

Technologische verkenningen agrosector



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Technologische verkenningen agrosector



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.

Abstract

A survey was carried out to discuss the effects of technological developments on trends in agricultural production in the next 10-15 years.

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

Ferry Leenstra en Geert van der Peet

Titel

Technologische verkenningen voor de agrosector, Rapport 209

Samenvatting

De technologische ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn op trends in de agrarische sector worden geïnventariseerd en besproken

Trefwoorden

Agrarische sector, technologische ontwikkelingen

Keywords

Agricultural production, technological developments

**Dit onderzoek is gefinancierd door het
Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit**



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Voorwoord	V
Samenvatting	VI
Summary	
1 Inleiding	2
2 Wetenschappelijke ontwikkelingen met toepassingen in de agrarische sector	5
2.1 ICT	5
2.2 Microsystemen en Nanotechnologie	6
2.3 Genomics	11
3 Betekenis van technologische ontwikkelingen: toepassingen	16
3.1 Op verschillende thema's	16
3.1.1 Energie, biomassa en bio-based economie	16
3.1.2 Robotisering (en arbeid)	22
3.1.3 Precisielandbouw en maatwerkproductie	25
3.1.3.1 Open teelten en precisielandbouw algemeen	25
3.1.3.2 Precision Livestock Farming, dier centraal	27
3.1.3.3 Diversificatie en maatwerkproducten	29
3.1.4 Aquacultuur	31
3.1.5 Kunstvlees en andere vleesvervangers	34
3.1.6 Logistiek en ketenefficiency	36
3.2 Technologie en mogelijke belemmeringen in autonome ontwikkeling	40
3.2.1 Emissies	40
3.2.2 Dier- en volksgezondheid	48
4 Slotbeschouwing	54
Bijlage	60
Samenvatting SCAR-rapport, Science, Technology and Innovation Drivers (Cuhls, dec 2006).	

Voorwoord

Agrarische productie is een belangrijk onderwerp in (inter)nationaal beleid. Enerzijds worden er eisen gesteld aan de wijze van produceren om afwenteling op volgende generaties te voorkomen, anderzijds ligt er een opgave de groeiende wereldbevolking van voldoende, gezonde en veilige voeding te voorzien. In de 21-ste eeuw zal met structureel minder input meer voedsel geproduceerd moeten worden zonder de komende generaties met nu te voorziene problemen op te zadelen.

Om daarin beleid te kunnen maken, is kennis van de bandbreedte in agrarische ontwikkelingen essentieel. Deels worden die ontwikkelingen bepaald door politiek/economische ontwikkelingen (mate van vrijhandel, al dan niet steunen van bepaalde vormen van agrarische productie), deels door wat nieuwe technologie mogelijk maakt.

Daarom werd als pendant van de studie *Perspectieven voor de agrarische sector in Nederland - 2020* (LEI, 2009, Silvis et al) waarin de invloed van een aantal politiek/economische trends op de ontwikkeling van de landbouw in Nederland wordt beschreven, een studie uitgevoerd naar de ontwikkelingen in technologie, die toegepast zouden kunnen worden in de agrarische sector. Met input van een breed scala aan mensen en schriftelijke informatie werd onderzocht in welke mate de trends vanwege politiek/economische maatregelen door inzet van technologie gewijzigd zouden kunnen worden.

Het onderzoek werd uitgevoerd binnen het kader van het LNV-programma *Beleidsondersteunend Onderzoek Perspectiefvolle Agroketens*, BO-03-003, thema *Macrotrends*.

Samenvatting en conclusies

Technologie biedt enerzijds kansen voor nieuwe ontwikkelingen in de agrarische sector, anderzijds kan technologie bijdragen aan het voorkomen (verminderen) van negatieve of schadelijke effecten van agrarische productie.

Voor beleid (stimulerend, regulerend) is het tijdig herkennen van ontwikkelingen, die een trendbreuk kunnen veroorzaken, van groot belang. In deze rapportage worden de huidige technologische ontwikkelingen en verwachtingen met betrekking tot hun invloed op de agro-sector beschreven.

Wereldwijd zijn er drie hoofdstromen in technologie te onderkennen, die voortgang boeken door nieuwsgierigheid gedreven en door toepassingsgericht onderzoek. Dat zijn de genomica, de nano- en microtechnologie en de ICT. Voor alle drie sectoren zijn er grote nationale en internationale onderzoekprogramma's met toepassingen op velerlei gebied. De ontwikkelingen voor de agrarische sector zijn daar een klein onderdeel van. Elk van die technologieën, en hun samenspel des te meer, is wel essentieel voor de ontwikkelingen in de agrarische sector.

We beschrijven zowel de technologische hoofdstromen als een aantal specifieke toepassingsrichtingen in de agrarische sector.

Technologische hoofdstromen

De *genomica*, of beter, het geheel van '*omics*' heeft een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Bij verschillende partijen bestaat nog het misverstand dat genomics het 'sleutelen' aan plant en dier is. Het gaat echter veel meer om de technologische kennis over genactiviteit: wanneer worden genen actief met welke expressie en hoe is daarin te sturen. Deze kennis kan toegepast worden in de teelt- cq houderijfase bij planten en dieren, maar de veredeling cq fokkerij kan ook veel efficiënter verlopen.

Inzet van genomics biedt de mogelijkheid voor toepassingen precies op maat: afhankelijk van de markt vraag. Dit leidt tot perspectief dat inspeelt op maatschappelijke vragen zoals de kwaliteit van producten, wegnemen van negatieve bijeffecten van productie of voedselproductie onder specifieke omstandigheden zoals droogte of verzilting. Concrete voorbeelden zijn de vraag naar onverzadigde vetzuren in dierlijke producten, type zetmeel in aardappels, resistentie tegen bepaalde ziekten en plagen bij plant of dier of het vaststellen van het rijpingsstadium van fruit.

Genetische modificatie, dat wil zeggen het overerfbaar inbrengen van nieuwe genen of het uitschakelen van endogene genen, kent al vele praktijktoepassingen bij micro-organismen en planten. Praktijktoepassingen bij vissen zijn (internationaal) op korte termijn te verwachten. Maatschappelijke acceptatie (ethiek en veiligheid) is een belangrijke factor voor toepassingen van genetische modificatie, zeker bij toepassingen in dieren.

Microsysteem- en nanotechnologie is in feite het werken met materie met een omvang tussen 0,1 en 100 nanometer, vaak op het niveau van individuele atomen. Vanaf begin 2000 richt het onderzoek zich naast fysische toepassingen ook meer op biologische toepassingen. Bij de start van de nanotechnologie was sprake van een 'beloftehype': 'nanobots' zouden tot 'alles' in staat zijn. Inmiddels heeft nanotechnologie zich ontwikkeld tot een ingeburgerd onderzoeksterrein. Alleen al in Nederland werkten van 2002 tot 2005 in het programma NanoNed ruim 50 organisaties samen met een budget van 235 M€. Het onderzoek kent zeker ook toepassing in de landbouw en voedselproductie. Diverse nationale overheden en grote voedingsconcerns investeren sterk in toepassingen van nanotechnologie. Praktische toepassingen variëren van nieuwe verwerking- en productiesystemen tot 'afleversystemen' die additieven effectief op de juiste plaats in het lichaam (in cellen) laat komen, of op het terrein van verpakking en logistiek (bederfwerende, signalerende verpakkingen, zelf reparerende folies) en intelligente sensoren voor vele stoffen.

De grote variatie aan toepassingen betekent mogelijk meer nog dan bij de genomica grote imago risico's, waarbij maatschappelijke discussies zullen optreden over de veiligheid en over ethische aspecten van de toepassingen.

ICT is zelf een technologische ontwikkeling, die nodig is om andere technologische ontwikkelingen perspectiefvol te laten zijn. Indirect kan de agrarische sector meeprofiten van het Nederlandse en internationale onderzoek en de ontwikkelingsinitiatieven. Toepassen van ICT-ontwikkelingen is randvoorwaarde voor het benutten van genomics (reken- en dataopslagcapaciteit), robotisering en precisielandbouw (sensoren, communicatie en beslismodellen) en logistieke mogelijkheden (zowel in de keten als van producent tot consument).

Technologie die direct toepassingsgericht is

Bio-based economy richt zich enerzijds op het gebruik van groene grondstoffen voor non-food toepassingen zoals plastics, constructiematerialen, lijmen, verfstoffen, medicijnen. Anderzijds richten innovaties zich op het produceren van biobrandstoffen, waar inmiddels gewerkt wordt aan de derde generatie biobrandstoffen.

Een potentieel nieuw 'productiegewas' is algen (zowel zoet als zout water, in open bassins en bioreactoren (grondloos)) met toepassingen gericht op

voedingssupplementen, vis- en veevoer, fijnchemie, mogelijk energie en als hulpmiddel bij reiniging van afvalwater en/of benutting van mest.

De ontwikkelingen kunnen een grote invloed hebben op de Nederlandse petrochemische industrie, de industrie die agrarische producten verwerkt (zetmeel, suiker) en handel en logistiek in biomassa (verschuivingen van aardolie naar biomassa). Toch zijn geen grote veranderingen te verwachten wat betreft grondgebruik in Nederland vanwege technologische ontwikkelingen op het gebied van biomassa. De algen zullen niet de plaats innemen van andere gewassen; de bio-based economy kan wel verschuiving tussen gewassen opleveren. Het rendement van mest, bos, 'natuur' etc. kan overigens sterk verhoogd worden (dan wel afzetkosten verlaagd) door het materiaal voor energiewinning te gebruiken.

De technologie om het gebruik en de afhankelijkheid van fossiele energie in alle sectoren te verminderen krijgt toepassing. Voorbeelden zijn kas als energiebron, stallen met foto-voltaïsche cellen, warmte en koude opslag en de benutting ervan. Een nationale onderzoeksagenda duurzame energie en het Advies van de Commissie Onderzoek Duurzame Energie (januari 2008) geven perspectieven weer.

De *Robotisering* leidt naar verwachting wereldwijd tot een trendbreuk. De trend in ontwikkeling van robots in combinatie van interconnectiviteit (informatie uitwisseling tussen mensen, sensoren, computers, automaten etc) zal versneld doorzetten. Dit biedt kansen op breed maatschappelijk terrein met uitstraling naar de landbouw. De toepassing van robotica als alternatief voor het arbeidsprobleem lijkt meer gericht op de lange termijn zoals de glastuinbouw nu laat zien. Schaarste in arbeid, momenteel voor de agrarische sector aan de orde, kan de toepassing van robotisering wel op korte termijn versnellen. De mate waarin de robotisering in de dierlijke sectoren toepassing krijgt zal afhangen van de maatschappelijke acceptatie en de mate waarin de sectoren erin slagen de intrinsieke waarde van het dier te waarborgen.

De *precisielandbouw* levert nieuwe mogelijkheden om in plaats van generiek specifiek te werken aan toepassingen. Het gaat dan om de trits sensoren, intelligente netwerken en robots. Herkenbare voorbeelden op dit moment zijn op het gebied van de gewasbescherming waar middelen alleen daar aangewend worden waar ze nodig zijn, of toepassing bij grondbewerking of meststoffentoediening. Precisielandbouw wordt daarmee maatwerkproductie van specifieke toepassingen voor specifieke producten voor specifieke afnemers.

Het perspectief van *diversificatie en maatwerkproductie* is een combinatie van technologische ontwikkelingen zoals genomics, sensor- en identificatietechnologie en ICT. Voorwaarde voor succes van maatwerkproductie is coördinatie gericht op mogelijk maken van toepassingen. Dit vraagt met name aandacht voor bestaande instituties met daaraan gekoppelde belangen die de innovaties vertragen of zelfs belemmeren.

Een veilige omgeving waarbinnen pionierende ondernemers kunnen handelen is een oplossingsrichting. Voorts vraagt het beleidsmatige aandacht gericht op beleid dat het toezicht op de veiligheid voor de consument regelt en garanties biedt voor de product specificaties.

