en beleidsmatige voorwaarden moet worden voldaan, wil de hybride aardappeltechnologie kunnen bijdragen aan een duurzame teelt en voedselzekerheid, is in dit onderzoek gewerkt aan drie toekomstscenario's voor de hybride aardappel.

3.1 Methodologische verantwoording

Het hoeft geen betoog dat 'de' toekomst zich niet laat voorspellen. Daarvoor leven we in een te complexe wereld, waarin ingrijpende veranderingen in relatief korte tijd kunnen plaatsvinden. Toekomstscenario's zijn een middel om de verbeelding te prikkelen en de discussie over wensen en verwachtingen voor de toekomst te structureren. Ze verbreden het perspectief en vergroten het inzicht in het mogelijke toekomstige verloop van relevante ontwikkelingen, hun onderlinge relaties en hun economische en maatschappelijke effecten (Dammers et al., 2013; Van Duijne & Bishop, 2018).

De scenario's zijn ontwikkeld op basis van rapporten over de Nederlandse aardappelsector, diverse scenariostudies op het gebied van landbouw en voeding en 19 interviews met betrokkenen van binnen en buiten de Nederlandse aardappelsector. We spraken met onder andere veredelaars, pootgoedboeren, handelshuizen, maatschappelijke organisaties, deskundigen en beleidsmakers over hun verwachtingen en wensen ten aanzien van de toekomst van de hybride aardappel. Voor een overzicht van de gebruikte bronnen, zie bijlage 3.

Ook zijn er twee scenarioworkshops georganiseerd:

- Tijdens de eerste workshop zijn de op basis van literatuur en interviews ontwikkelde verhaallijnen van de scenario's verder uitgediept.
- Tijdens de tweede workshop zijn lessen getrokken over de voorwaarden voor een duurzame inzet van hybride aardappelveredeling die een substantiële bijdrage levert aan wereldwijde voedselzekerheid. Het verdienmodel van de Nederlandse aardappelsector was hierbij een belangrijk aandachtspunt, omdat ook dat een voorwaarde vormt voor een succesvolle innovatie.

Aan de workshops is deelgenomen door belanghebbende partijen van binnen en buiten de sector, deskundigen en beleidsmakers.

Omdat niet alle genodigden aan de workshops konden deelnemen, zijn met een aantal van hen aanvullende gesprekken gevoerd over de belangrijkste resultaten van de workshops.

Het Rathenau Instituut is gedurende dit traject geadviseerd door het valorisatiepanel van het MVI Potarei project, bestaande uit vertegenwoordigers van de agrofood- en aardappelsector, ministeries, kennisinstituten en maatschappelijke partijen. Een speciaal opgerichte klankbordgroep met experts op het gebied van toekomstverkenning heeft geadviseerd over de ontwikkeling van de scenario's en de vormgeving van de workshops (zie bijlage 2).

3.2 Bouwstenen voor de scenario's

Voor deze studie zijn drie toekomstscenario's ontwikkeld voor het jaar 2040. Ze zijn gebaseerd op mogelijke economische en maatschappelijke ontwikkelingen die een grote impact kunnen hebben op de (wereldwijde) aardappelteelt en voedselvoorziening, maar waarvan het onzeker is of ze daadwerkelijk zullen plaatsvinden. Juist ontwikkelingen met mogelijk veel impact, maar ook een grote mate van onzekerheid, prikkelen de verbeelding en verbreden de horizon. Vier van dit soort ontwikkelingen zijn gekozen als variabele bouwstenen van de scenario's:

- **Regie:** wie heeft de macht in de aardappelsector?
- **Vraag:** wat zijn de belangrijkste markt- en consumententrends?
- **Technologie:** wat zijn de belangrijkste technologische trends?
- **Focus:** ligt de focus op intensieve of extensieve landbouw?

De scenario's beogen de wederzijdse invloed tussen de introductie van de hybride aardappel en bovenstaande economische en maatschappelijke ontwikkelingen te verhelderen. In elk scenario is op deze vier vragen steeds anders antwoord gegeven, het startpunt voor elk een eigen verhaal. Er is voor de scenario's uitgegaan van een succesvolle introductie van hybride aardappelveredeling op de (wereld)markt. De introductie van de hybride aardappel vormt zelf dus niet een van de bouwstenen. In de rest van dit hoofdstuk worden de vier bouwstenen van de scenario's nader toegelicht.

3.2.1 Bouwsteen 1: Regie

Wie heeft de macht?

De Nederlandse aardappelsector is de grootste exporteur van aardappelpootgoed op de wereldmarkt. Het is de vraag of Nederlandse bedrijven in de toekomst dezelfde rol

kunnen blijven spelen. Anno 2020 wordt de Nederlandse pootgoedsector beheerst door grotere en kleinere handelshuizen, die voor het grootste deel uit Nederland komen. Veredeling vindt plaats door veredelingsbedrijven die deel uitmaken van de handelshuizen, en 'hobbykwekers'. Samen met de verwerkende industrie bepalen deze handelshuizen in belangrijke mate wat voor pootgoed er wordt vermeerderd door pootgoedboeren. Als hybride veredeling succesvol wordt, zal dat invloed hebben op de manier waarop de Nederlandse aardappelsector is georganiseerd.

Hybride veredeling biedt handelshuizen nieuwe mogelijkheden voor de export van schone, goede aardappelrassen naar landen waar boeren nu gebruik maken van slecht pootgoed, of waar geen pootgoed naar geëxporteerd kan worden. Een grootschalige overstap naar het gebruik van hybride zaadgoed kan ook grote, negatieve gevolgen hebben voor de regie op de markt, zowel voor de pootgoedteler als voor de positie van de Nederlandse pootgoedsector op de wereldmarkt. Deze overstap biedt verdienmodellen voor nieuwe spelers (Bronson, 2015). Het uit zaad kunnen telen van aardappels kan bijvoorbeeld interessant zijn voor grote multinationals uit de zaadindustrie, met een andere bedrijfsstrategie dan de Nederlandse handelshuizen.

De Nederlandse pootgoedsector kenmerkt zich door een relatief open innovatiecultuur. Uniek voor Nederland is de bijdrage van hobbykwekers, die op eigen veldjes nieuwe rassen kweken, en daarmee bijdragen aan de genetische variëteit van aardappelrassen (Almekinders et al., 2014; de Vriend & Lammerts van Bueren, 2014). Op het moment dat nieuwe spelers de markt betreden, die het gebruik van hybride veredeling en van genetisch materiaal kunnen afschermen, kan dat een rem vormen op het innovatief vermogen van de sector zoals die nu is.

Het maakt bovendien uit voor welke doeleinden hybride aardappelverdeling wordt ingezet. Solynta wil met de hybride aardappel een bijdrage leveren aan voedselzekerheid, en richt zich ook op de Afrikaanse markt.² Andere bedrijven kunnen hierin andere keuzes maken. Wie de regie heeft in de aardappelteelt, zal invloed hebben op de veredeling en de inrichting van het aardappelproductiesysteem, de mate waarin duurzaam geproduceerd wordt, en op het type aardappels dat lokaal geteeld en geconsumeerd wordt.

2 Zie de website van Solynta: <http://solynta.com/index.php/sustainable-food/>, laatst geraadpleegd op 11/12/2019

3.2.2 Bouwsteen 2: Vraag

Wat zijn de belangrijkste markt- en consumententrends?

Belangrijk voor de toekomst van hybride aardappelveredeling zijn ontwikkelingen op de internationale aardappelmarkt. Aan de ene kant is het de vraag hoe groot de (toekomstige) behoefte is aan hybride aardappelzaad van de huidige afnemers van pootgoed: de aardappelboer. Hoe past hybride zaadgoed binnen de informele pootgoedmarkten van een groot deel van de wereld? Zullen kleine boeren in Afrika daadwerkelijk kunnen profiteren van schoon hybride zaadgoed? Zullen zij dit kunnen betalen? Wie organiseert lokaal de distributie?

Daarnaast is de wereldwijde consumentenvraag naar aardappelproducten aan verandering onderhevig. Betekent een groeiende wereldbevolking ook dat er ook meer aardappels worden gegeten? De wereldwijde consumptie van friet is de afgelopen tien jaar sterk gegroeid, en zal naar verwachting ook toenemen in opkomende markten als Brazilië en China (Potato Business, 2018). Tegelijkertijd interesseert de westerse consument zich steeds meer voor een gezond dieet en zijn goede en gevarieerde smaak en herkomst van voedsel belangrijk (Van Rijswijk, 2016). De steeds verdergaande technologisering en industrialisering van de landbouw en voedselproductie roept bij een deel van de consumenten een verlangen op naar 'natuurlijkheid' en 'authenticiteit'. In het verlengde hiervan groeit de vraag naar biologische landbouw en streekproducten. Het is de vraag welke plek daarbij is weggelegd voor hybride veredeling. Zal er meer behoefte ontstaan aan nicheproducten zoals onze eigen Eigenheimer? Of zal de aardappel juist een nog groter bulkproduct worden dat gemakkelijker te verwerken is voor industriële toepassing en efficiënte, goedkope voedselproducten zoals snacks? Elk van deze factoren kan consequenties hebben voor de (internationale) aardappelmarkt, en vereist aanpassingsvermogen van aardappelveredelaars en -telers aan een wisselende en gedifferentieerde vraag.

3.2.3 Bouwsteen 3: Technologie

Wat zijn de belangrijkste technologische trends?

Het gebruik van hightechmethoden in de landbouw stuit nogal eens op maatschappelijke weerstand. Soms gaat het hierbij om een specifieke technologie, zoals bij genetische modificatie (De Bakker et al., 2011). Hybride technologie is in de zin van de wet geen GMO-technologie³ omdat het gebruik maakt van natuurlijke

3 Bij genetisch gemodificeerde organismen (GGO) is het DNA bewust en gericht aangepast. Voor gewassen die vallen onder GGO-richtlijnen moet een risicobeoordeling worden uitgevoerd van de onmiddellijke en lange-termijn effecten van het GGO op volksgezondheid en milieu. Daarnaast moeten deze gewassen gemonitord worden, traceerbaar zijn, en voorzien worden van een ggo-etiket (Habets et al., 2019).

kruisingen, maar ontwikkelingen op het gebied van genetische modificatie kunnen wel relevant zijn voor hybride veredeling. Zo laat het Wageningse DuRPh-project zien dat ook met genetische modificatie sneller een aardappel kan worden ontwikkeld die resistent is tegen aardappelziekte (WUR, 2015). De aardappelsector is tot nu toe huiverig om hiervan gebruik te maken, omdat de toelatingsprocedure van GMO's op de markt en voor teelt van voedselgewassen kostbaar is en eerder onderzoek laat zien dat de maatschappelijke weerstand aanzienlijk is. Maar in de toekomst zou dit kunnen veranderen (Mampuys en Stermerding, 2010; Engwerda, 2015)

Genetische modificatietechnieken kunnen daarnaast ook ingezet worden om onze kennis over veredeling te vergroten, zowel wat betreft overerving van eigenschappen in verschillende generaties, als hoe bepaalde DNA-volgorde samenhangt met bepaalde eigenschappen. Technieken als CRISPR-cas9 worden dan niet ingezet om nieuwe rassen voor de markt te ontwikkelen, maar als tool in het lab om kennis te ontwikkelen of de analyse van een nieuw ontwikkeld ras te versnellen.

De technologisering van de landbouw zet zich mogelijk ook op andere vlakken door. Ontwikkelingen op het gebied van GPS, ICT, sensortechnologie, robotisering, verticale landbouw en *3D foodprinting* kunnen bijdragen aan duurzamere teelten en voedselproductie in de stad (De Wilde, 2015).⁴ Daardoor zou de noodzaak kunnen afnemen om gebruik te maken van nieuwe rassen en dus ook van hybride aardappelverdeling voor een duurzamere landbouw. Dat geldt ook voor een ontwikkeling als de teelt van miniknollen, die minder kwetsbaar zijn voor ziektes en zich gemakkelijker laten vervoeren dan traditioneel pootgoed. Deze parallelle technologische trends beïnvloeden de markt en ook de consumentenkeuze, en roepen de vraag op hoe de aardappelteelt er in de toekomst uit zal zien, en welke rol daarbij is weggelegd voor hybride veredeling.

3.2.4 Bouwsteen 4: Focus

Intensivering of extensivering?

De afgelopen decennia is schaalvergroting binnen de akkerbouw een belangrijke trend geweest, waarbij de nadruk lag op kostenreductie en het vergroten van de productie per hectare (ABN AMRO, 2010). Dit is veelal gepaard met een hoge milieudruk die bodem, water en de toekomstige landbouw bedreigen (Grinsven, van Eerdts et al., 2014). Verkenningen van de Food and Agriculture Organization (FAO) laten voor de nabije toekomst wereldwijd een groeiende schaarste zien aan natuurlijke hulpbronnen,

4 Zie <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/dossier-precisielandbouw.htm>

zoals bodem en water, met het risico van een sterkere competitie om deze hulpbronnen, en overexploitatie (FAO, 2017).

Dit roept de vraag op in hoeverre een focus in de voedselproductie op kostenreductie en opbrengstverhoging per hectare verenigbaar is met het streven naar een duurzamere landbouw. In het debat hierover wordt in dit verband regelmatig verwezen naar *land sharing* versus *land sparing* (Bennett, 2017).

Is een intensieve landbouw – waarbij de nadruk ligt op hoge opbrengsten per hectare – wenselijk, zodat er een minder groot landbouwareaal nodig is (en land wordt ‘gespaard’)? Of moet de landbouw juist extensiveren, waardoor er meer ruimte wordt gegeven aan natuurlijke processen op het landbouwareaal, waardoor deze minder schadelijk is voor het milieu en de biodiversiteit (het land ‘delen’)?

Hybride aardappelveredeling biedt voor zowel intensivering als extensivering van de landbouw mogelijkheden. Omdat beide strategieën om andere keuzes vragen, vragen ze ook om een andere inzet van hybride technologie.

3.3 Van bouwstenen naar scenario's

De drie scenario's die hierna volgen, hebben elk een eigen verhaallijn met daarin steeds ook eigen, interne spanningen. Het Rathenau Instituut schreef eerst drie basisscenario's als uitgangspunt, die tijdens de twee scenarioworkshops verder zijn uitgewerkt.

Het eerste scenario, 'Mondiaal Duopolie in 2040', past bij de huidige dominante tendens binnen de landbouw van schaalvergroting en intensivering van bedrijven, zoals bijvoorbeeld beschreven door Levidow (2015).

Het tweede scenario, 'Circulair en Hightech in 2040', is geïnspireerd op de ecomodernistische visie op duurzaamheid, gekenmerkt door duurzame intensivering, waarvoor wordt gepleit door bijvoorbeeld Boersma (2018).

In het derde scenario, 'Diverse Markten in 2040', staat de publieke toegankelijkheid van genetische bronnen centraal, waardoor boeren kunnen bijdragen aan de veredeling van nieuwe rassen die passen bij lokale omstandigheden. Hierover is meer te lezen in bijvoorbeeld *Plant Breeding and Farmer Participation* (FAO, 2009).

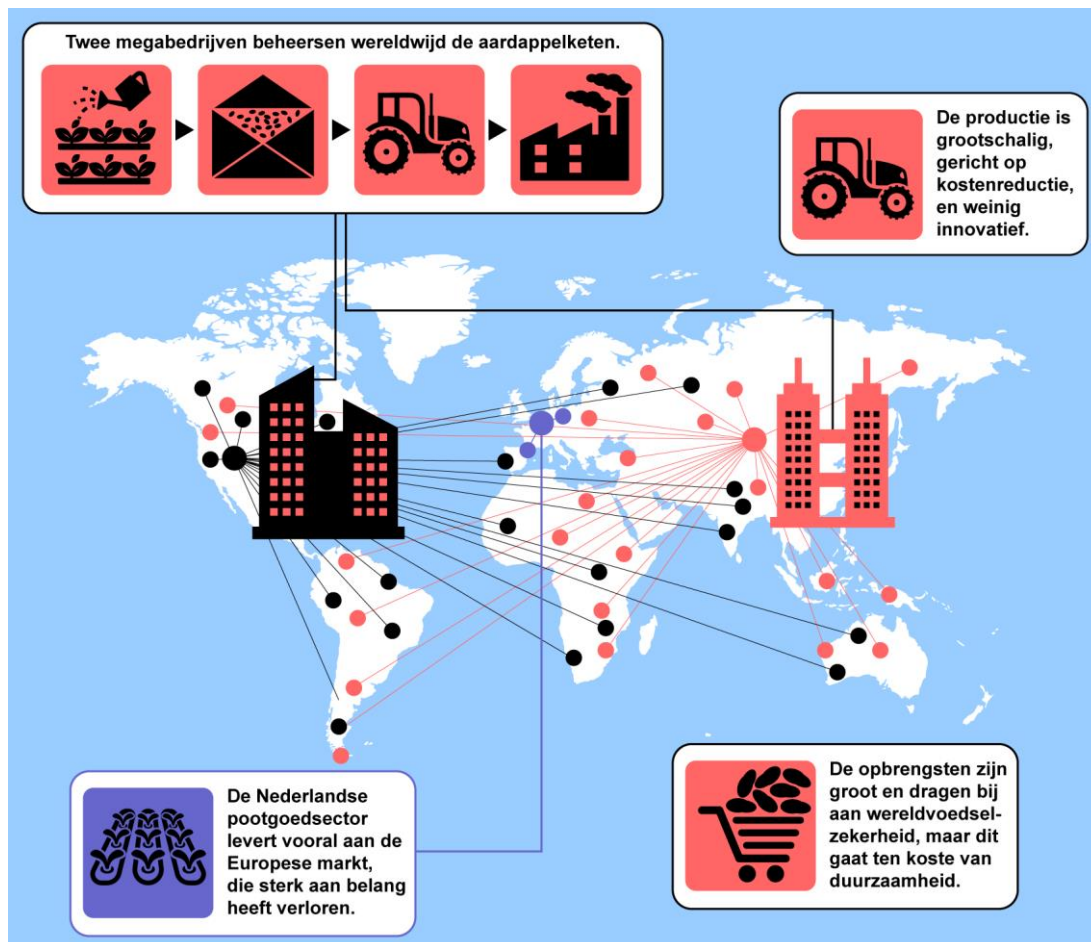
4 Toekomstscenario's voor de hybride aardappel

4.1 Scenario 1: Mondiaal Duopolie in 2040

In 2040 beheersen twee multinationals de aardappelsector. De wereldbevolking is sterk gegroeid en aardappelproducten zijn in veel landen razend populair. In dit scenario wordt gebruikgemaakt van de volgende vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** Twee grote multinationals zijn wereldwijd in regie en beheersen de aardappelsector. Zij bepalen welke aardappel gegeten wordt.
- **Vraag:** De vraag naar aardappel is wereldwijd hard gestegen, maar de Europese consumentenmarkt heeft aan belang verloren ten opzichte van andere werelddelen.
- **Technologie:** De multinationals maken pragmatisch keuzes over het gebruik van zaadaardappels dan wel van pootgoed, van genetische modificatie dan wel van hybride veredeling, en van gewasbeschermingsmiddelen.
- **Focus:** Grootschalige aardappelproductie, waarbij de opbrengst per hectare leidend is, draagt bij aan wereldvoedselzekerheid, maar gaat ten koste van het milieu.

Figuur 2 Visualisatie van Scenario 'Mondiaal Duopolie in 2040'



Multinationals beheersen wereldmarkt

Het is 2040. De aardappel is *big business*. Een grote bevolkingsgroei in Afrika en Azië en een toenemende populariteit van de aardappel – en van aardappelproducten zoals friet – maken investeringen in bulkproductie van aardappels winstgevend.

Twee grote multinationals beheersen samen bijna 80 procent van de wereldwijde handel in aardappels. Nadat Solynta in 2021 definitief is doorgebroken met hybride aardappelveredeling, wordt het overgenomen door een groot zaadgoed- en chemiebedrijf. Dit bedrijf ziet vanwege zijn ervaring met andere zaadgewassen ook kansen voor hybride aardappelzaad, dat gemakkelijk te transporteren is en in bulk kan worden geteeld. In 2031 wordt dit bedrijf op zijn beurt deel van megamultinational WorldSeed, dat verwickeld is in een hevige, wereldwijde strijd met concurrerende multinational Ali Dow.

Verschuivingen in de wereldwijde aardappelmarkten

Met behulp van hoog-efficiënte en grootschalige teelt van bulkaardappelen is de aardappelproductie wereldwijd inmiddels bijna verdubbeld. De megabedrijven en de wereldwijde voedselketens die ze beheersen, leveren een substantieel aandeel in het voeden van de 9,7 miljard bewoners van de aarde.

De aardappelopbrengst in Ethiopië, Kenia en Oeganda is inmiddels zo hoog dat dit gebied ook wel New Idaho wordt genoemd. Tegelijkertijd zijn veel kleine boeren elders in Afrika, en in Latijns-Amerika nog steeds aangewezen op marginale gronden en niet in staat om het aardappelzaad en de bijbehorende infrastructuur te betalen. Ze kunnen de concurrentie met de hoog-efficiënte en grootschalige bulkproducenten niet aan en produceren alleen voor de kleine, lokale markt en eigen consumptie.

Door een optelsom van factoren heeft de Europese consument aan belang verloren. Het Europees Octrooibureau verleent geen patent op planten die op een natuurlijke manier ontwikkeld zijn. Hierdoor is Europa geen interessante markt voor de megabedrijven. Daarnaast is de consumptie van bulkaardappelen in Europa de afgelopen dertig jaar sterk afgenomen vanwege een krimpende bevolking en een groeiende consumentenvoorkeur voor traditionele, regionaal geteelde aardappellrassen, gekweekt door een aantal Nederlandse en Duitse handelshuizen. Deze regionale rassen bieden de consument meer beleving en emotie dan de verwerkte producten waar WorldSeed en Ali Dow groot mee zijn geworden. Het aantal handels- en veredelingsbedrijven in Nederland is veel minder groot dan vroeger. Al produceert de Nederlandse pootgoedsector nog wel een groot deel van het Europese pootgoed, de positie die ons land eerst had als grootste pootgoedexporteur op de wereldmarkt is gesneuveld onder het geweld van de bulkproductie door de multinationale megabedrijven.