De *Aquacultuur* biedt kansen om te voldoen aan de toenemende mondiale vraag naar vis en de aanpak van het probleem van overbevissing. Nederland vervult met kennis op het gebied van aquacultuur in gesloten systemen (recirculatie) een voorlopers positie. Dergelijke gesloten systemen bieden kansen voor milieu, gezondheid en welzijn. Het vermogen technologie te benutten voor daadwerkelijk duurzame productie is sturend voor de toekomst van de aquacultuur. Voor werkelijk perspectief van enige omvang vraagt dit wel doorontwikkeling gericht op welzijn, milieu en voedselveiligheid. Daarbij is de productie van visvoer een belangrijke factor. Immers, kweekvis gevoed met vismeel uit wildvang en/of met eiwitgewassen die concurreren met humane voeding is geen duurzame werkwijze. Integrale systemen van algen en wormen en/of de teelt van vegetarische vissen kunnen hierin een rol spelen. Nederland heeft bij de productie van visvoer een omvang van betekenis op mondiaal niveau. Voor beleid vraagt het borgen van maatschappelijk geaccepteerde houderijsystemen (gezondheid en welzijn, duurzame benutting van energie en voedergrondstoffen) en de beeldvorming bij de consument aandacht.

Onderzoek naar technologische mogelijkheden van *kunstvlees* en *vleesvervangers* gaat door, maar leidt naar verwachting nog niet tot een trendbreuk op termijn van 15 - 20 jaar. Knelpunten waaraan gewerkt wordt, zijn de kosten van het voedingsmedium, het kiemvrij houden van het gehele proces en het groeien van de cellen in een vaste matrix om de specifieke vleesstructuur te verkrijgen.

Hoewel in andere culturen de consumptie van insecten substantieel is, vindt de productie en consumptie van wormen en insecten als vleesvervanger in westerse landen en Nederland uitsluitend in het alternatieve circuit plaats.

Hoewel wereldwijd gemiddeld de vleesconsumptie per capita toeneemt, ontwikkelt zich in de westerse wereld een trend naar vermindering van vleesconsumptie. Het aandeel vleesvervangers in de totale eiwitconsumptie zal toenemen.

De *logistiek* en *ketenefficiency* is van toenemend belang bij technologische ontwikkelingen vanuit genomica, biotechnologie, sensor- en identificatietechnologie en ICT om de daaruit voortkomende perspectieven van diversificatie en maatwerkproductie succesvol te laten zijn.

Door nieuwe technologie kan en zal wereldwijd worden ingekocht en uitgeleverd. Dit leidt tot een sterke beweging van de internationale versnetwerken. Voorts komt nieuwe verpakking- en transporttechnologie beschikbaar voor agrofood producten met bijvoorbeeld vervanging van luchttransport door zeetransport en vervanging van voorraden en overslag door 'exact in time and on place' leveranties.

Bestaande instituties die nu veelal vanuit de bulkgedachte de infrastructuur in de voedselketen hebben ingevuld, werken belemmerend om te komen tot doorbraken. Immers productdiversificatie vraagt een nieuwe infrastructuur die ruimte biedt aan het ontstaan van vele veelal minder omvangrijke ketens in plaats van enkele grote ketens.

Voor beleid liggen de raakvlakken bij dossiers zoals vermindering van de CO₂ productie, Greenports, duurzaamheid/fair-trade.

Technologieën die belemmeringen kunnen wegnemen

Emissies

De Nederlandse landbouw is een bron van (ongewenste) emissies naar bodem, water en lucht via vermisting, bestrijdingsmiddelen, stof, broeikasgassen en ammoniak. Vermesten en emissie van bestrijdingsmiddelen kunnen in belangrijke mate voorkomen worden door de principes van precisielandbouw toe te passen. Lastiger is het met broeikasgassen en ammoniak in met name de rundveehouderij en stof in de pluimveehouderij.

Precisielandbouw levert de technologie om de emissies te reduceren. Daarnaast zijn in de veehouderij end-of-pipe-line oplossingen nodig om emissie van stof, geur en ammoniak te voorkomen/reduceren. De technologieën ontwikkelingen zich snel, maar gaan vooralsnog gepaard met verhoging van het energiegebruik. Met inzet van ideeën uit de energieproducerende kas moet het echter mogelijk zijn ook het energiegebruik in de veehouderij ver terug te brengen.

Dier- en volksgezondheid

Op het gebied van diergezondheid (en daaraan gerelateerde volksgezondheid) blijven de uitdagingen groot ondanks en in sommige gevallen juist dankzij, ca. 200 jaar diergeneeskundig onderzoek. Enerzijds zijn juist de moeilijk oplosbare problemen overgebleven, anderzijds zijn er nieuwe problemen bijgekomen, deels door eerdere innovaties in de dierziektebestrijding. Als problemen op het vlak van diergezondheid - en daaraan gerelateerde volksgezondheid - niet adequaat aangepakt (kunnen) worden, heeft dat gevolgen voor de positie van veehouderij in Nederland.

Een groot scala aan technologieën (-omics, nanotechnologie, sensoren en ICT) bieden kansen structurele verbeteringen te brengen in diagnostiek en bestrijding van dierziekten en de ontwikkeling van meer robuuste dieren. De grote uitdaging is gelegen in het combineren en integreren van zoötechnische en diergeneeskundige kennis in een duurzame veehouderij. Duurzame dierziektebestrijding is nauwelijks verkend en gedefinieerd, maar is wel noodzakelijk voor een samenleving waarbij burgers in contact kunnen zijn met het platteland in het algemeen en voedselproductie in het bijzonder.

Overall

Er zijn op veel fronten technologische ontwikkelingen die grote consequenties kunnen hebben. De kans dat technologieën een trendbreuk veroorzaken, zijn het grootst als beleid en technologie elkaar versterken. In de meeste gevallen is positief beleid noodzakelijk om een technologie inderdaad door te laten breken. Een 'internet of things', de mogelijkheid om letterlijk individueel aan global sourcing te doen, lijkt zich echter onafhankelijk van beleid te ontwikkelen. Dit en alle tussenvormen tussen de huidige door retail gedomineerde voedselmarkt en de volledig individuele sourcing hebben hun invloed op transparantie, tracking en tracing en garanties voor kwaliteit en veiligheid van voedsel.

Overigens lijkt het erop dat de technologische ontwikkelingen en de maatschappelijke vragen elkaar in een delicaat evenwicht houden: des te groter een probleem of kans gepercipieerd wordt, des te meer mag een oplossing kosten, des te groter is de kans dat inderdaad ontwikkeld en geïmplementeerd gaat worden, zo nodig via aanpassingen in regelgeving. Toepassing van technologie in de agrarische sector is niet altijd een rationele afweging, maar is zeker ook afhankelijk van emotie en maatschappelijke perceptie. Denk daarbij bijvoorbeeld aan de, weliswaar zoekende, omslag in acceptatie van genetische modificatie bij planten onder invloed van de voedselcrisis voorjaar en zomer 2008.

Hoewel technologie zich snel ontwikkelt, zijn die ontwikkelingen transparant als de ontwikkelaar er voldoende aandacht voor heeft. Dat geldt ook voor beleid: bij voldoende aandacht en reflexiviteit, is er tijd op de ontwikkelingen in te spelen. Het beleid heeft dan ook een rol bij bewustwording over de voor- en nadelen van technologische ontwikkelingen in de maatschappij.

Het echt doorzetten van een nieuwe technologie kost veelal in ieder geval een 10-tal jaren. Genetisch gemodificeerde planten waren al zo'n 20 geleden beschikbaar; pas na 2000 nam de teelt van zulke gewassen met forse sprongen toe. De ligbox voor melkvee heeft er ook zo'n 15 jaar over gedaan om grootschalig in de praktijk door te breken; hetzelfde geldt voor de melkrobot.

Daarom zijn de komende tijd geen radicale trendbreuken wat betreft agrarische productie in Nederland te verwachten, wel geleidelijke accentverschuivingen. Verschillende gremia zien kansen voor Nederland om meer experimenteer- en ontwikkelland dan productieland te zijn, ook vanwege de hier zeer ruimschoots aanwezige toeleverende industrie. Of en hoe dit in te vullen is dan een belangrijke beleidsvraag.

Summary

Technology offers opportunities for new developments in the agrarian sector and at the same time can contribute to preventing or decreasing negative or harmful effects of agrarian production.

Technological explorations for the agri-sector

For policy (stimulating, regulating) it is extremely important to recognise in time developments that may cause a trend breach. In this report the current technological developments and expectations as to their effect on the agri-sector are described.

Worldwide there are three mainstreams in technology that are progressing out of curiosity and by dedicated research. These are genomics, the nano and micro technology and ICT. For all three sectors there are large national and international research programmes with applications in many fields. The developments for the agri-sector make up a small part. Each of these technologies, and all the more because of their combined actions, is essential for developments in the agrarian sector. We describe the technological mainstreams as well as a number of specific application directions in the agrarian sector.

Technological mainstreams

Genomics, or rather the entirety of ‘-omics’, has developed enormously. Different parties still misunderstand genomics by stating that genomics is ‘fiddling’ with plants and animals. However, it is more to do with the technological knowledge about gene activity: when do genes become active with which expression and how can it be directed. This knowledge can be applied to management and nutrition in plants and animals, but traditional selection of improved generations can also be more efficient by using genomics.

Using genomics offers the possibility for tailor-made applications: dependent on market demand. This leads to a perspective that responds to social questions such as the quality of the products, removing negative side effects of production or food production under specific conditions such as drought and salinisation. Concrete examples are the demand for unsaturated fatty acids in animal products, type of

starch in potatoes, resistance to particular diseases and plagues in plants or animals or defining the ripening stage of fruit. Genetic modification, that is to say hereditarily introducing new genes or eliminating endogenous genes, has already been applied often in micro-organisms and plants. Practical applications in fish can (internationally) be expected in the short term. Social acceptance (ethics and safety) is an important factor for applying genetic modification, particularly in animals.

Micro system and nanotechnology is actually working with material sized between 0.1 and 100 nanometre, often at the level of individual atoms. From early 2000 research has aimed at biological applications, besides physical applications. At the start of the nanotechnology, there was a 'promises hype': 'nanobots' would be able to do 'anything'. Meanwhile, nanotechnology has developed to an established research field. From 2002-2005 over 50 organisations worked together within the programme NanoNed at a budget of € 235 million in the Netherlands only. The research has certainly also been applied in agriculture and food production. Various national governments and large food concerns invest heavily in applications of nanotechnology. Practical applications vary from new processing and production systems to 'delivering systems' that effectively have additives take the right positions in the body (in cells), or in the field of packaging and logistics (preservative, signalling packaging, self-repairing foils) and intelligent sensors for many substances.

The large variation in applications may involve image risks, even more than with genomics, social debates about safety and ethical aspects of the applications may occur.

ICT itself is a technological development, which is necessary to give other technological developments more prospects. The agrarian sector can indirectly profit too from Dutch and international research and the developmental initiatives. Applying ICT-developments is a precondition for utilising genomics (computing and data storage capacity), robotisation and precision farming (sensors, communication and decision models) and logistic possibilities (in the chain as well as from producer to consumer).

Technology that can directly be applied

On the one hand the *bio-based economy* aims at using green raw materials for non-food application such as plastics, adhesives, paint, medicines. On the other hand, innovations aim at producing bio fuels; currently research aims at the third generation of bio fuels already.

A potential new 'production crop' is algae, fresh as well as salt water, in open basins and bioreactors (landless) with applications in food supplements, fish and

animal feed, production of bio specialities, possibly energy and as a means for cleaning wastewater and/or utilisation of manure.

The developments can have a great effect on the Dutch petrochemical industry, the industry that processes agricultural products (starch, sugar) and trade and logistics in biomass (shift from petroleum to biomass). Yet no large effects due to technological developments in biomass production can be expected for land use in the Netherlands. The algae will not take the place of other crops; the bio-based economy can, however, result in a change among crops. The efficiency of biomass from manure, wood, 'nature' et cetera can strongly be increased (or sales costs can be decreased) by using the material for obtaining energy.

The technology to decrease the use of and the dependence on fossil energy is in all sectors applied. Examples are: the greenhouse as an energy source, barn roofs with photovoltaic cells, storage of heat and cold and their utilisation. A national research agenda on sustainable energy and the Advice of the Commission Research on Sustainable Energy (January 2008) represent the possibilities.

It is expected that *robotisation* leads to a trend breach worldwide. The trend in development of robots in combination with interconnectivity (information exchange between people, sensors, computers, automatic machines et cetera) will progress rapidly. This offers opportunities in a broad social field, which extends to agriculture. The application of robotics to solve the labour problem seems to aim at the long term, as can be seen in greenhouse farming. Labour scarcity, which is apparent now in the agrarian sector, can speed up robotisation in the short term. The extent to which robotisation is applied in animal sectors will depend on the social acceptance and the extent to which the sectors are able to guarantee the intrinsic value of the animal.

Precision farming offers new opportunities for working on applications specifically rather than generically. Here it concerns the triplet sensors, intelligent networks and robots. Recognisable examples at the moment are in the area of crop protection where products are only used there where necessary or applications in tillage or fertilisation. In this way precision farming is becoming made-to-measure production of specific applications for specific products for specific buyers.

The perspective of *diversification and made-to-measure production* is a combination of technological developments such as genomics, sensor and identification technology and ICT. Coordination is necessary for being successful. This particularly requires attention for existing institutions with their concomitant interests that slow down innovations or even impede them. Safe surroundings within which pioneering entrepreneurs can realise this type of production is a solution to aim at. Furthermore, it is necessary to have a policy that pays attention to safety for the consumer and guarantees for the product specifications.

Aquaculture offers opportunities for fulfilling the increasing worldwide demand for fish and the approach to the problem of overfishing. The Netherlands has a prominent position as to

the knowledge about aquaculture in closed systems (recirculation). Such closed systems offer opportunities for the environment, health and welfare. The capacity to utilise technology for actual sustainable production is guiding for the future of the aquaculture. For any sizable perspective this requires further development aimed at welfare, environment and food safety. The production of fish feed is an important factor in this. After all, feeding farmed fish with fish meal from wild catch and/or protein crops that compete with human food is not sustainable. Integral systems of algae and worms and/or producing vegetarian fish can play a role in this. The Netherlands is leading in the world as to the size of fish feed production. For policy, attention should be paid to guaranteeing socially accepted husbandry systems (health and welfare, sustainable use of energy and raw materials for feed) and to establishing a certain image for the consumer.

Research into technological possibilities of *textured vegetable proteins and meat substitutions* continues, but it is not expected that this leads to a trend breach within a term of 15-20 years. Bottlenecks that are dealt with are the costs of the food medium, keeping germfree the entire process and growth of cells in a fixed matrix to acquire the specific meat structure. Although in other cultures the consumption of insects is substantial, the production and consumption of worms and insects as meat substitutions in western countries and the Netherlands only take place in the alternative circuit.

Although the average meat consumption per capita increases worldwide, the western world sees a trend downwards. The share of meat substitutions in the total of protein consumption will increase.

Logistics and chain efficiency is increasingly important in technological developments from genomics, biotechnology, sensor and identification technology and ICT in order to successfully realise the resulting perspectives of diversification and made-to-measure production.

By new technology, purchases and deliverance can and will occur worldwide. This will lead to a strong movement of international networks for fresh products. Moreover, new package and transport technology become available for agrifood products with for example replacing air transport by sea transport and replacing stocks and transshipment by 'exactly in time and on place' deliverances.

Existing institutions that have filled the infrastructure in the food chain with a 'bulk' mindset are obstructing in trying to realise breakthroughs. After all, product diversification requires a new infrastructure that offers room to often less sizable chains instead of some large chains.

For policy the overlap is in files such as decreasing CO₂ production, Greenports, sustainability/fair trade.

Technologies that can take away impediments

Dutch agriculture is a source of (undesired) *emissions* to soil, water and air through eutrophication, pesticides, dust, greenhouse gases and ammonia. Eutrophication and emission of pesticides can be prevented to a large extent by applying the principles of precision farming. It is more difficult with greenhouse gases and ammonia in particularly the livestock industry and with dust in the poultry industry. Precision farming offers the technology to reduce emissions. Moreover, in the livestock industry end-of-pipeline solutions will be required to prevent/reduce emissions of dust, odour and ammonia. The technologies develop rapidly, but are as yet accompanied by increased energy consumption. By using ideas from the energy-producing greenhouse it should be possible, however, to further reduce energy consumption in the livestock industry.

Concerning *animal health* (and related to that *human health*) the challenges remain formidable, despite, and in some cases thanks to, approximately 200 years of veterinary research. On the one hand, the problems that are difficult to solve remain, on the other hand new problems arise, partly due to earlier innovations in the animal disease control. If problems concerning animal health – and human health related to that – are not, or cannot be, adequately dealt with, this will have consequences for the position of the livestock industry in the Netherlands.

A whole range of technologies (-omics, nanotechnology, sensors and ICT) offer opportunities to structurally improve diagnostics and animal disease control and developing more robust animals. The great challenge is combining and integrating zootechnical and veterinary knowledge in a sustainable livestock industry. Sustainable animal disease control has hardly been explored and defined, but is necessary for a society where people can be in contact with the countryside in general and with food production in particular.

Overall

There are many technological developments in many areas that can have significant consequences. The chance that technologies cause a trend breach is the highest when policy and technology reinforce each other. In most cases a positive policy is necessary to have a technology make a breakthrough. An ‘internet of things’, the possibility of applying global sourcing individually, seems to develop itself independently of policy. This and all intermediate forms between the current food market, dominated by retail, and completely individual sourcing have their effect on transparency, tracking and tracing and guarantees for quality and safety of food.

Apart from that it seems that technological developments and social demands are in a delicate balance: the greater the perception of a problem or chance, the more a

solution may cost, the greater the chance that development and implementation will take place, if necessary via adaptations in legislation. Application of technology in the agrarian sector is not always a rational consideration, but is certainly dependent on emotional feelings and social perception. Take for example the change in acceptance of genetic modification in plants under the influence of the food crisis in the spring and summer of 2008.

Although technology is developing rapidly, those developments can be transparent if the developer pays sufficient attention to it. This also holds for policy: with sufficient attention and reflexivity, there is time to respond to the developments. So, policy plays a part in the awareness of the advantages and disadvantages of technological developments in the society.

Enforcing a new technology mostly takes at least 10 years. Genetically modified plants were already available 20 years ago; only after 2000 did the production of such crops increase considerably. The cubicle house for dairy cattle also took 15 years to be implemented on a large scale; the same holds for the milk robot. That is why no radical trend breaches as to agricultural production are to be expected in the Netherlands the coming years; however, gradual changes will be seen. Different bodies see opportunities for the Netherlands to be an experimenter and developer country rather than a production country, also because of the amply-present supplying industry. Whether and how this can be accomplished is an important policy issue for that matter.

Inleiding

1



LNV laat voor haar toekomstig beleid verkenningen uitvoeren naar ontwikkelingen in de agrarische sector in de komende 10-20 jaar, in afhankelijkheid van enkele politiek-maatschappelijke scenario's. De scenario's onderscheiden zich naar mate van globalisatie/vrije wereldhandel en naar mate van overheidsbemoeienis en gaan uit van trendmatige ontwikkelingen uit het verleden. De modellen houden geen rekening met de veranderingen, die kunnen ontstaan door toepassing van nieuwe technologieën. Dat kan gaan om totaal nieuwe producten en/of productieprocessen. Daarnaast is het denkbaar, dat technologie nodig is om schadelijke effecten van de huidige agrarische productie te voorkomen en daarmee noodzakelijke vermindering in bepaalde productiewijzen te reduceren.

Dit rapport geeft een beschouwing van technologische ontwikkelingen die in de agrarische sector een min of meer radicale verandering zouden kunnen veroorzaken (of voorkomen). Overigens leert innovatietheorie dat in het algemeen niet de technologie, maar eerder de maatschappelijk-institutionele omgeving bepalend is voor veranderingen. Uitzonderingen op die regel zijn er ook: bv de opmars van ICT/internet/mobiele communicatie.

Technologische ontwikkelingen, die veranderingen kunnen veroorzaken, zijn meestal interdisciplinair van karakter. Ze bevinden zich op het raakvlak van oorspronkelijke (wetenschappelijke) disciplines en zijn of worden op korte termijn een nieuwe discipline. Moleculaire biologie, ICT (informatie en communicatie technologie), alle 'omics' en nanotechnologie zijn voorbeelden hiervan.

Voor de beschouwingen kunnen twee ingangen gekozen worden: die van de disciplines/technologie, of die van de toepassing. Aangezien uiteindelijk de toepassing voor de verandering in de agrarische sector zorgt, hebben we primair de ingang van toepassing gekozen. Daar waar de technologie een veelheid aan toepassingen zou kunnen hebben, wordt het wezen van de technologie separaat besproken.

De inzet van technologie om negatieve aspecten van de huidige landbouwpraktijk te voorkomen, staat zeker niet los van de inzet van technologie voor nieuwe producten of productieprocessen. Dergelijke inzet, om de 'licence to produce' te behouden, is een sterke drijvende kracht en een bepalende factor voor doorzetten van trends qua productievolume, zoals ze in de modellen opgenomen zijn. Daarom is onderscheid gemaakt tussen technologie voor nieuwe producten en technologie die schadelijke

consequenties kan voorkomen. Nieuwe productiewijzen kunnen zowel bij nieuwe producten als bij voorkomen van schadelijke consequenties aan de orde komen.

Daar waar mogelijk wordt aangegeven waar raakvlakken liggen met huidige regelgeving, waar huidige regelgeving belemmerend zou kunnen zijn voor succesvolle toepassing van de technologie, of waar toepassing van de technologie nieuw beleid en regelgeving wenselijk maakt.

Lastig voor de afbakening is, dat toepassing van nieuwe technologie niet alleen vanuit de agrarische sector zelf komt, maar ook dat ontwikkelingen vanuit andere sectoren bijzonder goed in de agrarische sector passen. De vraag is dan waar de agrarische sector (cq het beleid van LNV) ophoudt/begint. De bio-based economy is daar een goed voorbeeld van: enerzijds gedreven vanuit de chemische industrie, die behoefte heeft aan alternatieven voor hun huidige (veelal fossiele) grondstoffen, maar ook vanuit de agrarische sector, die mogelijkheden ziet voor nieuwe afzetkanalen en dwars daarop vanuit milieudoelstellingen om uitstoot van broeikasgassen en de afvalproblematiek te beperken.

Technologie werkt trendmatig o.a. via toename productiviteit/ha of dier en productiviteit per eenheid arbeid. Hoewel het potentieel voor genetische vooruitgang niet afneemt, zijn er wel aanwijzingen voor een feitelijke afname in de stijging van productie. Reden hiervoor is dat ondernemers meer en meer kiezen voor optimale productie (minimale kosten) (Yields of farmed species, Wiseman and Sylvester Bradley, eds. 2005). Dit resulteert in afname van de productiviteitstijging en een relatief grotere afname van de productiekosten (Scenar2020). Sommige vormen van agrarische productie staan meer en meer ter discussie vanwege mogelijk negatieve consequenties voor milieu, sociale samenhang en/of volksgezondheid. Dat geldt zeker voor intensieve dierlijke productie (prominent in Nederland), maar ook voor intensieve, grootschalige, monocultuur bij plantaardige productie vanwege gebruik van energie en bestrijdingsmiddelen. Technologie kan een oplossing bieden voor die negatieve consequenties.

Als leidraad voor interessante technologieën hebben we het overzicht Science, Technology and Innovation Drivers, Short report to the SCAR Expert Working Group/EU Commission van Kerstin Cuhls (december 2006) gebruikt (zie bijlage voor een samenvatting).

Deze beschouwing gaat uit van twee hoofddelingen. Als eerste hoofddeling staan grote ontwikkelingen in technologieën, zoals micro- en nanotechnologie, genomics (incl. proteomics en metabolomics) en ICT, en hun mogelijke toepassingen beschreven. Voor deze gebieden bestaan nationale en internationale onderzoeksprogramma's, met veelal behoorlijk ruimte voor fundamenteel en nieuwsgierigheid gedreven onderzoek. Toepassingen op het gebied van de landbouw zijn vaak onderdeel van zulke programma's.