Een pragmatische innovatiestrategie

De twee megabedrijven bezitten een bibliotheek aan aardappel-ouderlijnen, de moeder- en vaderplanten waaruit nieuwe hybride rassen kunnen worden ontwikkeld. Daarnaast maken de bedrijven gebruik van genetische modificatietechnieken zoals CRISPR-cas, om het genetisch materiaal zo aan te passen dat aardappels bijvoorbeeld resistent worden tegen ziektes. De bedrijven hebben voldoende financiële slagkracht om dure markttoelatingsprocedures voor aardappels die genetisch zijn gemodificeerd te betalen. Met behulp van patenten worden de ontwikkelde technologieën en rassen afgeschermd van andere veredelaars.

Een conservatieve innovatiestrategie is voldoende voor beide bedrijven. Ze kopen kleine, innovatieve startups op, maar veel innovatie blijft op de plank liggen. De twee bedrijven hebben maar een beperkt belang bij een grotere diversiteit aan rassen, omdat daarmee het telen en verwerken van aardappels complexer wordt.

Het resultaat is een smal assortiment aan aardappelrassen met een hoge opbrengst voor de zetmeelindustrie, de verwerkende industrie en de versmarkt.

De twee bedrijven voeren een strakke regie over een volledig geïntegreerde aardappelketen. Hybride aardappelzaad kan gemakkelijk wereldwijd worden getransporteerd. Daarom produceren de bedrijven het zaad op één centrale plek, om het daarna dichtbij de lokale markt te vermeerderen en te telen. Omdat de teelt van aardappels uit zaad vraagt om precieze bemesting, besproeiing en ziektebestrijding, leveren de bedrijven het zaad samen met de nodige technische infrastructuur. Op basis van de data die ze hiermee verzamelen adviseren ze de boer en optimaliseren ze de productie. Daarna kopen ze de geproduceerde aardappels op om ze zelf te verwerken, verpakken en verkopen. De beperkte winstmarge op aardappels dwingt telers grootschalig te opereren. Wel zijn telers vrijwel zeker van een goede oogst en een inkomen.

Naast ouderwetse chips en friet wordt een divers assortiment aan aardappelfantasieproducten geproduceerd, met name in China en Noord-Amerika. Ondanks het gebruik van een beperkte hoeveelheid rassen valt er zodoende voldoende te kiezen voor de consument.

Ecologische duurzaamheid onder druk

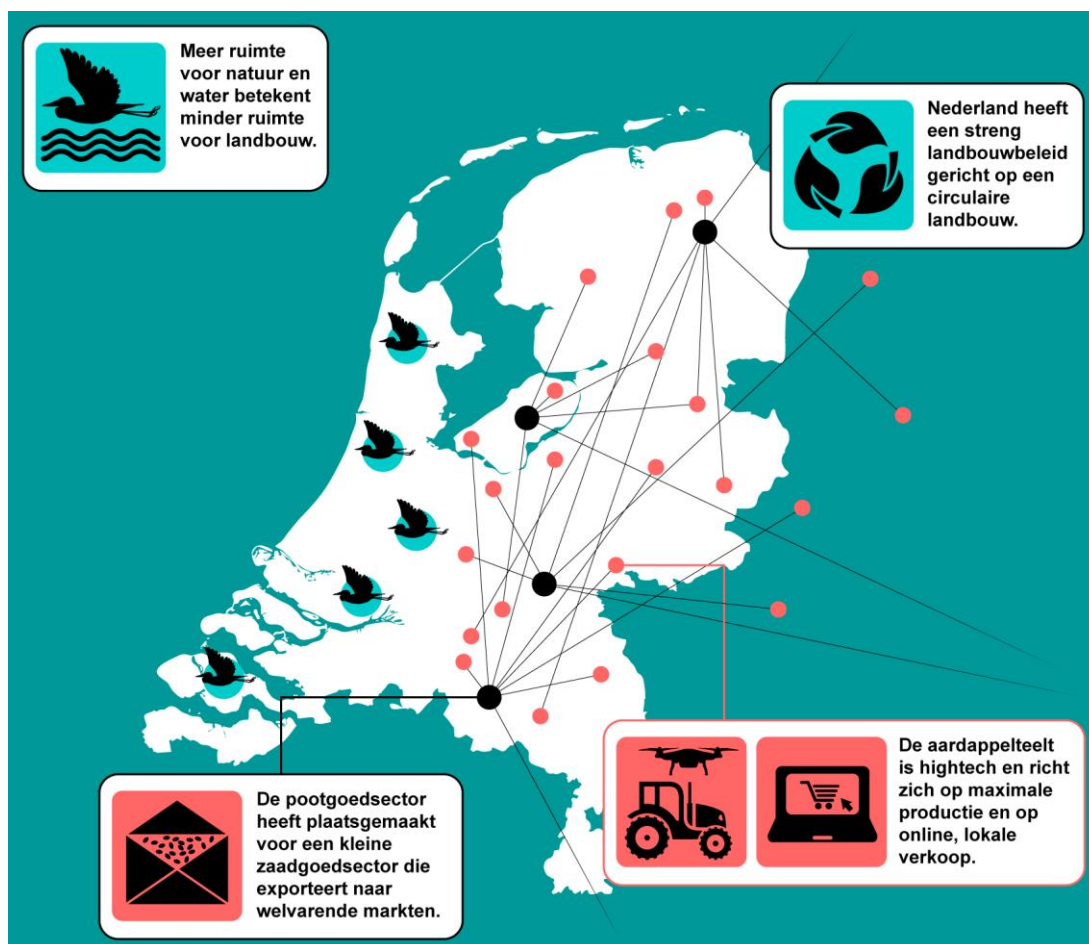
Het streven van WorldSeed en Ali Dow naar hoge opbrengsten en kostenreductie pakt ongunstig uit voor het milieu. Voor de grootschalige teelt van aardappels gebruiken ze monoculturen, wat heeft geleid tot een wereldwijde afname van de gewasdiversiteit en bodemvruchtbaarheid. Omdat de inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen deel uitmaakt van hun verdienmodel wordt er slechts beperkt geïnvesteerd in robuustere rassen. De megabedrijven zijn bovendien succesvol in hun lobby tegen internationale regelgeving om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen terug te dringen. Het argument dat deze middelen nodig zijn om de groeiende wereldpopulatie te kunnen voeden, speelt daarbij een belangrijke rol.

4.2 Scenario 2: Circulair & Hightech in 2040

In 2040 is Nederland hard getroffen door de opwarming van de aarde. Een groot deel van het Nederlands landbouwareaal heeft moeten plaatsmaken voor natuur. In dit scenario wordt gebruikgemaakt van de volgende vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** De Nederlandse overheid stelt aan bedrijven strenge ecologische duurzaamheidsvoorwaarden, om zo de economie circulair te maken. De traditionele Nederlandse pootgoedsector is verdwenen.
- **Vraag:** De Nederlandse consument betaalt meer voor smakelijk, gezond en gevarieerd voedsel. Nederlandse aardappeltelers richten zich vooral op lokale markten.
- **Technologie:** De Nederlandse landbouw leunt sterk op technologische innovatie om te kunnen omgaan met problemen als gevolg van klimaatverandering. Armere landen kunnen deze technologische ontwikkelingen niet bijbenen.
- **Focus:** Meer ruimte in Nederland voor natuur betekent dat aardappeltelers maximaal moeten produceren op beperkt beschikbare landbouwgrond.

Figuur 3 Visualisatie van Scenario 'Circulair & Hightech in 2040'



Klimaatverandering dwingt overheid tot strenge maatregelen

Het is 2040. Ondanks wereldwijde klimaatakkoorden in 2015, 2020 en 2024 heeft de opwarming van de aarde doorgezet. Nederland heeft vanaf eind jaren twintig te kampen met grote problemen met een hoog waterpeil en verzilting. Beleid gericht op de vernatting van veenweidegebieden, om bodemdaling en CO₂-uitstoot tegen te gaan, heeft ertoe geleid dat landbouw in het westen van Nederland plaats heeft gemaakt voor natuur en recreatie. Het gevolg is beperkt beschikbare en dure landbouwgrond.

De overheid zet in op de circulaire economie. In 2026 werd de Wet 'ex-externaliteiten' van kracht, waardoor bedrijven zelf externe milieu- en gezondheidsschade moeten vergoeden, en anders hoge boetes kunnen verwachten. De overheid en de Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen (NAK) hebben inzicht in bedrijfsdata om milieueffecten te meten.

Alleen voor grootschalig opererende bedrijven is het rendabel om aardappels te telen onder deze omstandigheden. Met de overstap naar het gebruik van aardappelzaad en miniknollen, waardoor het mogelijk wordt aardappels te telen op een beperkt areaal, is de traditionele Nederlandse pootgoedsector geheel verdwenen. Veredelaars leveren direct aan telers van consumptieaardappels.

Ontwikkeling van aardappelmarkten

Nederlandse aardappeltelers richten zich vooral op de eigen markt. Boerencoöperaties hebben samen met voedselplatforms zoals Goozon het oude idee van een maaltijdbox met groot succes doorontwikkeld. In fabrieken midden in het boerenland verwerken ze gewassen in afgemeten, verse en voedzame kant-en-klare maaltijden, die met een drone aan huis worden bezorgd. De Nederlandse aardappelconsumptie is hiermee in twintig jaar met ongeveer 50 procent toegenomen tot 120 kilo per persoon per jaar. Het gemak voor de consument is groot, maar veel kleinere supermarkten hebben hun deuren moeten sluiten. Een belangrijk deel van de kosten om duurzaam te produceren is voor de consument, die substantieel meer betaalt voor voedsel dan in 2020.

Nederlandse handelshuizen voorzien in het aardappelzaad voor een groot deel van Europa, Noord-Afrika en het Midden-Oosten. Ze ontwikkelen rassen specifiek voor de smaak van consumenten en lokale omstandigheden in deze gebieden.

Technologie voor een circulaire aardappelsector op een beperkt areaal

Innovatie in de aardappelsector heeft een grote vlucht genomen. Niet alleen zien we in de gehele keten – van zaadproductie tot verkoop – grootschalige inzet van technologie en ICT, er heeft ook een ware veredelingsrevolutie plaatsgevonden.

De nadruk bij de veredeling ligt op ziekteresistentie, een hogere opbrengst, vochttolerantie en nutriëntenefficiëntie.

Bedrijven hanteren verschillende strategieën voor de ontwikkeling van aardappelrassen. Sommige bedrijven ontwikkelen aardappels direct uit zaad, dat gemakkelijk te transporteren is. Andere ontwikkelen hybride aardappelen die nog één of twee vermeerderingsstappen nodig hebben, maar wel een hogere opbrengst garanderen. Ook in genetische modificatietechnieken zoals CRISPR-2.0, waarmee het genetisch materiaal van de aardappel kan worden aangepast, wordt veel geïnvesteerd. Bedrijven kunnen gebruikmaken van de genetische eigenschappen van de hybride rassen van concurrenten. Dit is toegestaan onder het kwekersrecht.

Zaad- en miniknolproductie gebeurt onder ledlampen in speciale productiefabrieken. De teelt van zetmeel- en consumptieaardappelen gebeurt in de volle grond, met behulp van hoogwaardige meet-, regel- en aansturingstechnieken om de productie te verhogen en de kosten te verlagen. Met sensoren en data wordt het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen geoptimaliseerd. Met ziekteresistente aardappels en goed resistentiemanagement hoeven bedrijven weinig chemische gewasbeschermingsmiddelen te gebruiken. Om een voedzame bodem en een goede bodemstructuur te behouden wordt er gewerkt met strakke rotatieschema's met andere gewassen. Voor plaagbeheersing wordt vooral gebruik gemaakt van nanotechnologische oplossingen, omdat het beperkte landbouwareaal geen ruimte biedt voor bloemrijke akkerranden.

Het gebruik van hightechlandbouwmethoden is maatschappelijk breed geaccepteerd omdat het als noodzakelijk wordt gezien om de klimaatomstandigheden het hoofd te bieden.

En de rest van de wereld?

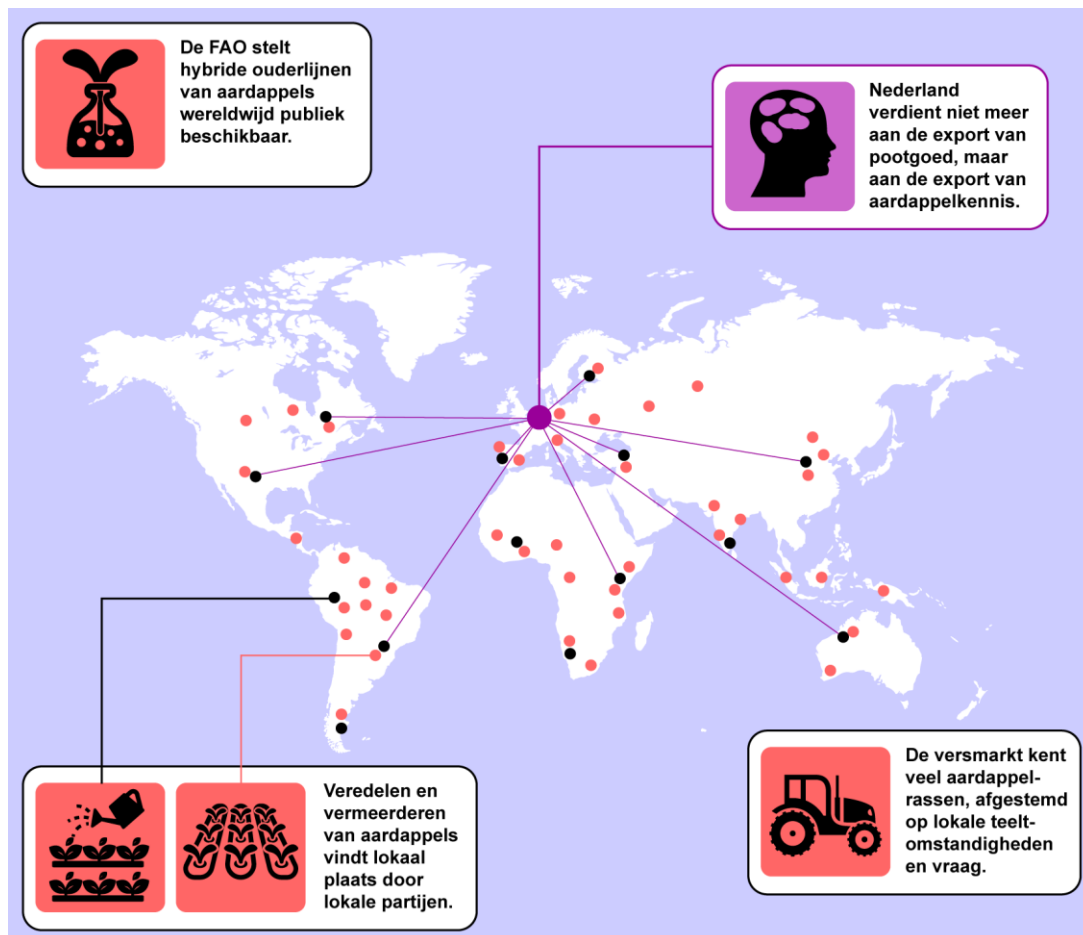
Nederland loopt samen met een aantal andere Europese landen, China, de VS en Canada voorop in de technologisering van de landbouw. Omdat arme landen niet in staat zijn geweest te investeren in een duurzaam landbouwsysteem, is het verschil met deze landen in de laatste decennia groter geworden. Het Internationale Aardappelcentrum (CIP) heeft in de jaren twintig een aantal proefprojecten opgezet om de teelt van hybride aardappels in deze gebieden te bevorderen. Aardappelzaad groeit zonder intensief teelt- en irrigatiesysteem namelijk veel minder goed. Deze projecten leverden tijdelijk veelbelovende resultaten op, maar na het vertrek van het CIP werd snel weer overgestapt op traditionele teeltmethoden. In een groot deel van de wereld is de afgelopen dertig jaar dan ook weinig veranderd aan de slechte omstandigheden van kleine boeren.

4.3 Scenario 3: Diverse Markten in 2040

In 2040 zijn patenten op de natuurlijke eigenschappen van planten wereldwijd afgeschaft. Publieke organisaties dragen zorg voor de toegankelijkheid van geschikte aardappel-ouderlijnen. In dit scenario wordt gebruikgemaakt van de volgende vier, variabele bouwstenen:

- **Regie:** Veredelaars gebruiken wereldwijd hybride veredeling om regionaal aangepaste rassen te ontwikkelen. De Nederlandse pootgoedsector produceert alleen nog voor de lokale markt. Wereldwijd handelt Nederland in kennis over veredeling en geïntegreerde aardappelketens
- **Vraag:** De interesse van consumenten in lokaal voedsel is toegenomen, ook al is de prijs van voedsel duurder geworden. De verwerkende industrie vraagt om uniforme rassen.
- **Technologie:** Innovatie in de aardappelsector richt zich vooral op natuurlijke veredeling van rassen.
- **Focus:** Een groot deel van de wereldwijde productie is kleinschalig en divers, en maakt gebruik van lokale infrastructuur. Aardappels voor de verwerkende industrie worden in bulk geproduceerd door grotere boerenbedrijven.

Figuur 4 Visualisatie van Scenario 'Diverse Markten in 2040'



Hybride veredeling op grote schaal beschikbaar

Het is 2040. Veredelaars over de hele wereld gebruiken hybride veredeling om rassen te ontwikkelen die optimaal zijn aangepast aan lokale smaak en teeltomstandigheden. Enkele jaren nadat de Europese Unie had besloten geen patenten meer toe te staan op de natuurlijke eigenschappen van planten, werd dit besluit overgenomen door overheden wereldwijd. De interesse bij bedrijven voor het gebruik van genetische modificatie is hierdoor afgenomen. Vervolgens hebben nationale onderzoeksinstituten en internationale organisaties als de FAO en de Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR) zich ingezet om een uitgebreide reeks goede aardappel-ouderlijnen te ontwikkelen en publiek beschikbaar te stellen. Ook startup-bedrijven en hobbykwekers zijn in staat om met deze ouderlijnen als basis, hybride rassen te ontwikkelen.

De veredeling van consumptieaardappelrassen gebeurt in de regel dichtbij de markt door lokale veredelaars. De concurrentie op de wereldmarkt voor aardappeluitgangsmateriaal is intens: gespecialiseerde veredelingsbedrijven bedienen elk hun eigen lokale markt. Hybride zaad wordt in één of twee stappen vermeerderd tot pootgoed dat door boeren voor consumptie geteeld kan worden. Er zijn verschillende lokale infrastructuren ontstaan rondom het veredelen, vermeerderen en telen van aardappelen.

In een aantal arme landen is het nog niet gelukt om lokale veredelingsbedrijven op te starten. Landen als Congo en Burundi importeren hun zaden uit andere landen, maar omdat dit zaadgoed niet goed is aangepast aan regionale omstandigheden, is de teeltopbrengst laag. Ook gebruiken kleine boeren in deze gebieden elk jaar opnieuw een deel van hun oogst als pootgoed. Wanneer de ziekteresistentie van hun aardappels doorbroken wordt, zijn er niet altijd gewasbeschermingsmiddelen voorhanden. Dat heeft lokaal tot grote problemen geleid.

Diversiteit én uniformiteit

De groei van de aardappelconsumptie in landen als China en India heeft aangehouden. De totale productie van aardappelen is in twintig jaar met bijna een kwart gestegen naar 480 miljoen ton. We zien wereldwijd de ontwikkeling van twee soorten markten. Enerzijds een lokale versmarkt die wordt aangeleverd door kleinschalige boeren, en anderzijds een markt van bulkrassen van de verwerkende industrie, aangeleverd door boerenbedrijven met een groot areaal.

De aardappelversmarkt is wereldwijd zeer divers. Doordat nieuwe rassen sneller kunnen worden ontwikkeld durven ook kleine veredelaars te experimenteren met de aardappel. In Nederland liggen elk jaar nieuwe rassen in de supermarkt en consumenten hebben de verse, ongeschilde aardappel weer helemaal ontdekt. De Nederlander eet de aardappel ook steeds meer als groente in plaats van als koolhydraatbron, omdat zijn voedingswaarde en vitaminegehalte zo hoog is.

Bij de verwerkende industrie zien we een heel ander beeld: verwerkers hebben voldoende aan een beperkt aardappelrassenpakket omdat ze verzekerd zijn van een goede teelt dankzij de robuustheid van aardappels. De ouderlijnen van deze rassen krijgen van bedrijfsveredelaars continu een resistentie-gen-‘update’, om bestand te zijn tegen nieuw opkomende ziektes, een voordeel dat hybride veredeling biedt ten opzichte van conventionele veredeling. Zo heeft frietfabriek McFries onlangs de nieuwe variëteiten Russet Burbank 5.7 en Clearwater Russet 11 in productie genomen. Onder Nederlandse verwerkers is de biologische hybride aardappel Agriana 5000 populair. Boeren merken nauwelijks iets van deze opeenvolging aan vergelijkbare rassen. Ook verwerkers hoeven de instellingen van de fabrieksmachines amper aan te passen.

Open aardappelscience

Publiek veredelingsonderzoek wordt deels gedaan in de laboratoria van nationale en internationale onderzoekscentra, en deels worden er jaarlijks internationale tenders uitgeschreven waar private veredelaars zich op kunnen inschrijven. Inmiddels is er veel kennis beschikbaar over de genetische achtergrond van de aardappel en hebben wetenschappers een heel scala aan betaalbare genetische markers ontwikkeld.