Als tweede hoofdingdeling hebben we de betekenis van technologiesprongen (toepassingsgebieden) gekozen. Toepassingsgebieden zijn enerzijds gericht op nieuwe producten of productiewijzen en met name hun betekenis voor de agrarische sector. Aan de orde komen energie, biomassa en biobased economy, robotisering en arbeid, precisielandbouw en maatwerkproductie, aquacultuur, vleesvervangers, logistiek en ketenefficiency. Toepassingen zijn anderzijds gericht op factoren die de ontwikkelingen in de landbouw zouden kunnen belemmeren, omdat ze (te) veel consequenties hebben voor volksgezondheid en/of milieu (met name dierziekten en emissies uit agrarische productie). De focus ligt daar op de kansen die technologie biedt om die negatieve consequenties in te perken.

Bij elk van de onderdelen is aangegeven of specifieke aandacht vanuit beleid wenselijk is. Deze rapportage is opgesteld vanuit een mix van literatuuronderzoek (artikelen en websites), reflectie hierop door collega onderzoekers, interviews, gesprekken met groepen onderzoekers (AIO's) en het uitzetten van deelstudies bij experts voor die gebieden die niet goed met het overige materiaal waren in te vullen. De 'opbrengsten' zijn getoetst door de LNV stuurgroep Perspectieven Agrarische Sector 2020. Bij elk van de paragrafen zijn de bronnen van informatie vermeld.

Juist op het gebied van technologie zijn er veel beschrijvingen van (visies op) de kansen die er zijn bij voldoende investering in onderzoek en ontwikkeling, juist ook omdat de financiering van dergelijk onderzoek veelal een combinatie is van publieke en private financiering. Dit geldt zeker voor genomics, nanotechnologie en ICT. Ook op het gebied van energieopwekking en -besparing zijn er grote nationale onderzoekprogramma's. Bij de opstelling van dergelijke grote programma's zijn de deskundigen op dat terrein vaak trekker en minimaal nauw betrokken. We hebben ons voor deze rapportage daarom vooral gebaseerd op die programma's en onderliggende documenten en niet op het nogmaals vragen van deskundigen hun visie op schrift te zetten.

Bronnen

Cuhls, K. (2006) Science, Technology and Innovation Drivers; short report to the EU-SCAR Expert Working Group

FAO (2006). Livestocks Long Shadow

Pew Foundations (2008). Putting meat on the table: Industrial Farm Animal Production in America.

Wiseman, J. and Sylvester Bradley, R., eds. (2005) Yields of farmed species; constraints and opportunities in the 21th century. University of Nottingham.

Wetenschappelijke ontwikkelingen met toepassingen in de agrarische sector



2

Wereldwijd zijn in de wetenschappelijke ontwikkelingen drie hoofdstromen te onderscheiden:

- ICT; kent de breedste toepassingen en heeft niet direct met leven, biologie te maken, maar is essentieel voor toepassingen van diverse andere technologieën in de agrarische sector;
- Nano- en microtechnologie; gaat vooral over fysische en chemische toepassingen, zowel bij dode als levende materie, maar is ook essentieel voor bv de ontwikkeling van sensoren die wel een duidelijke rol in de agrarische sector hebben;
- Genomics, dat per definitie te maken heeft met 'leven'.

De ontwikkelingen in de drie hoofdstromen en hun specifieke toepassingen in de landbouw worden in dit hoofdstuk beschreven. De drie technologiestromen zijn in hun toepassing niet onafhankelijk van elkaar. Bijvoorbeeld: een aantal toepassingen van genomics zijn afhankelijk van een grote en snelle reken- en dataopslagcapaciteit (ICT). Sensoren, ontwikkeld met nano- of microtechnologie, komen pas tot hun recht als ze draadloos kunnen communiceren (ICT)

2.1 ICT

Ferry Leenstra en Geert van der Peet, ASG, Wageningen UR

Huidige situatie

De Nederlandse onderzoek- en ontwikkelingsinitiatieven op het gebied van ICT zijn gebundeld in NIRICT, een samenwerkingsverband van de technische universiteiten in samenwerking met TNO en een aantal private partijen.

NIRICT heeft 6 programma's: breedband communicatie systemen, computer netwerken, 'intelligente omgevingen' (met name sensortechnologie en communicatie tussen sensoren), veiligheid, multimedia en interactie en ontwerp van informatiesystemen.

De agrarische sector heeft geen specifieke plaats in de toepassingsgebieden, maar toepassingen in de gezondheidszorg, veiligheid, mobiliteit en logistiek kunnen en zullen goed benut worden. Het is te verwachten dat de 'hausse' in toepassingen van ICT in de agrosector nog op gang moet komen.

Met name ontwikkelingen met betrekking tot reken- en opslagcapaciteit, communicatie binnen en tussen computersystemen en sensoren, etc. zijn randvoorwaardelijk voor toepassingen van –omics, sensortechnologie/precisielandbouw en logistiek, waaronder internetdistributiesystemen zijn belangrijk.

Beleid

Toepassing van ICT brengt specifieke vragen op het gebied van privacy met zich mee. Dergelijke vraagstukken zijn algemeen en niet specifiek voor de agrarische sector.

Bronnen

<http://nirict.3tu.nl/about/>

2.2 **Microsystemen en Nanotechnologie**

Ferry Leenstra en Geert van der Peet, ASG, Wageningen UR

Microsysteem- en Nanotechnologie is een verzamelnaam voor allerlei technieken en systemen die qua afmetingen passen bij micro- en nanometers. Met name de nanotechnologie heeft een grote vlucht genomen in onderzoek en technologieontwikkeling

Huidige situatie

Vanaf de 80-er jaren begonnen de grote landen met hun nano-programma's, resulterend in nationale nanotech instituten met forse fondsen. Deels een 'beloftehype', met oorspronkelijk grote beloften en verre horizons. Meer en meer wist de 'allegaagse' wetenschap de koppeling met nanotech te leggen en kleine stappen voorwaarts werden ook onder nanotech programma's gebracht (Cynthia Selin, 2007).

In Nederland leidde dit in 2004 tot de oprichting van MinacNed, een Nederlandse associatie van meer dan 50 organisaties, die op het gebied van microsystemen en nanotechnologie werkzaam zijn. NWO heeft voor de periode 2002-2005 het eerste Nederlandse nano-onderzoekprogramma opgesteld. Momenteel bundelt NanoNed (onder auspiciën van NWO) de onderzoekactiviteiten van acht kennisinstellingen + Philips met een totaal budget van 235M€, waarvan 95M€ uit FES-gelden (www.nanoned.nl). Nanoned heeft 11 zogenaamde vlaggenschepen, gebieden waarop minimaal 50 fte onderzoek/jaar op wordt ingezet. In alle gebieden zijn toepassingen in landbouw en voedselproductie denkbaar. Specifiek voor microtechnologie loopt naast NanoNed het programma MicroNed (www.microned.nl).

Ontwikkelingen

De verwachte toepassingen van nanotechnologie in landbouw en voedselproductie zijn in de VS geanalyseerd door het Woodrow Wilson International Center for Scholars

(Nanotechnology in Agriculture and Food Production, anticipated applications. Kuzmar en Verhage, 2006) op grond van een database van alle publiek gefinancierd onderzoek.

Belangrijke conclusies uit dat onderzoek:

Grote voedingsconcerns (incl. Heinz, Unilever, Kraft, Nestlé en Hershey) investeren fors in nanotechnologie. Er worden veel kansen gezien. In de VS is tussen 2000 en 2005 \$ 15 miljoen overheidsgeld in nano-onderzoek voor landbouw en voeding geïnvesteerd. De investeringen van de industrie zijn onbekend. Het totaal aan overheidsgeld voor nano-onderzoek bedroeg overigens in diezelfde periode meer dan \$ 1 miljard/jaar.

Van de ca. 150 projecten in de Amerikaanse database konden meer dan 30 binnen 5 jaar een commercieel levensvatbaar product leveren. De toepassingen voor nanotechnologie zijn reeds voorhanden of dichtbij op het gebied van:

- Verpakkingstechnologie, inclusief uitstel en signalering van bederf
- Afbreken van biomassa tot nanomaterialen, die efficiënter tot alcohol zijn om te zetten dan de onbewerkte biomassa
- 'Aflleveren' van voedingsbestanddelen op specifieke plaatsen in het lichaam (efficiëntere nutraceuticals). In 2006 waren er al meer dan 12 nano-gebaseerde voedingssupplementen op de markt in de VS.
- 'Idem' voor dierbehandelings- en gewasbeschermingsmiddelen, inclusief bv bestrijden van campylobacter in pluimvee.
- Productie van stabiele emulsies; met nanodeeltjes kunnen emulsies stabiel zijn dan met 'normale' deeltjes
- Precisielandbouw bv door monitoren van water- en (micro)nutriëntenstromen in de grond
- Sensoren voor allerlei biologische processen (bv snelle detectie van pathogenen en metabolieten in plant en dier)
- Neutraliseren van pesticiden en andere schadelijke stoffen

MinacNed heeft een zgn. road map voor microsystemen en nanotechnologie in voedsel en voeding opgesteld Roadmap Microsystem- & Nanotechnology in Food and Nutrition, Prisma & Partners, 2006, www.minacned.nl). Belangrijke thema's, waarin stapsgewijs naar praktische toepassingen wordt gewerkt, zijn:

- Lokale verwerking en kleinschalige productie via systemen die thuis, in restaurants en op agrarische bedrijven gebruikt kunnen worden
- Verpakking en logistiek: bederfwerende en signalerende verpakkingen, keteninformatie via RFID-technologie (identificatie via radiogolven), zelfreparerende folies
- Sensoren en detectiesystemen, voor chemische en micro-biologische contaminatie
- Emulsies, waardoor een range aan stabiele samenstellingen van (voedings)producten kan worden geproduceerd. Structuur, textuur en samenstelling kunnen onafhankelijk van elkaar gevarieerd worden

- Afleversystemen, om additieven effectief op de juiste plaats in het lichaam te krijgen, met name van belang voor gezondheidsbevorderende voedingsmiddelen
- Filteren en fractioneren, op efficiënte wijze specifieke bestanddelen uit bulkgrondstoffen halen.

Geleidelijk aan wordt duidelijk, en ook manifest in onderzoekprogramma's, dat toepassen van nanotechnologie in landbouw en voeding dezelfde of mogelijk grotere imago-risico's heeft dan indertijd genetische modificatie. Denk daarbij aan recente publicaties over de carcinogeniteit van nano koolstofvezels. De kans op vraag naar 'nano-vrije' ketens is reëel (zie voor een samenvatting Nanovoedselveiligheid, Inventarisatie van de opkomende internationale discussie over nano-ingrediënten in de voeding, Rathanaou Instituut, 2007 en Draft opinion EFSA, October 2008). Onderscheid moet worden gemaakt tussen toepassen van nanotechnologie en de mogelijke toxiciteit van nano-partikels. Immers, blootstelling aan nano-partikels speelt slechts bij een beperkt aantal toepassingen van nanotechnologie. Het ontbreekt nog aan inzicht in de toxiciteit van nano-partikels.

Hoewel veel toepassingen van nanotechnologie op het gebied van voeding en verpakking van voedingsmiddelen liggen, is nanotechnologie ook van groot belang voor precisielandbouw, dier- en plantgezondheid. Toepassingen voor diergezondheid zullen ontstaan als spin off van humaan medische ontwikkelingen. Micro- en nanotechnologie kunnen een grote bijdrage leveren aan diversificatie in de productieketen: on farm toewijzen van producten aan specifieke toepassingen. Daarvoor wordt met sensoren en/of scheidingstechnologieën producten met een specifieke samenstelling aan een specifieke toepassing toegewezen. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om melk van individuele koeien op een bepaald moment in de lactatie, of vruchten die gegarandeerd bepaalde allergenen niet bevatten.

Beleid

Toepassing van nanotechnologie vraagt beleid op het gebied van veiligheid van zulke producten en processen voor consumenten en producenten. Naast veiligheid is het imago van 'nano' in de voeding en bij toepassing op dieren een punt van aandacht. Denk daarbij aan de acceptatie van productiedieren voorzien van sensoren die lichaamstemperatuur, hormonale en metabole status permanent monitoren, waardoor het 'managen' van de dieren vergaand geautomatiseerd kan worden. Het NWO-programma Maatschappelijk verantwoord innoveren (www.nwo.nl, april 2008) besteed hier nadrukkelijk aandacht aan. De bereidheid tot investeren van de overheid en het bedrijfsleven blijkt uit het bovengenoemde onderzoekprogramma's van Nanoned en MincroNed, die onder auspiciën van NWO worden uitgevoerd.