Nederlandse aardappelsector ingrijpend veranderd

Omdat aardappellrassen wereldwijd lokaal worden veredeld, is de vraag naar Nederlands aardappelzaad sterk gedaald. Slechts een klein aantal gespecialiseerde bedrijven in Nederland produceert nog zaad en pootgoed voor de eigen markt. Ook het pootgoed dat vermeerderd wordt in Nederland is voor de eigen consumptiemarkt en de zetmeelindustrie. De aardappelteelt was aan het begin van de 21^{ste} eeuw de kurk waarop de Nederlandse akkerbouw dreef. Daar is weinig van over, en veel boeren zijn hier hard door geraakt. Woedend over deze gang van zaken trokken in 2024 en 2026 opnieuw honderden boeren richting het Binnenhof. Velen hebben hun bedrijf moeten verkopen.

Wel heeft Nederland een nieuwe rol gekregen als exporteur van kennis over aardappelketens. In landen als China en India bleek het zelf kunnen veredelen van lokale rassen, dichtbij de markt, onvoldoende voor een goede aardappelopbrengst. Nederland kon haar kennis van geïntegreerde aardappelketens goed aan deze landen verkopen. Het aantal 'aardappelconsultants' is in Nederland dan ook enorm toegenomen. Deze adviseurs beschikken over specifieke kennis van een bepaald gebied en werken nauw samen met lokale partijen aan een lokale productieketen.

5 Scenario-overstijgende lessen

Drie scenario's, drie beelden van een mogelijke toekomst. In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de gewenste en de ongewenste aspecten van deze toekomstbeelden (5.1) en de voorwaarden waaronder gewenste aspecten kunnen worden versterkt, en ongewenste bijgestuurd (5.2). Aan de hand van deze voorwaarden trekken we vervolgens scenario-overstijgende lessen voor een maatschappelijk verantwoorde inzet van de technologische innovatie van hybride aardappelveredeling.

Deze lessen vloeien voort uit de resultaten van de twee workshops, de aanvullende gesprekken en een bijeenkomst met het Potarei-valorisatiepanel. De lessen bieden bedrijven, maatschappelijke organisaties en de overheid handvatten om de technologische innovatie van hybride aardappelveredeling in gewenste banen te leiden, en dat wil zeggen: bij te laten dragen aan ecologische duurzaamheid en voedselzekerheid en een perspectiefvol verdienmodel voor de Nederlandse aardappelsector.

5.1 De drie scenario's naast elkaar

5.1.1 Scenario 1: Mondiaal Duopolie in 2040

In het scenario Mondiaal Duopolie gaat een grootschalige concentratie van bedrijven gepaard met een sterke focus op bulkproductie en kostenbesparing. Naast aardappelzaad leveren deze bedrijven boeren de benodigde technische infrastructuur, waarbij gewasbeschermingsmiddelen veelvuldig worden gebruikt. Zo wordt de wereldwijde aardappelproductie omhoog geschroefd, en daarmee bijgedragen aan voedselzekerheid. De beperkte bereidheid van de bedrijven om in te zetten op innovatie, in combinatie met bescherming van nieuwe aardappel-ouderlijnen met patenten, gaat echter ten koste van het vermogen nieuwe aardappellijnen te ontwikkelen. Binnen dit scenario heeft de Nederlandse pootgoedsector aan belang ingeboet. De sector produceert alleen nog voor de Europese markt.

Dit scenario past bij de huidige dominante tendens binnen de landbouw van schaalvergroting, intensivering en fusering van bedrijven. Door veel betrokkenen wordt dit scenario gezien als het 'meest realistische' scenario of zelfs als *business as usual*. De substantiële bijdrage die de twee bedrijven leveren aan de wereldvoedselzekerheid

wordt gezien als een positieve, gewenste ontwikkeling. Maar daar wordt aan toegevoegd dat de aanpak van het wereldvoedselvraagstuk niet alleen een kwestie is van opbrengstverhoging, maar ook van de verdeling, transport, en handel van voedsel, met behulp van open grenzen en nationale distributienetwerken. Bovendien kunnen kritische kanttekeningen worden geplaatst bij het gebrek aan aandacht binnen dit scenario voor bodemvruchtbaarheid, gewasdiversiteit en biodiversiteit. Daaraan gekoppeld kan een eenzijdige focus op schaalvergroting, intensivering en het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen uiteindelijk ook ten koste gaan van de landbouwopbrengsten.

Hoewel dit eerste scenario het meest in lijn ligt met de huidige dominante focus op schaalvergroting en opbrengstverhoging, delen de betrokkenen de verwachting dat zo'n grootschalige concentratie van enkele megabedrijven er niet van zal komen. Vanwege de genoemde kritiekpunten zullen deze ontwikkelingen naar verwachting al in een eerder stadium tegen biologische grenzen aanlopen en maatschappelijke en geopolitieke tegenkrachten oproepen, die om een duurzamere productie vragen. Anno 2020 kunnen zulke kritische geluiden ook al regelmatig worden gehoord.

5.1.2 Scenario 2: Circulair & Hightech in 2040

In het scenario Circulair & Hightech worden hightechmiddelen gebruikt om milieuproblemen het hoofd te bieden, met behoud van een hoge opbrengst. Urgente problemen veroorzaakt door klimaatverandering dwingen tot een duurzame productie. Dit gaat gepaard met een hoge publieke acceptatie van hoogtechnologische, intensieve landbouw, inclusief het gebruik van genetische modificatie. De overstap naar het gebruik van aardappelzaad in plaats van knollen betekent het einde van de Nederlandse pootgoedsector. Het gebruik van hoogtechnologische landbouwmethoden blijft in dit scenario voorbehouden aan meer welvarende, vooral westerse landen.

Dit scenario past bij een andere belangrijke maatschappelijke tendens: die van verduurzaming. Het scenario is een duidelijk voorbeeld van 'land-sparing', met een techno-optimistische insteek. Het scenario haalt inspiratie uit de eco-modernistische visie op duurzaamheid. Ook hierbij worden kritische kanttekeningen geplaatst. Zo is de vraag in hoeverre consumenten bereid zullen zijn substantieel meer te betalen voor duurzamere producten.

Daarnaast plaatsen verschillende partijen vraagtekens bij het duurzaamheidsgehalte van dit scenario. Het gebruik van hightechlandbouwmethoden kan de voedselproductie weliswaar minder vervuilen, maar leidt ook tot onderbenutting van allerlei natuurlijke processen.

Een weerbaarder en veerkrachtiger landbouwsysteem is in deze visie gebaat bij meer structurele aandacht voor bodemvruchtbaarheid, gewasdiversiteit en biodiversiteit. Dat vereist meer oog voor de complexe samenhang van de teelt van gewassen met de natuurlijke omgeving: voedingstoffen die de gewassen aan de bodem onttrekken, vegetatie in de directe nabijheid en het insectenleven dat daarin gedijt. Hierbij past bijvoorbeeld het gebruik van natuurlijke plaagbestrijding.

Bovendien vormt het gebrek aan aandacht binnen dit scenario voor het wereldvoedselvraagstuk een manco. Op de lange termijn zou dit scenario kunnen leiden tot toenemende spanningen in de Noord-Zuid-verhoudingen.

5.1.3 Scenario 3: Diverse Markten in 2040

In het scenario Diverse Markten zien we een minder hoogtechnologische landbouw. Publieke toegankelijkheid van kwalitatieve aardappel-ouderlijnen maakt het op veel plaatsen ter wereld mogelijk lokaal zaadgoed en pootgoed te produceren, dichtbij de consument. Een groot deel van de pootgoedproductie is hierdoor uit Nederland naar het buitenland verplaatst. Wereldwijd werken veredelaars aan een grote diversiteit aan aardappelrassen voor de versmarkt. Tegelijkertijd maakt de verwerkende industrie gebruik van een beperkt aantal risicovrije rassen, die in bulk worden geproduceerd. Nederland verdient geld aan zijn kennisvoorsprong op het gebied van de aardappelteelt en de samenwerking tussen verschillende schakels in de aardappelketen (ketenintegratie).

Het toekomstbeeld dat wordt geschetst in dit derde scenario is het resultaat van de afschaffing van het patentrecht en de opkomst van *participatory breeding*, waarbij veredelaars samenwerken met telers om rassen te selecteren die aangepast zijn aan lokale omstandigheden. Dit scenario biedt ruimte voor wereldwijde diversiteit, waarbij lokaal aangepaste rassen bijdragen aan voedselzekerheid.

Dit scenario roept bij de deelnemers van de workshops vooral vragen op over de haalbaarheid van het publiek beschikbaar stellen van aardappel-ouderlijnen. De publieke beschikbaarheid van ouderlijnen maakt het voor veredelaars economisch minder aantrekkelijk om te investeren in de ontwikkeling van nieuwe rassen, wat ten koste kan gaan van de benodigde innovatie. Daarnaast wordt de opkomst van *participatory breeding* als weinig realistisch gezien, vanwege de huidige machtsposities binnen de aardappelsector. Bovendien kunnen vraagtekens worden geplaatst bij de mogelijkheid de Nederlandse kennispositie te behouden, als de pootgoedproductie grotendeels naar het buitenland wordt verplaatst.

5.2 Een verantwoorde toekomst voor de aardappel

De scenario's laten zien dat het maatschappelijk krachtenveld waarbinnen een technologische innovatie als hybride aardappelveredeling gestalte krijgt, invloed heeft op hoe de technologie wordt ingezet. Andersom heeft de technologie ook invloed op de verhoudingen binnen de sector. Inzicht in de wisselwerking tussen beide biedt aangrijpingspunten voor het in wenselijke banen leiden van deze innovatie.

Onze analyse van de opbrengst van de scenarioworkshops en de aanvullende gesprekken heeft geleid tot drie scenario-overstijgende lessen voor een maatschappelijk verantwoord gebruik van hybride aardappelveredeling, die bijdraagt aan ecologische duurzaamheid en wereldwijde voedselzekerheid en een perspectiefvol verdienmodel voor de Nederlandse aardappelsector. Deze lichten we in de volgende paragrafen toe. Aandachtspunten zijn:

- een innovatieve markt voor veredelaars;
- sturen op nieuwe rassen die bijdragen aan ecologische duurzaamheid en voedselzekerheid;
- behoud van de kennispositie van de Nederlandse sector.

5.2.1 Een innovatieve markt voor veredelaars

Het is van groot belang om nieuwe aardappelrassen te kunnen blijven ontwikkelen die op een ecologisch duurzame manier bijdragen aan voedselzekerheid. De scenario's laten zien dat de ontwikkeling van innovatieve aardappelrassen in belangrijke mate samenhangt met de manier waarop de veredelingsmarkt is ingericht.

De verwachting is dat grote multinationale bedrijven onvoldoende bereid zullen zijn om te investeren in de ontwikkeling van genetische eigenschappen die een langdurige resistentie tegen ziektes mogelijk maken. Hun verdienmodel is gebaseerd op het aanpassen van het gehanteerde teeltsysteem aan het beschikbare aardappelras, niet op de vernieuwing van rassen. De patentering van innovaties kan daarnaast ten koste gaan van de toegankelijkheid van deze genetische bronnen voor andere partijen. Innovatieve startups maken in dit scenario weinig kans omdat de multinationals de hele keten beheersen en gemakkelijker toegang hebben tot verdelingskennis en genetische bronnen. Het eerste scenario, Mondiaal Duopolie, schetst dit.

Ook het derde scenario, Diverse Markten, roept de vraag op hoe innovatie voor aardappelveredelaars aantrekkelijk kan blijven. De aardappel-ouderlijnen worden door betrokkenen omschreven als de 'kroonjuwelen' van de hybride veredelaar. Als ouderlijnen publiekelijk beschikbaar worden gesteld en veel partijen daarmee kunnen

gaan veredelen, wordt het voor veredelaars minder zinvol om te investeren in het ontwikkelen van ouderlijnen. Dit zou een rem op innovatie kunnen vormen en ten koste gaan van de benodigde vernieuwing.

Les 1: Wet- en regelgeving voor de ontwikkeling van nieuwe rassen

Het is van belang om een innovatieve markt voor veredelaars in stand te houden, zodat nieuwe aardappelrassen ontwikkeld blijven worden die op een duurzame manier bijdragen aan voedselzekerheid. Daarvoor moeten overheden door middel van nationale en internationale wet- en regelgeving borgen dat:

- veredelaars toegang houden tot genetisch materiaal en nieuwe kennis;
- veredelaars gebruik kunnen laten maken van een diversiteit aan veredelingsstechnieken; en
- nieuwe aardappelrassen op de markt worden beschermd, zodat het voor veredelaars loont om daarin te investeren.

Overheden kunnen hiervoor zorgen door:

- genenbanken aan te leggen en in stand te houden;
- publieke kennisinstituten te blijven financieren, zodat er een gemeenschappelijke kennisbasis blijft bestaan; en
- vast te houden aan een voorziening als het kwekersrecht, dat veredelaars de mogelijkheid biedt nieuwe rassen te beschermen en eraan te verdienen.

Het valt niet te verwachten dat deze waarborgen door de markt gerealiseerd worden.

5.2.2 Ecologisch duurzame rassen die bijdragen aan voedselzekerheid

Een belangrijke belofte van hybride veredeling is snellere ontwikkeling van ecologisch duurzame aardappelrassen die bijdragen aan voedselzekerheid. Afhankelijk van het scenario, krijgt dat echter een andere invulling.

Zo wordt hybride veredeling in scenario 2, Circulair & Hightech, ingezet om snel te reageren op nieuwe varianten van ziekteverwekkers, door nieuwe resistentiegenen in bestaande rassen te kruisen. Zo hoeven telers, verwerkers en consumenten niet steeds te wennen aan een nieuwe aardappelvariëteit. De keerzijde van het veredelen op specifieke eigenschappen binnen de bestaande typen variëteiten is echter dat rassen erg op elkaar blijven lijken, wat ten koste gaat van de genetische diversiteit en dat is schadelijk voor de biodiversiteit en de bodemvruchtbaarheid.

In scenario 1, Mondiaal Duopolie, worden aardappels veredeld die op grote schaal te telen zijn. Ook in scenario 3, Diverse Markten, zien we grootschalige teelt van aardappels voor de verwerkende industrie. Voor de versmarkt ontwikkelen veredelaars, op basis van beschikbare aardappel-ouderlijnen met een ingebouwde ziekteresistentie, juist aardappels die zijn aangepast aan lokale omstandigheden. Beide typen aardappels worden 'robuust' genoemd, maar ze passen bij een ander type landbouw: voor de biologische sector is een aardappel 'robuust' wanneer deze een ingekruiste ziekteresistentie heeft, terwijl in de gangbare sector 'robuust' betekent dat de aardappel op een groot gebied te telen is. Deze rassen dragen bij aan de opbrengstzekerheid van boeren, maar bij een veel intensiever type landbouw dan in de biologische sector. De vraag is of de grootschalige landbouw op de langere termijn duurzaam is en – in het verlengde daarvan – voedselzekerheid bevordert.

Les 2: Zorg voor een diversiteit aan genen, rassen én teeltsystemen

De verschillende manieren waarop hybride veredeling in de scenario's wordt ingezet, laten zien dat veredelings technologie op zichzelf geen oplossing biedt voor vraagstukken op het gebied van duurzaamheid en voedselzekerheid. De technologie biedt zowel kansen voor de ontsluiting van een brede genetische diversiteit als voor de ontwikkeling van bijna identieke rassen, die veelal wel verschillen wat betreft het type ingebouwde resistentiegenen. De technologie kan zo worden ingezet bij verschillende veredelingsstrategieën en teeltsystemen. Het is belangrijk dat een diverse aanpak wordt gestimuleerd. Voor een goede maatschappelijke inbedding moet bovendien goed worden nagedacht over de *combinatie* van het ras, het teeltsysteem en de productieketen. In de ogen van de betrokken partijen is de overheid de aangewezen partij om voorwaarden te stellen, zodat hybride aardappelveredeling daadwerkelijk bijdraagt aan de gestelde maatschappelijke opgaven.

Het is belangrijk dat ziekteresistenties op een duurzame manier worden ingebouwd. Dit begint bij de ontwikkeling van nieuwe rassen met bijvoorbeeld een stapeling aan resistentiegenen, wat voorkomt dat ziektes de resistentie snel kunnen doorbreken. In scenario 3, Diverse Markten, dragen publieke instellingen zorg dat aardappel-ouderlijnen aan deze voorwaarden voldoen. Maar bedrijven kunnen zelf ook verantwoordelijk worden (gemaakt) voor een gestapelde resistentie en transparantie bieden over welke resistentiegenen worden gebruikt.

Hybride veredeling kan bijdragen aan het gemengd telen van verschillende rassen op het veld. Hierdoor kan een ziekte minder snel doorbreken, en is de kans kleiner dat als dat gebeurt, de hele oogst mislukt. Wanneer rassen worden ontwikkeld die alleen wat betreft ingekruiste resistentiegenen van elkaar verschillen, zouden de aardappelrassen gemakkelijker te telen en te verwerken moeten zijn. Zo kan hybride veredeling zorgen voor minder risico op oogstverlies door ziekte bij bulkproductie.

Ruim inzetbare en niche rassen kunnen naast elkaar worden geteeld. Juist een diverse aanpak biedt kansen voor voedselzekerheid op zowel de korte termijn – door bij te dragen aan opbrengstzekerheid – als de lange termijn, door de ontsluiting van een brede genetische diversiteit.

5.2.3 Kennis van zaken

Omdat technologische innovatie in de landbouw een actieve rol van het bedrijfsleven veronderstelt, is het verdienmodel van de Nederlandse aardappelsector een belangrijk aandachtspunt in deze studie.

Nederland is de grootste exporteur van pootgoed ter wereld. Daarbij moet worden opgemerkt dat maar een klein deel van het pootgoed dat wereldwijd wordt gebruikt, is gecertificeerd. In veel landen zijn aardappelteelten suboptimaal, onder andere door een gebrek aan goede aardappellassen. Hybride veredeling biedt een kans om hier verbetering in te brengen. Met duurzame rassen die vermeerderd worden uit aardappelzaad kunnen gebieden worden bereikt die nu geen toegang hebben tot schoon pootgoed. Dit is goed voor de voedselzekerheid in die gebieden, en biedt de Nederlandse aardappelsector ook de mogelijkheid om de exportmarkt uit te breiden. Met het oog op een optimalere aardappelteelt, valt dan ook nog een wereld te winnen.

Maar hybride veredeling kan ook negatief uitpakken voor de Nederlandse aardappelsector. In alle drie scenario's ondergaat de Nederlandse pootgoedsector belangrijke veranderingen. Een volledige overgang naar een hybride aardappel die groeit uit zaad in plaats van uit pootgoed lijkt ver weg, vanwege de vooraanstaande positie van de huidige Nederlandse pootgoedsector. De scenario's laten echter zien dat die positie geen vanzelfsprekendheid is, en dat rekening gehouden moet worden met verschuivingen in de wereldwijde aardappelketen.

Scenario 3, Diverse Markten, toont een andere mogelijkheid voor een perspectiefvol verdienmodel voor de Nederlandse aardappelsector. In dit scenario verdient de Nederlandse sector geld aan de export van kennis. Nederland loopt niet alleen op het gebied van kennis over R&D voorop, maar ook wat betreft de kennis die nodig is voor het vormgeven van een effectieve aardappelketen, van *farm to fork*. Het is echter de vraag of export van alleen ketenkennis op de lange termijn een houdbaar verdienmodel is, zonder behoud van een innovatieve thuismarkt voor aardappelen waarvan geleerd kan worden.

Les 3: Zet in op de kennispositie Nederlandse sector

Om een internationale rol van betekenis te kunnen blijven spelen, is het belangrijk dat de Nederlandse aardappelsector en de overheid blijven investeren in de ontwikkeling van fundamentele en toegepaste kennis. Dat betreft zowel kennis van de aardappelteelt als van de organisatie van aardappelproductie in ketens.

De Nederlandse aardappelsector kan verdienen aan de productie van aardappels in andere landen door een schakelpositie in lokale ketens te verwerven. Het is belangrijk dat de nieuwe aardappelrassen goed worden ingebed in het landbouwsysteem ter plaatse. Dit vereist investeringen in de verdere ontwikkeling van lokale aardappelinfrastructuren voor de optimalisering van teelten, maar ook specifieke kennis over lokale productieomstandigheden. De ontwikkeling van lokaal aangepaste rassen vraagt daarnaast om een nauwe samenwerking met boeren die op hun velden rassen kunnen selecteren. De sector kan hiervoor leren van internationaal opererende Nederlandse groenteveredelingsbedrijven, die regie houden door het (voor)onderzoek en de ontwikkeling van rassen in Nederland te huisvesten, en in lokale vestigingen in het buitenland de meer lokaal gerichte veredelingsactiviteiten te ontplooiën, in afstemming met lokale markten.

Op deze manier kunnen commerciële activiteiten samengaan met het streven naar voedselzekerheid. De Nederlandse sector kan bovendien zijn voorsprong op het gebied van ketenkennis beter behouden indien hij erin slaagt een schakelpositie te verwerven in buitenlandse aardappelketens.

6 Conclusies

Op basis van deze scenariostudie, het resultaat van literatuuronderzoek en gesprekken met deskundigen, komen we tot de volgende conclusies. Ze bieden de overheid, het bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties handvatten om de technologische innovatie van hybride aardappelveredeling in maatschappelijk gewenste banen te leiden.

De aardappel als Nederlandse troef

De Nederlandse landbouw staat voor grote maatschappelijke uitdagingen: ze streeft naar een meer duurzame voedselproductie en wil bijdragen aan wereldwijde voedselzekerheid. De aardappel kan hierin een belangrijke rol spelen: het gewas heeft een hoge voedingswaarde en is wereldwijd een van de meest geteelde voedselgewassen. De Nederlandse aardappelsector kan, als grootste exporteur van pootaardappels ter wereld en vanwege zijn vooraanstaande kennispositie, vooroplopen bij de aanpak van die maatschappelijke opgaven.