Bronnen

Interview met Frans Kampers (CAT, Wageningen UR)EFSA (2008)

Draft Opinion of the Scientific Committee on the Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety.

<http://www.nanotechproject.org/inventories/agrifood/>

Kuzmar en Verhage, 2006, Nanotechnology in Agriculture and Food Production, anticipated applications.

Malsch, I., R. van Elst en B. Walhout (2007) Nanovoedselveiligheid: inventarisatie van de opkomende (inter)nationale discussie over nano-ingrediënten in de voeding. Rathenau, Den Haag.

Prisma & Partners, 2006, Roadmap Microsystem- & Nanotechnology in Food and Nutrition, www.minacned.nl

Selin, Cynthia, 2007, Expectations and the emergence of nanotechnology, Science, Technology and Human Values, 2007: 32; 196-220).

www.nanoned.nl

2.3 Genomics

Michel de Haan en Mari Smits, ASG, Wageningen UR

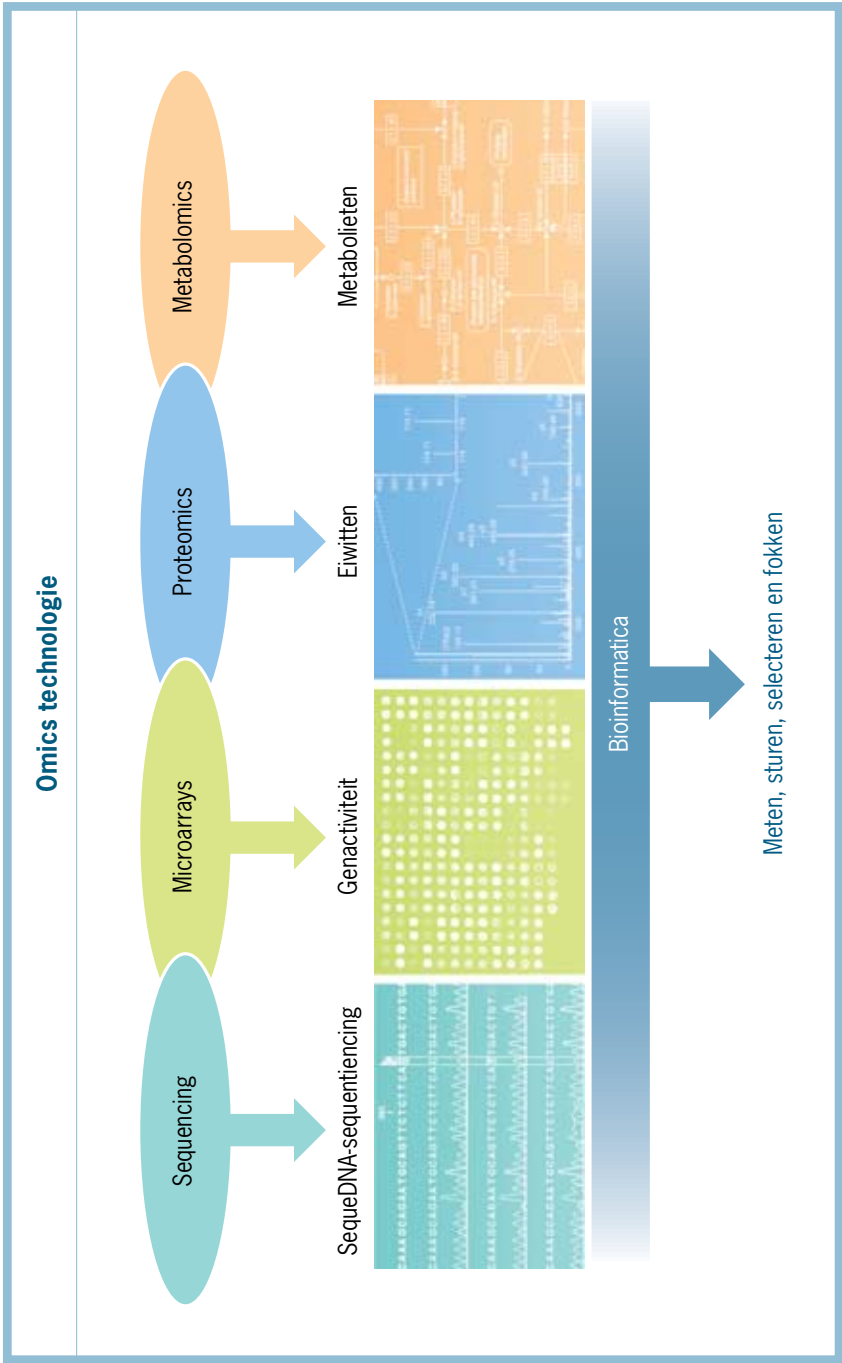
Momenteel wordt in de EU zwaar geïnvesteerd in de toepassing van genomics. In Nederland wordt voornamelijk geïnvesteerd in toepassingen voor de humane, micro-biologische en plantaardige sector en voor toepassing in de fokkerij. Dit terwijl genomics een breed scala aan toepassingen kent, waarbij het niet alleen gaat om het selecteren en aanpassen van dieren of planten (via klassieke fokkerij/veredeling of genetische modificatie), maar ook om het beter begrijpen, beter monitoren, beter sturen en gericht moduleren van eigenschappen van planten en dieren. Daarmee kan de van nature bij planten en dieren voorkomende variatie gericht en efficiënter benut worden.

Op het raakvlak van de agrarische sector en de chemische en procestechnologische sector ligt een heel werkveld dat zich richt op de zgn. witte biotechnologie: het benutten van micro-organismen in allerlei omzettingen van producten. De witte biotechnologie wordt in dit hoofdstuk niet verder uitgewerkt, maar is wel van groot belang voor de bio-based economy.

Huidige situatie

Genomics gaat over al die verschillende stappen die nodig zijn om te komen van genen tot het functioneren van het organisme. Dit betekent dat meten van de genactiviteit (expressie) zeker zo interessant is als het ontdekken en in kaart brengen van genen.

Wanneer worden genen actief en hoe is dat te sturen?



Globaal werkt de genexpressie als volgt. *Genen* (stukken van het DNA) worden uitgelezen en er wordt een stuk RNA gemaakt (*transcriptomics*). De erfelijke code in het RNA wordt vervolgens gebruikt om eiwit (proteïne) te maken (*proteomics*). Dit eiwit wordt vervolgens heel precies opgevouwen, zodat het een bouwsteen van het lichaam of de plant wordt, voedsel voor het nageslacht (melk, zaden), of een gereedschap (enzym) om andere stoffen (zoals specifieke vetten en suikers - *metabolomics*) te maken of af te breken, of om 'lichaamsvreemde' structuren (ziekteverwekkers) te herkennen en te verwijderen (weerstand). Sommige experts spreken dan ook niet van *genomics*, maar van *omics*. Dit staat schematisch in de figuur. De * staat dan voor alle genexpressie stappen die we kunnen meten, om er vervolgens op te kunnen sturen. (De Haan et al. 2008).

Het genomics onderzoek in Nederland is gebundeld in het programma Nederlands Genomica Initiatief (NGI), met een budget voor 2008-2012 van 283M€ overheidsfinanciering (www.genomics.nl). Dit programma is een vervolg op een eerdere ronde (2003-2007) met een budget van 300 M€. Veel van de activiteiten zijn op het gebied van humane gezondheid, daarnaast zijn er programma's gericht op agrofood (nutrigenomics, biosystems, vooral gericht op kwaliteit van plantaardige producten en met name aardappel en tomaat) en op duurzaamheid. Ook genomics bij micro-organismen valt binnen dit programma en dan vooral gericht op processen voor productie van energie en nutriënten. Genomics toepassingen voor dierlijke productie zijn niet in dit programma opgenomen.

Ontwikkelingen

Door het in kaart brengen van het genoom van steeds meer soorten van belang voor agrarische productie, worden de mogelijkheden individuen en populaties precies op maat voor een toepassing steeds groter bijvoorbeeld koeien met melk met een hoog gehalte aan onverzadigde vetzuren, aardappels met het gewenste type zetmeel, resistentie tegen bepaalde ziekten, etc. Daarnaast levert genomics de kennis welke omgevingsfactoren nodig zijn om de gewenste situatie inderdaad te verkrijgen. Beïnvloeden van darmgezondheid bij dieren is daar een voorbeeld van.

Voor deze toepassingen is de combinatie van DNA-kennis met grote databases en forse reken capaciteit, ofwel bioinformatica, noodzakelijk. Dergelijke databases en het beheer ervan zijn een essentiële infrastructuur voor fundamenteel en toepassings-gericht onderzoek.

Een volgende stap is nagaan of bepaalde genen op een bepaald moment 'aanstaan'. In fruit kan zo bv vastgesteld worden in welk stadium van afrijpen de vruchten zijn.

Nog een stap verder gaan technieken om het aan- en uitzetten van genen te sturen om te voorkomen dat genen die aanstaan tot expressie komen. RNAi technologie: interfereren in RNA-expressie door het RNA met zijn complementaire streng te blokkeren.

RNAi is een van nature voorkomend proces, maar kan ook via technologie aangestuurd worden. Een voorbeeld is een nieuwe generatie virusbestrijding. Virussen gebruiken het DNA en RNA van hun gastheer om zich te vermenigvuldigen. Door met RNAi dit proces te blokkeren, wordt de virusvermenigvuldiging stop gelegd op een wijze die door het virus niet eenvoudig is te omzeilen.

Genetische modificatie, het overerfbaar inbrengen of uitschakelen van genen, is een controversiële vorm van beïnvloeding. Bij genetische modificatie kan gebruikt gemaakt worden van genen uit andere soorten (transgenese), of uit de eigen soort (cisgenese). Met trans- en cisgenese kan preciezer en/of sneller resultaat geboekt worden dan bij klassieke veredeling en kunnen volledig nieuwe mogelijkheden ontstaan. Transgenese brengt een ethisch vraagstuk met zich mee, in hoeverre het overschrijden van soortgrenzen wenselijk is en/of onvoorziene risico's met zich meebrengt. Bij cisgenese (alleen soorteigen genen worden gebruikt) speelt dat veel minder, immers theoretisch kan met 'gewoon' kruisen en doorselecteren uiteindelijk een vergelijkbaar resultaat bereikt worden.

Bij micro-organismen en planten zijn reeds verschillende praktijkvoorbeelden van genetisch gemodificeerde gewassen. Bijvoorbeeld gisten en schimmels die bepaalde enzymen produceren, die een betere benutting van voeders geven zijn gemeengoed (fytase voor plantaardig fosfor, xylanases voor diverse granen). In de witte biotechnologie spelen aangepaste micro-organismen een centrale rol.

In de plantaardige sector zijn maïs, soja en katoen, via transgenese resistent tegen specifieke onkruidverdelgers of plaaginsecten ontwikkeld. In Noord en Zuid-Amerika wordt momenteel meer dan 100 miljoen hectare transgene gewassen verbouwd. Europa is veel terughoudender in de toepassing van transgene gewassen.

Bij dieren wordt genetische modificatie in Nederland alleen toegepast voor fundamenteel en humaan medisch onderzoek. Qua productietoepassingen wordt in Noord Amerika wel gewerkt met vis, bijvoorbeeld om de groeisnelheid bij lage temperaturen te bevorderen.

Bij plant zijn diverse ontwikkelingen denkbaar/te verwachten: bv aardappelen resistent tegen phytophthora (Nederlandse investering vanuit FES-middelen 10 miljoen euro), tomaten met een betere smaak, gewassen die resistent zijn tegen droogte en/of hoge zoutgehaltenes en (van een geheel andere categorie) de planten, die specifieke stoffen produceren met hun toepassingen in de bio-based economie of in een speciaal dieet. Dergelijke toepassingen zijn van belang voor de Nederlandse veredelingsindustrie (pootaardappelen, zaaizaden) en voor Nederlandse primaire bedrijven. Het bedrijf Monsanto is reeds ver met de ontwikkeling van een soja die Omega-3 vetzuren maakt. Op termijn zal de suikerbiet en de aardappel ook dit soort 'specialities' kunnen produceren.