Een wereld te winnen

Op het gebied van de aardappelteelt kan wereldwijd nog veel vooruitgang worden geboekt. De teelt van aardappels gaat vaak gepaard met een hoge milieubelasting. Daarnaast heeft de aardappelteelt in een groot deel van de wereld een lage opbrengst, onder andere door een slechte kwaliteit pootgoed. Hybride aardappelveredeling biedt mogelijkheden om de aardappelproductie op een duurzame manier te verhogen. De veredelings technologie belooft sneller nieuwe rassen op de markt te brengen die resistent zijn tegen aardappelziekte of droogte. Ook maakt dit teelt van aardappels uit zaadgoed mogelijk, dat minder vatbaar is voor ziektes en gemakkelijker te vervoeren is. De hybride aardappel vormt daarnaast een alternatief voor maatschappelijk omstreden technieken waarbij sprake is van genetische modificatie, die in de EU een strenge toelatingsprocedure moeten doorlopen met betrekking tot veiligheid en gezondheid.

Goede maatschappelijke inbedding

Technologie alleen is nooit de oplossing voor maatschappelijke vraagstukken. Wil hybride aardappelveredeling daadwerkelijk bijdragen aan een duurzamere teelt en wereldwijde voedselzekerheid, dan is een goede maatschappelijke inbedding nodig. Alleen als voldaan wordt aan bepaalde economische en beleidsmatige voorwaarden valt te verwachten dat de hybride aardappel zijn beloften waarmaakt. Dat betekent ook duidelijke keuzes bij het gebruik van hybride aardappelveredeling.

Open innovatiesysteem

Voor de aanpak van de maatschappelijke uitdagingen is het van groot belang om nieuwe aardappelrassen, die bijvoorbeeld zijn aangepast aan veranderende landbouwkundige of klimatologische omstandigheden, te kunnen blijven ontwikkelen. Daarvoor is een open innovatiesysteem nodig, waarbij publieke voorzieningen ervoor moeten zorgen dat veredelaars toegang houden tot genetisch materiaal en tot nieuwe kennis. Monopolievorming, waarbij grote bedrijven hun innovaties met patenten afschermen, is ongewenst, zo blijkt op basis van deze studie. Daarbij moet een voorziening als het kwekersrecht in stand worden gehouden, zodat het voor veredelaars loont om te investeren in de ontwikkeling van nieuwe rassen.

Duurzame rassen die bijdragen aan voedselzekerheid

Overheidsregulering moet aansturen op een veredelingssector die bijdraagt aan de ontwikkeling van rassen voor zowel grootschalige als kleinschalige landbouw, waarbij resistentiegenen op een duurzame manier worden ingezet. Meer aandacht voor milieu, natuur, en de toekomst van onze wereldvoedselvoorziening kan niet alleen aan de markt worden overgelaten. Wanneer de overheid ecologische duurzaamheid en voedselzekerheid leidend maakt, zullen ook nieuwe kansen voor de markt ontstaan. Dit kan binnen verschillende scenario's en past bij het Nederlandse missiegerichte innovatiebeleid en de wereldwijde afspraken over Sustainable Development Goals (SDGs).

Behoud koppositie vergt investering in kennisontwikkeling

De huidige Nederlandse koppositie op het gebied van aardappels is niet vanzelfsprekend. De pootgoedsector kan sneuvelen als gevolg van een succesvolle introductie van de hybride aardappel. Maar de sterke kennispositie van de Nederlandse aardappelsector kan de basis vormen voor een nieuw verdienmodel in de vorm van export van kennis over de aardappelteelt en de aardappelketen. Het overgrote deel van de wereldwijde aardappelteelt vindt plaats onder suboptimale omstandigheden. Ziektevrij zaadgoed en up-to-date kennis kunnen deze omstandigheden verbeteren. Om de Nederlandse koppositie te behouden op het gebied van aardappelteelt en van het vermogen om te blijven innoveren, zijn blijvende investeringen in publieke kennisontwikkeling en R&D nodig.

Alle drie aan zet

Het spreekt niet vanzelf dat de beloften van de hybride aardappel worden waargemaakt. Een technologische innovatie als hybride aardappelveredeling heeft niet slechts één mogelijk ontwikkelingspad. De bijdrage van hybride aardappelveredeling aan een ecologische duurzame en zekere voedselvoorziening vraagt om inbedding in de landbouwpraktijk en om voorwaarden die deze bijdrage mogelijk maken. Hoe deze innovatie in de praktijk vorm krijgt, wordt namelijk bepaald door economische, beleidsmatige en maatschappelijke keuzes. Bedrijven kunnen – binnen bepaalde

marges – kiezen hoe duurzaam ze willen opereren en welke bijdrage ze willen leveren aan het wereldvoedselvraagstuk. Die keuzes worden mede gestuurd door de regelgeving en het kennis- en innovatiebeleid van de overheid en door de publieke druk die maatschappelijke organisaties op bedrijven en de overheid uitoefenen. Dat betekent dat zowel bedrijven, maatschappelijke organisaties als de overheid aan zet zijn.

Literatuurlijst

ABN AMRO (2010). Akkerbouw, trends en toekomst. Geraadpleegd op 4/12/19: www.abnamro.nl/nl/images/Generiek/PDFs/020_Zakelijk/02_Sectoren/Agrarisch/Akkerbouw%252C_trends_en_toekomst.pdf

AGF (2018). Aardappel wint aan populariteit in Azië en Afrika. Geraadpleegd op 4/12/19 op www.agf.nl/artikel/173101/Aardappel-wint-aan-populariteit-in-Azie-en-Afrika

Almekinders, C. J. M., Mertens, L.; Loon, J.P. van; Lammerts Van Bueren, E. (2014). 'Potato breeding in the Netherlands: a successful participatory model with collaboration between farmers and commercial breeders.' *Food Security*: 515-524.

Asselt, M. van, F. van der Molen, A. Faas and S. Veenman (2010). *Uit zicht: toekomstverkennen met beleid*, Amsterdam University Press.

Bakker, E. de, Bokma-Bakker, M., Bogaardt, M. J., Woelders, H., Minten, S., Leenstra, F., & Beekman, V. (2011). *Maatschappelijke acceptatie van nieuwe technologie in de landbouw*. LEI part of Wageningen University & Research Centre.

Bejo (2019). Bejo introduces its first true potato seed variety. Geraadpleegd op 4/12/19 op: www.bejo.nl/magazine/bejo-introduceert-haar-eerste-true-potato-seed-ras

CBS (2018). Landbouw gebruikt 5,7 miljoen kg chemische middelen. Geraadpleegd op 4/12/19 op: www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/30/landbouw-gebruikt-5-7-miljoen-kg-chemische-middelen

Bennett, E. M. (2017). 'Changing the agriculture and environment conversation.' *Nature Ecology and Evolution* 1: 1-2.

Benschop, H. P. & Veenma, K. (2012). 'Toekomstverkenningen in het beleidsonderzoek.' *Beleidsonderzoek Online* 10.

Beumer, Koen & Edelenbosch, R. (2019). 'Hybrid potato breeding: A framework for mapping contested socio-technical futures.' *Futures* 109: 227-239.

Bonny, S. (2017). 'Corporate Concentration and Technological Change in the Global Seed Industry.' *Sustainability* 9(9): 1632.

Boersma, H. (2018). 'Keer de natuur de rug toe om haar te redden.' Podium voor Bio-ethiek 28.4: 6-8.

Boom, N. van der (2019). Bas Alblas: 'Fritesoorlog baart ons zorgen'. Boerenbusiness. Geraadpleegd op 4/12/19 op: www.boerenbusiness.nl/akkerbouw/artikel/10881117/bas-alblas-039-fritesoorlog-baart-ons-zorgen-039

Bronson, K. (2015). 'Responsible to whom? Seed innovations and the corporatization of agriculture.' Journal of Responsible Innovation 2: 62-77.

Ceccarelli, S., Guimarães, E. P. & Weltzien, E., eds. (2009). 'Plant breeding and farmer participation.' Plant Breeding: 671.

Dammers, E., S. van 't Klooster, B. de Wit, H. Hilderink, A. Petersen & W. Tuinstra (2013). 'Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking.'

Duijne, F. van & Bischof, P. (2018). Introduction to Strategic Foresight.

Duijne, F. van & Klooster, S. van 't (2019). Toekomstverkenning en scenario's bij de Omgevingsvisie Zaanstad. Geraadpleegd op 14/1/2020 via: www.futuremotions.nl/gratis-download-e-book

Engwerda, J. (2015). Sector profiteert niet van DuRPh-project. Boerderij. Geraadpleegd op 4/12/19 op: www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2015/9/Sector-profiteert-niet-van-DuRPh-project-2682593W

Engwerda, J. (2019). 'Sneller betere rassen met hybride diploïde aardappelen' Boerderij. Geraadpleegd op 4/12/19 op: www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2019/2/Sneller-betere-rassen-met-hybride-diploide-aardappelen-388943E

FAO (2017). Statistics World Potato Production. Geraadpleegd op 1/09/19 op: www.fao.org/faostat/en.

FAO (2017). The Future of Food and Agriculture. Trends and Challenges, FAO Rome.

Grinsven, H. v., M. van Eerdt & H. Westhoek (2014). 'Landbouw en voedsel.' Balans van de Leefomgeving. Den Haag: PBL.

Habets, M., Hove, L. van & R. van Est (2019). Genome editing bij planten en gewassen – Naar een modern biotechnologiebeleid met oog voor verschil in risico's en bredere afwegingen. Den Haag: Rathenau Instituut.

Imarc Group (2019). Frozen Finger Chips (Frozen French Fries) Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2019-2024.

Geraadpleegd op 1/09/19 via:

www.researchandmarkets.com/research/svqjn3/20_bn_frozen?w=12

Janssens, S. R. M., et al. (2006). Visie op de aardappelkolom, Wageningen.

Lammerts van Bueren, E. T. & J. P. van Loon (2011). De praktijk van kleine kwekers in de aardappelveredeling in Nederland.

Levidow, L. (2015). 'European transitions towards a corporate-environmental food regime: Agroecological incorporation or contestation?' *Journal of Rural Studies* 40: 76-89.

Lindhout, P., Meijer, D., Schotte, T., Hutten, R. C., Visser, R. G., & van Eck, H. J. (2011). Towards F 1 hybrid seed potato breeding. *Potato Research*, 54(4), 301-312.

Liu, Z., M. A. Jongsma, C. Huang, J. H. Dons & S. O. Omta (2015). 'The sectoral innovation system of the Dutch vegetable breeding industry.' *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 74: 27-39.

Louwaars, N., et al. (2009). Veredelde zaken: de toekomst van de plantenveredeling in het licht van de ontwikkelingen in het octrooirecht en het kwekersrecht. Wageningen: CGN.

Mampuys, R., & Stermerding, D. (2010). Mondiale Motivatie of Europese Eigenheid? Vier scenario's voor ggo's in de Europese Landbouw. Rathenau/ COGEM.

NAO (2019). Pootgoedexport in tonnen oogst. Geraadpleegd op 4/12/19 op: www.nao.nl/nl/markt/exportcijfers.

Nekkers, J. (2009). Wijzer in de toekomst: werken met toekomstscenario's, Business Contact.

NOS (2016). Het Noorden wil Silicon Valley van de aardappel worden. Geraadpleegd op 4/12/19 op: <https://nos.nl/artikel/2140949-het-noorden-wil-silicon-valley-van-de-aardappel-worden.html>.

Potato Business (2018). Global frozen fries market reaches USD19bn. Geraadpleegd op 4/08/18 op: www.potatobusiness.com/business2/1873-global-frozen-fries-market-reaches-usd19bn

Rijswick, C. van (2016). Word geen 'couch potato': trends in de internationale aardappelketen. Rabobank presentatie bijeenkomst Pootgoedacademie 2016. Geraadpleegd op 4/12/19 via: http://pootaardappelacademie.nl/system/files/documenten/nieuws/paa_emmeloord_rabobank.pdf

Ruyter, J. van (2016). In de ban van de Pieper: Aardappelteelt dreigt uit Nederland te verdwijnen zonder Europees level playing field. ABN Amro. Geraadpleegd op 4/12/19 op: <https://insights.abnamro.nl/2016/10/in-de-ban-van-de-pieper>

Stilgoe, J., R. Owen & P. Macnaghten (2013). 'Developing a framework for responsible innovation.' Research Policy 42(9): 1568-1580.

Thomas-Sharma, S., et al. (2015). 'Seed degeneration in potato: The need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries.' Plant Pathology: 1-14.

Verbeek, J. (2017). Miljoenen voor Wageningse ontwikkelaar van aardappelzaad. Financieel Dagblad: 28-11-17.

Vriend, H. d. & E. T. Lammerts van Bueren (2014). Aardappelveredeling: oude eigenheimers in de Puree? De kracht van Platformen: nieuwe strategieën voor innoveren in een digitaliserende wereld. In: M. Kreijveld, J. Van Deuten & R. Van Est, Vakmedianet Management B.V: 218-259.

Wilde, S. de (2015). Van autonome robots tot zilte aardappels. Den Haag: STT. Geraadpleegd op 4/12/19 via: <http://edepot.wur.nl/355019>.

WUR (2015). Resistentie-genen van wilde verwanten van gewassen bieden wereldwijd kansen voor duurzamere landbouw. Geraadpleegd op 15-7-2017 op: www.wur.nl/nl/nieuws/Resistentiegenen-van-wilde-verwanten-van-gewassen-bieden-wereldwijd-kansen-voor-duurzamere-landbouw-.htm.

Bijlage 1: Het Potarei-projectteam

De volgende personen maken deel uit van het onderzoeksteam van het NWO Maatschappelijk Verantwoord Innoveren project Potarei:

Wageningen University & Research

- Paul Struik (projectleider)
- Luuk van Dijk
- Conny Almekinders

Rijksuniversiteit Groningen

- Sjaak Swart
- Koen Beumer

Rathenau Instituut

- Rosanne Edelenbosch
- Geert Munnichs
- Dirk Stermerding

Solynta

- Pim Lindhout
- Michiel de Vries

Bijlage 2: Klankbordgroepen

Valorisatiepanel

Twee keer per jaar zijn de resultaten van het Potarei-onderzoek besproken met de leden van het valorisatiepanel, bestaande uit de volgende vertegenwoordigers van betrokken partijen:

- Niels Louwaars, Plantum
- Dick Hylkema, Nederlandse Aardappel Organisatie
- Guus Heselmans, Meijer Potato
- Leo van Marion, McCain Foods Europe
- Sijas Akkerman, Natuur en Milieufederatie Noord Holland
- Dick Jung, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
- Marien Valstar, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
- John van Ruiten, Nationale Algemene Keuringsdienst Tuinbouw
- Anton Haverkort & Corné Kempenaar, Wageningen University & Research
- Evert Jacobsen, Wageningen University and Research
- Edith Lammerts van Bueren & Peter Keijzer, Louis Bolk Instituut
- Bram de Jonge, Oxfam Novib

Scenarioklankbordgroep

Bij de ontwikkeling van de aardappelscenario's zijn we geadviseerd door de volgende experts op het gebied van toekomstverkenning:

- Marjolein van Asselt, Universiteit Maastricht
- Freija van Duijne, Future Motion
- PJ Beers, DRIFT
- Ed Dammers, Planbureau voor de Leefomgeving

Bijlage 3: Geraadpleegde bronnen

Betrokkenen

De volgende mensen hebben bijgedragen aan dit onderzoek tijdens interviews, scenarioworkshops en gesprekken na de scenarioworkshops:

- Sjeffe Allefs, Agrico
- Conny Almekinders, Wageningen University & Research, Sociale Wetenschappen
- Gé Bentvelsen, ABZ Seeds
- Kees van Beek, Biotrio
- Herman van Bekkum, Greenpeace
- Gert van der Bijl, Solidaridad
- Hilko Bos, Maatschap Bos
- Koos Bos, Maatschap Bos
- Chissa Bruijs, Nederlandse Algemene Keuringsdienst
- Erika den Daas, Meijer Potato
- Luuk van Dijk, Wageningen University & Research
- Berend-Jan Dobma, Dr. R.J. Mansholt's Veredelingsbedrijf
- Jacob Eising, Den Hartigh
- Boelie Elzen, Wageningen University & Research
- Henk van de Haar, Nederlandse Algemene Keuringsdienst
- Anton Haverkort, Wageningen University & Research
- Guus Heselmans, Meijer Potato
- Roel Hoekstra, Centre for Genetic Resources the Netherlands
- Jan Willem Hoopman, Hoopman groep
- Evert Jacobsen, Wageningen University & Research
- Edith Lammerts van Bueren, Louis Bolk Instituut
- Pim Lindhout, Solynta
- Niels Louwaars, Plantum
- Jan van Loon, TPC
- Peter Kooman, Aeres Hogeschool
- Jan Karel Kwisthout, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
- Leo van Marion, McCain
- Leon Mol, Ahold
- Maaïke Raaijmakers, Bionext
- Hans Renia, Nsure
- Carl Rentes, Solynta
- Judith de Roos, Plantum
- John van Ruiten, Nederlandse Algemene Keuringsdienst Tuinbouw

- Albert Schirring, Bayer
- Paul Struik, Wageningen University & Research
- Marien Valstar, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
- Cor van der Weele, Wageningen University & Research
- Karst Weening, Nederlandse Aardappel Organisatie

Literatuur

De volgende rapporten, scenariostudies en manifesten vormden de inspiratie voor de drijvende krachten en trends achter de scenario's:

- Asafu-Adjaye, J. et al. (2015). An Ecomodernist Manifesto. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: www.ecomodernism.org/manifesto-english/
- Bakkes, J. A., Laura, A., Oonsie, B., Hoff, H., & Garry, P. (2009). Getting into the right lane for 2050: a primer for EU debate. Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Boersma (2015). Ecomodernisme voor beginners - een spoedcursus in een stroming die de groene beweging wil vernieuwen. De Correspondent, 19/11/15.
- CPB/PBL (2015). Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Nederland in 2030 en 2050: twee referentiescenario's. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau., Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: www.cpb.nl/publicatie/toekomstverkenning-welvaart-en-leefomgeving-wlo-2015
- Du Cann, C. (2012). The Dark Mountain Project: In search of a new narrative. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op www.resilience.org/stories/2012-08-28/dark-mountain-project-search-new-narrative/ <http://dark-mountain.net/about/manifesto>
- Faasse, P., van der Meulen, B., & Heerekop, P. (2014). Vizier Vooruit: Vier Toekomstscenario's voor Nederlandse Universiteiten. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (2017). The Future of Food and Agriculture: trends and Challenges. Rome: FAO.
- IPES-Food (2016). International Panel of Experts on Sustainable Food Systems, From Uniformity to Diversity: A Paradigm Shift from Industrial Agriculture to Diversified Agroecological Systems, IPES-Food.
- Klein, N. (2015). The Leap Manifesto: a call for caring for the earth and one another. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: www.resilience.org/stories/2015-09-16/the-leap-manifesto-a-call-for-caring-for-the-earth-and-one-another
- Mampuy, R., & Stemerding, D. (2010). Mondiale Motivatie of Europese Eigenheid? Vier scenario's voor ggo's in de Europese Landbouw. Rathenau/ COGEM.
- Öborn, I., Vrede, K., Bengtsson J. & Magnusson, U. (2012). 'What challenges is agriculture facing? Five scenarios for 2050.' The Futures of Agriculture, 40.

- Onbekend (2014). Beyond Sustainability: A Manifesto. Planet 3.0. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: <http://planet3.org/beyond-sustainability-a-manifesto>
- Onbekend (2014). Solarpunk. No Tech Magazine. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: www.notechmagazine.com/2015/11/solar-punk.html
- Onbekend (2015). Degrowth Manifesto. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 via https://wiki.p2pfoundation.net/Degrowth_Manifesto
- Poppe, K. & de Wilde, S. (2016). Next Farming: de landelijke leefomgeving van morgen. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: <https://wijmakennederland.nl/bijdrage/longread/?flush=true>.
- Rabobank (2011). In 2030: vier toekomstscenario's voor bedrijven. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwip6Mq80qDIAhVRMewKHbuFDDoQFjAAegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Feconomie.rabobank.com%2Fpublicaties%2F2010%2Fdecember%2Fscenariostudie-in2030-4-toekomstscenarios%2F&usg=AOvVaw33VEuCE83-KCFGg5bD8LfZ
- Scheerder, J., Hoogerwerf, R., & de Wilde, S. (2014). Horizon Scan 2050. A different view of the future. Den Haag: The Netherlands study Centre for Technology Trends (STT).
- Trendbureau Overijssel (2010). De toekomst van de landbouw in Overijssel- een discussiebijdrage. Laatst geraadpleegd op 11/12/19 op: https://wiki.p2pfoundation.net/Degrowth_Manifestohttps://www.trendbureauoverijssel.nl/verkenning/landbouw
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2014). Naar een voedselbeleid. Amsterdam/Den Haag: Amsterdam University Press.

© Rathenau Instituut 2020

Verveelvoudigen en/of openbaarmaking van (delen van) dit werk voor creatieve, persoonlijke of educatieve doeleinden is toegestaan, mits kopieën niet gemaakt of gebruikt worden voor commerciële doeleinden en onder voorwaarde dat de kopieën de volledige bovenstaande referentie bevatten. In alle andere gevallen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming.

Open Access

Het Rathenau Instituut heeft een Open Access beleid. Rapporten, achtergrondstudies, wetenschappelijke artikelen, software worden vrij beschikbaar gepubliceerd. Onderzoeksgegevens komen beschikbaar met inachtneming van wettelijke bepalingen en ethische normen voor onderzoek over rechten van derden, privacy, en auteursrecht.

Contactgegevens

Anna van Saksenlaan 51
Postbus 95366
2509 CJ Den Haag
070-342 15 42
info@rathenau.nl
www.rathenau.nl

Bestuur van het Rathenau Instituut

Mw. G. A. Verbeet
Prof. dr. Noelle Aarts
Prof. dr. Roshan Cools
Dr. Hans Dröge
Dhr. Edwin van Huis
Prof. mr. dr. Erwin Muller
Prof. dr. ir. Peter-Paul Verbeek
Prof. dr. Marijk van der Wende
Dr. ir. Melanie Peters - secretaris

Het Rathenau Instituut stimuleert de publieke en politieke meningsvorming over de maatschappelijke aspecten van wetenschap en technologie. We doen onderzoek en organiseren het debat over wetenschap, innovatie en nieuwe technologieën.

Rathenau Instituut