Genomics kent veel toepassingen in diagnostiek van specifieke eigenschappen, zowel voor selectie als voor voorspellen van de status van producten (bewaarbaarheid, smaak), uiteindelijk leidend tot kwaliteitsgaranties. Met die kennis worden de mogelijkheden tot productdiversificatie en ketengaranties groter. Immers op grond van de analyse van het genoom is snel een groep dieren, planten of producten uit een populatie te halen die over de gewenste eigenschappen beschikken (bv resistentie tegen watergebrek, of hoge zoutconcentraties). Genomica moet dan overigens wel gecombineerd worden met ontwikkelingen op het gebied van ICT en sensoren.

Voor toepassing bij dieren is genomics een essentiële factor in de productie van een nieuwe generatie vaccins, waaronder markervaccins, die het mogelijk maakt gevaccineerde dieren te onderscheiden van dieren die een infectie hebben doorgemaakt.

Veel toepassingen zorgen voor randvoorwaarden voor productie en maken daarmee voortzetten van trends in productie mogelijk, bijvoorbeeld de bestaande trend om de landbouw steeds duurzamer te maken. Dit geldt bij plantaardige productie voor toepassingen op het gebied van resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen en ontwikkelingen van nieuwe gewasbeschermingsmethoden. Ook bij dieren zijn toepassingen op het gebied van diagnostiek van en bescherming tegen infectieziekten te verwachten.

In de plantaardige productie maken resistentie tegen droogte en hoge zoutgehalten de teelt van gewassen in gebieden die voorheen daarvoor ongeschikt waren (te droog, te zout) mogelijk. Dit kan grote betekenis voor de voedselvoorziening hebben.

De toepassingen in productdiversificatie, zowel bij planten als bij dieren, kunnen ook grote veranderingen veroorzaken, juist omdat het gaat om nieuwe producten (bio-based economy) of diensten. Daarbij moet vooral aan maatwerkproductie gedacht worden: planten of dieren die producten met een heel specifieke samenstelling produceren voor een specifieke markt. Het aantal mogelijkheden is onbegrensd; een reeds bestaand voorbeeld is de antiallergene appel, of de tomaat met een sterk verhoogd gehalte aan flavonoiden,

Beleid

Succesvolle toepassingen van en voortgang in genomics is sterk afhankelijk van regelgeving en van een integrale benadering. Daarbij is het essentieel onderscheid te maken tussen enerzijds verwerven en toepassen van kennis van genetische regulatie waarmee van nature voorkomende variatie gericht en efficiënt benut kan worden en genetische modificatie anderzijds. Zowel bij plant als dier zijn met het beter benutten van voorkomende variatie belangrijke ontwikkelingen mogelijk. Het gaat dan om een beter begrip van allerlei fysiologische processen in plant en dier en de toepassingen die daar uit voort vloeien en om selectie op grond van moleculaire merkers.

Genetische modificatie is wezenlijk anders dan het met moderne technieken benutten van genetische variatie. Bij genetische modificatie gaat het om het overschrijden van soortgrenzen (in die zin is cisgenese geen genetische modificatie). Met genetische modificatie en micro-organismen zijn er positieve ervaringen. Ook bij planten wordt genetische modificatie volop benut. Inmiddels wordt er meer dan 100 miljoen ha aan genetische gemodificeerde gewassen verbouwd in Noord- en Zuid-Amerika. Europa is veel terughoudender in de benutting van transgene gewassen. Bij dieren (excl. vis) lijkt genetische modificatie voor productiedoeleinden lastiger, alleen al door de voortplantingscyclus, waardoor toepassing in de praktijk voor voedselproductie minder voor de hand ligt.

De toepassing in de praktijk van genetische modificatie vraagt langdurige en diepgaande evaluatieprocessen wat betreft mogelijke risico's. In Nederland (Europa) is die evaluatie bij wet geregeld. Ook na zo'n analyse is het de vraag of introductie maatschappelijk geaccepteerd wordt. Wereldwijd bestaan hierin grote verschillen: EU in het algemeen zeer terughoudend, VS, Azië minder restrictief. Toch worden ook in Europa de kansen die genetische modificatie biedt wel gezien, gegeven de attitude bij de FAO-Voedseltop, Rome 2008.

Bronnen

Interviews met

Roel Veerkamp en Mari Smits, Animal Breeding and Genomics Centre, Wageningen UR

Bert Lotz, Plant Research International, Wageningen UR

Commentaar op conceptteksten van Willem Stiekema, Centre for Biosystems Genomics, Wageningen UR

www.genomics.nl

ERAnet Plant Genomics (2007), Plant genomics meets new Challenges, www.erapg.org/everyone

European Technology Platform 'Plants for the Future', Strategic Research Agenda 2025 (2007). www.epsoweb.org.

Haan, Michel de; Debbie Wilhelmus; Ingrid van Dixhoorn; Roel Veerkamp; Rita Hoving; Dick van de Wiel en Mari Smits; 2008. Perspectief voor genomica in de melkveehouderij. ASG rapport nr. 126 Lelystad.

USDA (2007). Blueprint for USDA efforts in Agricultural Animal Genomics 2008-2017.

Duurzame Resistentie tegen Phytophthora in aardappel door cisgene merkervrije modificatie. www.durph.wur.nl

Samenvattend

	ICT	Micro- en nanotech	-omics
Verandering	Geen: meer stapsgewijze ontwikkeling	Mogelijke doorbraken op het gebied van de precisielandbouw, plant- en diergezondheid Diversificatie van producten door 'on farm' toewijzen van producten aan specifieke toepassingen Conservering- en verpakking	Plant: resistentie tegen ziekten en plagen; verminderd gewasbescherminggebruik Dier: diagnostiek van en bescherming tegen infectieziekten Plant en dier: productdiversificatie Productiemogelijkheden onder moeilijke omstandigheden (droogte, verzilting)
Betekenis voor sector	Noodzakelijk om andere technologische ontwikkelingen mogelijk te maken	Diverse nieuwe producten, productieprocessen en diensten	Versneld voldoen aan duurzaamheids-eisen Sneller kunnen voldoen aan specifieke marktvraag Internationaal: bijdrage productiemogelijkheden onder voorheen onrendabele/onmogelijke productieomstandigheden
Betekenis voor maatschappij	Randvoorwaarde	Kwaliteitsverbetering producten Duurzaamheid bijdrage	Versneld voldoen aan duurzaamheids-eisen Bijdrage wereld voedselproblematiek door mogelijkheid productie onder moeilijke omstandigheden (droogte, verzilting) Toename aanbod van specifieke producten
Raakvlak beleid	Indirect: de juiste omgeving creëren en faciliteiten bieden om ICT voor andere technologische ontwikkelingen niet beperkend te laten zijn.	Aandacht voor beleid voor toepassing nanotechnologie gericht op: Veiligheid producten Maatschappelijke acceptatie toepassing	Toepassing hangt af van verschillende factoren: Maatschappelijke kennis over en acceptatie van toepassing Regelgeving Faciliteren van nieuwe samenwerkingsverbanden

Betekenis van technologische ontwikkelingen: toepassingen



3.1 Op verschillende thema's

3.1.1 Energie, biomassa en bio-based economie

Ferry Leenstra en Geert van der Peet, ASG, Wageningen UR

3

Energie is een belangrijk thema in de agrarische sector, zowel energiegebruik en de mogelijkheden daarop te besparen als energieproductie. De productie van energie door agrarische sectoren kan op verschillende wijze waarbij bio-based energie een mogelijkheid voor de toekomst is.

Bio-based economie is het gebruik van hernieuwbare grondstoffen, als vervanging van grondstoffen gewonnen uit fossiele producten en/of chemische industrie. Mogelijk kunnen diverse gewassen 'opgevaardeerd' worden (genetische modificatie) om meer passende grondstoffen te leveren.

Vervanging van kunststoffen gewonnen uit fossiele grondstof door kunststoffen gewonnen uit biomassa ('bioplastics') is een belangrijke toepassing, waar ook grote productstromen mee gemoeid zijn.

Het gebruik van biomassa voor de opwekking van energie is momenteel de meest besproken toepassing. Het gaat dan feitelijk om het benutten van zonne-energie via biologische tussenstappen. De productie van energie en van grondstoffen zijn niet goed los te koppelen. Deze paragraaf concentreert zich op energie, met zijstappen naar het winnen van grondstoffen.

Huidige situatie

Energie (productie en besparing)

Voor de agrarische sector als geheel zijn energiekosten en besparing daarop van groot belang. Naast arbeid vormt energie een belangrijke kostenpost, met name in de glastuinbouw en de intensieve veehouderij. Bij de open teelten is energie nodig voor opslag en bewaring van producten en voor grondbewerking, gewasbehandeling en oogst ('trekkerbrandstof'). Bij dierlijke producten zijn de cijfers over energiegebruik direct afhankelijk van de systeemgrenzen: als be- en verwerking en opslag (koelen en vriezen) van dierlijke producten binnen het systeem gerekend worden, ligt er een forse uitdaging wat betreft energiebesparing.

Voedsel, van input van grondstoffen tot en met consumptie en restverwerking, is verantwoordelijk voor bijna 20% van de totale broeikasgasemissie wereldwijd. Gegeven de toename in de wereldbevolking en de verschuiving in consumptiepatronen van plantaardige naar dierlijke producten, worden technologische verbeteringen volstrekt onvoldoende geacht om de Kyoto doelstellingen te halen. Aangezien veranderen van consumptiepatronen (wereldwijd) een uiterst lastige opgave is, zijn technologische verbeteringen qua energiegebruik uiterst noodzakelijk (Garnett, 2008, Hoogland et al, 2008).

Mest- en reststoffenverwerking

Vergisten, verbranden en vergassen van dierlijke mest, oogstresten en/of andere als afval beschouwde biomassa gebeurt zowel op boerderijschaal als op industriële schaal (bijvoorbeeld ook Nederlandse kolencentrales stoken biomassa mee). Het gaat om reeds beschikbare technologieën, waarbij voorkomen van uitstoot van schadelijke gassen en verhogen van het rendement nog wel aandacht behoeft. De 'niet-mest' stoffen (co-vergisting) worden toegevoegd om het rendement van het proces te verhogen, maar ook om de capaciteit van de installatie beter te benutten.

Benutting van restproducten (mineralen/sluiten kringlopen) en/of het winnen van mineralen uit mest- en reststoffen lijkt eerder een probleem van regelgeving (wanneer mag het product kunstmest heten en/of als voedergrondstof) dan van technologie. De mineralen uit mest en afvalwater (fosfaat, kali, stikstof) kunnen gewonnen worden als vervanging van delfstoffen en als grondstof voor kunstmest. De prijzen van gedolven fosfaat en kali stijgen, schaarste wordt aangekondigd. Daarmee komt de productie van kunstmest, die een bijzonder hoge energiebehoefte heeft, steeds verder onder druk.

Technologie (patenten) om fosfaat en kali uit mest te winnen is beschikbaar. Grootschalige toepassing nog niet (bron: o.a. Johan Sanders). Gegeven het Nederlandse mest- en mineralenoverschot is dit een belangrijke factor. Mest en afvalwater zijn belangrijk als input voor algensystemen.

Eerste generatie biobrandstoffen

Gewassen specifiek geteeld voor energieproductie, waaruit de energie (meestal olie) op simpele wijze gewonnen kan worden, lijken inmiddels technisch en politiek/maatschappelijk achterhaald. Wel zijn en worden er wereldwijd op diverse plaatsen grote complexen gebouwd om ethanol uit biomassa te winnen. Deze ethanol kan gebruikt worden als transportbrandstof (onafhankelijk worden van fossiele olie) en als grondstof voor andere toepassingen. De efficiëntie van dergelijke processen hangt direct samen met de mogelijkheden alle restproducten (incl. warmte) uit het proces te benutten en de benodigde input aan energie en kunstmest voor teelt en oogst.

Biomassa voor non-energy non-food/feed toepassingen

Biomassa kan gebruikt worden om producten en grondstoffen op basis van aardolie te vervangen. Momenteel wordt al veel biomassa gebruikt in toepassingen als bijvoorbeeld papier en hout(vervangers) en in alle mogelijke andere toepassingen waar het niet door aardolie is verdrongen. Naar verwachting kan het aandeel biomassa toenemen via bouwstenen uit biomassa, zoals door het vergassen van biomassa tot basisgrondstoffen zoals CO en H₂ (Syngas). De technologie is doorgaans beschikbaar, echter toepassing cq omschakeling is direct afhankelijk van de prijs van aardolie. Omdat/als die bouwstenen efficiënt uit reststoffen van de food-productie gewonnen worden, is nauwelijks sprake van concurrentie om grond, maar eerder van verhoging van efficiëntie. Het gaat meestal om gewassen met een hoge opbrengst aan droge stof, die al gebruikt worden voor voedsel. Concurrentie met voedselproductie kan wel ontstaan als de geldelijk opbrengsten per ha voor toepassingen in energie en als grondstof hoger zijn dan voor voedsel en tegelijkertijd de producten een lagere kostprijs hebben dan fossiele producten.

Ontwikkelingen

Energie, besparing en productie

De nationale onderzoeksagenda duurzame energie, Advies van de Commissie Onderzoek Duurzame Energie, januari 2008 bevat een overzicht van lopende programma's. Deze programma's zijn grotendeels direct of indirect toepasbaar op de agrarische sector. De verhouding qua omvang tussen de programma's geeft zicht op de verwachtingen ten aanzien van de toepassing.

Onderwerpen en de besteding in M€:

Zonne-energie, PhotoVoltäische cellen, warmte uit zonlicht, fotosynthese; 50 M€
Windenergie; 10 M€

Biomassa; 28 M€+10 M€ bioraffinage

Energie uit water; geen prioriteit

Geothermie; geen prioriteit

Schoon fossiel; geen prioriteit

Kernenergie; geen extra bijdrage nodig

Waterstof; reeds geborgd in NWO-ACTS Duurzame waterstof

Energiebesparing; 40 M€ voor industrie (afstemmen met Roadmap Procesintensificatie) en 10 M€ voor besparingen in de bebouwde omgeving

Transitie in besparing; 4 M€

Integratie van disciplines, sectoren en functies; 20 M€

Nieuwe materialen (ondersteunend aan energiewinning) 58 M€, waarvan 28 M€ voor infrastructuur

Energietransport; zit voldoende in andere programma's

Gas; zit voldoende in andere programma's

Energieopslag; geen separaat programma nodig
Wilde ideeën; 20 M€ onorthodoxe ideeën

Meer specifiek voor de landbouw geldt, dat verregaand bespaard is en kan worden op energie voor klimaatbeheersing in kassen, bewaar- en opslagruimtes van akker- en tuinbouwgewassen en in stallen. Dit gaat qua technologieontwikkeling tot en met de 'energieleverende kas'. Verbeteringen qua logistiek (zie 4.1.6) kunnen bijdragen aan vermindering van de energiekosten van transport.

Toepassingen meer direct toegespitst op de agrarische sector zijn hierna uitgewerkt.

Tweede generatie biobrandstoffen

Hierbij gaat het vooral om benutting van oogstresten en gewassen, die niet geschikt zijn voor voedsel/voedergrondstof en waaruit met een chemisch-fysisch proces olie of alcohol gewonnen kan worden, o.a. via Syngas en FT (Fischer Tropsch) technieken. FT technieken dateren uit de 40-er jaren, maar de benodigde voorbewerkingen kunnen winnen aan efficiëntie met nieuwe technologie.

Het gaat dan om omzetting van cellulose en lignocellulose. Kraken van mest hoort ook bij 'tweede generatie'. Diverse technologieën bestaan, het rendement qua benutting van zonne-energie is nog steeds laag (0.5%), echter er is geen directe concurrentie met voedsel. De energetische efficiëntie wordt een factor 3 hoger dan bij eerste generatie. Verwachting is dat na opschaling en optimalisatie olie geproduceerd kan worden voor 40\$/vat.

Er is nogal wat discussie over behoud van biodiversiteit en uitputting van de bodem juist bij teelt op marginale gronden. Met meerjarige gewassen als grassen en bomen is er een potentieel van 30-300 GJ/ha/jaar, afhankelijk van de kwaliteit van de grond en de beschikbaarheid van water. Meerjarige gewassen kunnen met marginalere gronden toe en zijn minder gevoelig voor input aan meststoffen en water.

In Nederland kan hout uit 'natuur- en recreatiebos' een goede bijdrage leveren (bron: Alterra). Overigens is weinig tot geen invloed op Nederlandse landbouw te verwachten wat betreft productie/grondgebruik.

Derde generatie biobrandstoffen

Speciaal geprepareerde organismen, bv algen, worden gebruikt voor energieproductie. Energie kan geproduceerd worden in de vorm van olie, maar ook als waterstof, dat ook uit waterige reststromen van biomassa gehaald kan worden. Waterstof kan dan vervolgens in brandstofcellen worden benut. De benutting van zonne-energie kan bij deze toepassingen oplopen tot 20%. De technologieën bestaan op laboratoriumschaal, opschalen is nog een forse technologiestap. Conclusies tot nu toe: opbrengst aan algen valt tegen en verwerkingskosten zijn hoger dan de modellen aangaven (zie bij 'algencongres, Drachten, 05-06-08).

Vastleggen zonne-energie anders

Kunstmatige bladeren om zonne-energie vast te leggen (fotosynthese legt ca. 1% van de zonne-energie vast) is een belangrijke technologische ontwikkeling, nu nog alleen experimenteel, maar valt buiten de scope van deze technologisch verkenning.

De energieproductie in GJ/ha/jaar bedraagt voor palmolie 160, suikerriet 120, suikerbiet 110, jathropha 60 en soja 20 GJ/ha/jaar. Ter vergelijking: zonlicht levert 12.000 GJ/ha/jaar. De verwachting is, dat te allen tijde de hoeveelheid winbare zonne-energie per ha ca. 50 keer hoger ligt dan die van biomassa. Met dergelijke cijfers en de trends in kostenreductie van de verschillende vormen van zonnecellen ligt het voor de hand te focussen op direct winnen van zonne-energie, waarbij de kunstmatige bladeren een vorm van zonnecellen zijn. Voor zonnecellen geldt een pendant van de Wet van Moore: verdubbeling van het aantal zonnecellen verlaagt de productiekosten van die cellen met 20%.

De technologische uitdagingen bij zonne-energie zitten niet in het opvangen van energie, maar eerder in opslag en transport. Een sprong naar de waterstofeconomie ligt dan voor de hand.

Algen anders dan voor energie

Algen kunnen (in afnemende volgorde van waarde en toenemende volgorde qua omvang) benut worden voor fijnchemicaliën, humane voeding, vis- en veevoer, bulkchemicaliën, meststoffen en bio-energie. Algen kunnen in open water en in bioreactoren gekweekt worden. Algen kunnen meer energie per oppervlakte-eenheid vastleggen dan 'gewone' planten. De mogelijkheid tot combinatie met waterzuivering maakt algenteelt zeker aantrekkelijk.

Ten gevolge van de energiecrisis in de 70-er jaren heeft de VS zwaar geïnvesteerd in het Aquatic Species Program (ASP). Dit programma liep van 1978 tot 1996. De toen verzamelde honderden soorten algen zijn nog beschikbaar. Echter, uit het programma zijn geen grootschalige praktijktoepassingen overgebleven.

Duitsland en Spanje hebben de grootste concentratie algenonderzoek in de EU. Japan concentreert zich op bioreactoren.

In Nederland bevatte het programma Energie, Ecologie en Technologie 2000-2003 (EZ, OCW en VROM) algenonderzoek. De conclusie: de technologie om algen te kweken en te oogsten en er vervolgens diverse producten van te maken is beschikbaar. De praktische opbrengsten blijven achter bij de verwachte opbrengsten. Voor economisch rendement moeten de productiekosten omlaag en de productie per locatie omhoog.

Er zijn wereldwijd diverse initiatieven, ook bedrijfsmatig. Er zijn bewezen businessmodellen voor kleinschalige productie (< 50 ton droge stof/jaar), waar met name voedingssupplementen, grondstoffen voor cosmetica en andere fijn-chemie en vis(vee)voer worden geproduceerd. In Australië, op Hawaï en in Israël zijn grotere productie-eenheden, vooral gericht op de productie van nutraceuticals.

In Nederland zijn private ondernemingen en kennisinstellingen actief wat betreft technologieontwikkeling en wordt (in publiek-private samenwerkingsverbanden (PPS-constructies) gewerkt aan plannen voor grootschalige productiefaciliteiten.

Beleid

Voor Nederland zijn geen grote veranderingen te verwachten wat betreft grondgebruik vanwege technologische ontwikkelingen op het gebied van biomassa. Wel kan het rendement van mest, bos, 'natuur', etc. sterk verhoogd worden (dan wel afzetkosten sterk verlaagd).

Algen kan een nieuwe ontwikkeling zijn: zout water/kust en bioreactoren (grondloos). Het is een bron van nutraceuticals (functional food-achtige stoffen), vis- en veevoer en fijn-chemie en mogelijk energie en een belangrijk hulpmiddel in de reiniging van afvalwater en/of de benutting van mest. Het is dan voor Nederland een nieuwe bedrijfstak en mogelijk een lokale bron van eiwitrijke voedergrondstoffen (sluiten kringloop), waarbij afvalwater en mest als input benut worden.

Niet zo zeer LNV, wel EZ: Nederland kan een belangrijke rol spelen als leverancier van technologie om van reiniging van afvalwater en mest te komen tot productie-units op basis van afvalwater en mest. Zie ook de rol die Nederland speelt in technologie voor gesloten systemen in de aquacultuur.

Beleid ten aanzien van de toelating van bewerkte dierlijke mest als kunstmest kan een belangrijke rol spelen in zowel energiebesparing bij de productie van kunstmest als het rendement van winning van energie uit biomassa en is voor Nederland met zijn intensieve veebezetting van groot belang. Dergelijk beleid zal op EU-niveau zijn beslag moeten vinden.

Bronnen

Algencongres Drachten, 2008 <http://allesoveralgen.wordpress.com/2008/07/25/presentaties-algencongres-drachten-5-juni/>

Biobased Economy - Verkenning van kansrijke gebieden voor Nederland (2008).

C. Enzing en J. van Groenestijn (TNO-Innovation Policy Group) en M. van Dongen (Innotact Consulting).

Bio mass assessment (WAB, 2008)

Bio massa, hot issue, Energie Transitie (2008)

Eindrapportage EET, Duurzame co-productie van fijnchemicaliën en energie uit microalgen (2004)

Energie Producerende Kas: <http://www.kasalsenergiebron.nl/>

Energy Technology Perspectives, in support of the G8 Plan of Action; scenario's and strategies to 2050 (2008) International Energy Agency

Garnett, Tara, 2008. *Cooking up a storm; food greenhouse gas emissions and our changing climate.* Food Climate Research Network <http://www.fcrcn.org.uk/>

Hoogland, Carolien, Harry te Riele en Jan Rotmans, 2008. *De Eiwittransitie; dertig jaar issue, kans op take-off. Drift, Rotterdam, <http://www.drift.eur.nl/>*

Nowicki, P. et al (2008) *Biobased economy, state of the art assessment*, LEI, Den Haag
 Schwietske, S. et al (2008) *Analysis and identification of gaps in research for the production of second-generation liquid transportation biofuels*. International Energy Agency Bioenergy.

VPRO Tegenlicht (20 en 27 oktober, 2008)

Kluyver Centre for Genomics of Industrial Fermentation (TU Delft)

Samenvattend, bio-based en energie

	Bio-based	Energie
Verandering	Verhoging rendement mest, bos, 'natuur' Bijdrage aan de afvalproblematiek afkomstig uit de voedsel productie Nieuwe grondstoffen Dierlijke mest als grondstof voor kunstmest	Stapsgewijze vermindering naar gebruik van fossiele energie in alle sectoren, omschakelen naar direct benutten zonlicht
Betekenis voor sector	Inkomsten uit tot (grotere) waarde brengen van mest, bos en natuur (verbrede landbouw) Export en verwaarding technologie reiniging voor reiniging afvalwater/mest	Verminderen kostenpost energie
Betekenis voor maatschappij	Beperkt gericht op duurzaamheid en tot waarde brengen van biomassa (afvalproducten) tot non-food toepassingen	Vermindering van gebruik van fossiele energie tot energie/warmte productie
Raakvlak beleid	Beperkt gericht op mogelijk maken van toepassingen zoals algen Toelating van producten uit dierlijke mest als kunstmest	Mogelijk maken van toepassingen van alternatieven voor fossiele energie

3

3.1.2 Robotisering (en arbeid)

Geert van der Peet en Ferry Leenstra, ASG, Wageningen UR

Robots kunnen een enorme impact op de samenleving krijgen. De drijvende krachten van ontwikkeling van robotisering komen vooral van buiten de landbouw. Nederland is van oudsher sterk in de bouwstenen van robotica, zoals mechatronica, fijnmechanica, meet- en regeltechniek, etc. Steeds meer wordt dat gecombineerd met nanotechnologie, biotechnologie, ICT en cognitieve wetenschappen. Wereldwijd zijn forse sprongen te verwachten in toepassing van robotica en dit zal ook voor de landbouw van betekenis zijn. Nederland dreigt evenwel de koppositie in de ontwikkeling van robots mis te lopen.

Huidige situatie

De ontwikkeling en toepassing van robots maar ook 'interconnectivity' (informatie-uitwisseling tussen mensen, sensoren, computers, robots) kenmerkt zich door versnellende ontwikkeling van computer gestuurde automatisering in de private en

publieke sector. Dit heeft geleid tot enorme hoeveelheden informatie die in fracties van seconden via kabel en de ether over de wereld verspreid worden tussen mensen, sensoren, computers en automaten. Bestaande toepassingen zijn bijvoorbeeld onbemande treinstations, winkels zonder caissières en zichzelf sturende voertuigen met als voorbeeld dichter bij de agrarische sector maai-, wiede-, melk- en uitmestrobots. De landbouw heeft meegeprofiteerd van deze ontwikkeling en haar eigen toepassingen geïntroduceerd zoals individuele dierherkenning, automatisering van de teelt in de glastuinbouw, onkruidbestrijding, tracking en tracing.

De VS en verschillende Aziatische landen ondernemen veel initiatieven tot synthese van de bouwstenen van robotica: nanotechnologie, biotechnologie, ICT en cognitieve wetenschappen, de NBIC disciplines. De synthese vormt een basis voor een verdere ontwikkeling van intelligente robotica industrie.

Ontwikkelingen

Het is de verwachting dat de onderlinge samenhang (synthese) van technologieën met kracht breed in de maatschappij zal voortzetten. Voor de landbouw zullen hier specifieke doorbraken met bijdragen voor duurzaamheid en efficiency uit voortkomen. Al bestaande voorbeelden zijn pleksgewijze onkruidbestrijding, automatisering van teelt- en oogstsystemen, realtime en dierspecifieke benutting van data en het handelen daarnaar gericht op diergezondheid en dierenwelzijn, (mobiele) melkrobot (zie verder 3.1.3 Precisielandbouw en maatwerkproductie).

Een ander aspect is de problematiek van de arbeid. Minder interesse voor werk in de landbouw, schaalvergroting en vergrijzing maken de behoefte aan vervanging van arbeid groot. Eerste toepassing van automatisering van teeltsystemen heeft in de glastuinbouw en de verwerking (slachterijen, procestechnologie) plaatsgevonden met ontwikkelingen aan de technische kant (speciale plantgrijpers, automatisch uitsnijden, intelligente besturingssystemen), waarbij overigens de arbeidsbehoefte de komende jaren kwantitatief op peil blijft en de vraag naar kwaliteit toeneemt. Voldoende en passende medewerkers is daarmee een blijvend vraagstuk.

Radio Frequency Identification kan op termijn perspectief bieden in de agrofood keten zoals ter vervanging van de barcodes en het volgen van producten incl. bijbehorende omgevingsinformatie gedurende transport en opslag. Op dit moment vindt nog geen doorbraak in de vervanging van barcodes plaats vanwege de hogere kosten.

Beleid

De invulling van de factor 'menselijke' arbeid zal bij ver doorgevoerde automatisering/robotisering sterk veranderen. De betekenis van de introductie van dit soort robots voor de economische veranderingen zijn een onbekend terrein. Dit laat zich niet meer goed beschrijven met de huidige economische modellen (COS horizonscan 2007).

Voor de lange termijn stelt het onderzoek van COS 2007 zichzelf de vraag of de wereldwijde inzet van robotica dezelfde weg zal volgen als de inzet van 'de computer'. Datz aanvankelijk gesteld als minimaal (voorzitter IBM verwachtte in 1943 5 mainframes wereldwijd en toepassing op de particuliere markt was ondenkbaar), vervolgens als bedreiging (voor de (hand)werkgelegenheid) en nu werkt iedereen in de samenleving met computers en is er afhankelijk van. Gaan robots en intelligente systemen met hoofdwerk hetzelfde doen als computers met handwerk? Wat betekent dat voor mens, maatschappij en samenleving?

Bronnen

COS, 2007. Rapport horizonscan 2007. naar een toekomstgerichte beleids- en kennisagenda. Redactie Bernard Verlaan, Roel in 't Veld, Hans van der Veen, Victor van Rij, Pierre Morin en Henriëtte Maassen van den Broek. Den Haag. ISBN 978-90-72863-23-2. Zie voor technologische componenten van robotisering de bronnen bij de overige paragrafen.

Samenvattend

	Robotisering
Verandering	Met name robotisering in relatie met interconnectiviteit zal leiden tot nog niet te voorziene doorbraken binnen de verschillende sectoren van de landbouw
Betekenis voor sector	Mits acceptatie van het kennisintensieve stuk sterke verhoging van het rendement in alle teelten
Betekenis voor maatschappij	Robotisering kan een bijdrage leveren aan de verhoging van het welvaart van de mens
Raakvlak beleid	<ul style="list-style-type: none"> Het tot bloei te laten komen van de perspectieven van robotica vraagt aandacht voor de convergentie van de bouwstenen van robotica: nanotechnologie, biotechnologie, ICT en cognitieve wetenschappen Aandacht voor de risico perceptie van burgers over toepassing van robotica in combinatie met kunstmatige intelligentie

3.1.3 Precisielandbouw en maatwerkproductie

Kees Lokhorst, ASG, Wageningen UR

3.1.3.1 *Open teelten en precisielandbouw algemeen*

Precisielandbouw is het optimaal beheren van plant en bodem in open teelten door in te spelen op de variatie in tijd, plaats, bodem, plant en weer. Toepassingen zijn o.a. minimaal gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en gerichte onkruidbestrijding, bemesting, zaaïen en planten en grondbewerking. Precisielandbouw maakt gebruik van sensortechnologie, positiebepaling (satellietnavigatie), decision support modellen voor interpretatie van gegevens en adviezen, ICT voor data-infrastructuur en geavanceerde bewerkingsapparatuur voor plaats specifieke bewerkingen voor bodem en gewasverzorging.

Precisielandbouw maakt het mogelijk om hoeveelheid en kwaliteit van planten nauwkeurig te volgen, te behandelen en te labelen. Dit maakt 'maatwerkproductie' of productdifferentiatie van specifieke producten voor specifieke afnemers mogelijk. De mogelijkheden voor maatwerkproductie zorgen voor een toename in diversiteit van producten en productiemethoden.

Precisielandbouw is nauw gerelateerd aan robotisering.

Huidige situatie

Het concept precisielandbouw is niet nieuw, de toepassing ervan wel. Waar precisielandbouw eerst een academische exercitie was, hebben nu voorloper akkerbouwers en het bedrijfsleven de precisielandbouw 'ontdekt'. De doorbraak van de afgelopen jaren is vooral gekomen door toepassing van 'rechtrijden', dat zorgt dat rijbewerkingen in het veld aansluitend zijn en dat kwalitatief goed stuurwerk mogelijk is. Verder zijn nu machines in de handel voor het variabel en plaats specifiek toedienen van gewasbeschermingsmiddelen en (kunst)mest en mechanische onkruidbestrijding. Het bedieningsgemak (dataverwerking als onderdeel van de infrastructuur) is toegenomen dankzij internationale standaardisatieactiviteiten en de prijzen (cq terugverdiertijden) zijn acceptabel geworden. De gewasobservatie heeft een sprong gemaakt door commerciële exploitatie van remote sensing waarnemingen. De volledige cyclus van observatie, interpretatie, besluitvorming en uitvoering is nu mogelijk.

Er is dus een redelijke basis is voor grootschalige toepassing van het concept, maar er zijn ook 'knelpunten'. De projecten 'Kenniss op de Akker' en LOFAR-Agro zijn daarin illustratief. Het knelpunt zit in het kennisintensieve stuk. Zijn de observaties van plant en bodem op een dermate manier in te passen in de dagelijkse bedrijfsvoering van de akkerbouwer, dat hij daarin vertrouwen heeft en het ook maximaal gaat toepassen.

De grootste stappen worden gemaakt rondom mechanische onkruidbestrijding en plaats specifieke gewasbescherming. Voor bemesting ligt het al wat genuanceerder en voor kwaliteitsturing zijn nog nauwelijks toepassingen te vinden.

Ontwikkelingen

De huidige generatie precisielandbouw voor de open teelten richt zich op tijd- en plaats specifiek management. Het object van handelen is een 'management zone', een deelperceel. De in ontwikkeling zijnde technologieën maken het gemakkelijker observaties uit te voeren, gegevens te transporteren en data te verwerken. Dit sluit aan bij de algemene ontwikkeling rondom draadloze sensortechnologie, internet technologie en toenemende rekenkracht.

De Europese ambities (Lissabon strategie) worden weergegeven in de MANUFUTURE visie 'Agricultural Engineering and Technologies: vision 2020 and strategic research agenda' en het werkprogramma 2009-1010 van de EUROPEAN COMMISSION over 'ICT-Information and Communication Technologies'. Beide programma's fungeren als roadmaps en zijn daarmee deels bepalend voor de te verwachten ontwikkelingen.

Enkele belangrijke punten uit deze programma's:

MANUFUTURE: Precisielandbouw is in 2020 gemeen goed. Voor dierlijke productie betekent dat, dat dieren gehouden kunnen worden in groepshuisvesting met uitloop en natuurlijke ventilatie, waarbij routinematige werkzaamheden steeds meer door (mobiele) robots worden uitgevoerd. Een scala aan sensoren, software en draadloze netwerken zorgen voor de juiste informatie op het juiste moment bij de juiste persoon. Het ICT-werkprogramma geeft aan dat de ontwikkelingen in de ICT voldoende snel zijn om o.a. de ontwikkelingen in precisielandbouw te ondersteunen. De uitdaging voor het Nederlandse bedrijfsleven, onderzoek en overheid is om de twee agenda's met elkaar in verbinding te brengen en toe te spitsen op landbouw.

Beleid

Er is een sterke interactie tussen de toepassing van de technologische ontwikkelingen en beleid. Daarbij spelen de volgende belangrijke items.

De 1ste generatie precisielandbouw is voornamelijk gericht op gewasbescherming en plaats specifieke gewas- en bodemverzorging. Praktijkimplementatie en kennisontwikkeling voor beslisregels rondom gewasbescherming en plaats specifieke gewas- en bodemverzorging is essentieel voor doorontwikkeling. De 2de generatie voor precisielandbouw richt zich meer op optimaal beheer van nutriënten, energie-efficiëntie en oriëntatie op individuele plantobservatie en robotisering. In de akkerbouw komen toepassingen op gang.

Het is opvallend dat voor het gewas 'gras' in Nederland, dat ruim meer nutriënten (75%) consumeert dan de akkerbouw, precisielandbouw nog helemaal niet toegepast wordt. Theoretisch is daar met precisielandbouw veel te winnen wat betreft opbrengst

en verspilling van nutriënten (mineralen). Zeker als dit gecombineerd kan worden met optimalisatie van waterbeheer (inclusief beregening). Handhaven van bestaande of nieuwe regelgeving kan gebaat zijn bij toepassen van de technologische mogelijkheden, als van quite af aan de technologische mogelijkheden bij beleidsontwikkeling betrokken worden. Omgekeerd kan specifieke regelgeving de toepassing van technologie bevorderen en remmen.

Bronnen

http://ec.europa.eu/enterprise/ict/index_en.htm#policy

<http://www.lofar.org/p/Agriculture.htm>

<http://www.manufuture.org/strategic.html>

3.1.3.2 *Precision Livestock Farming, dier centraal*

Met de ontwikkelingen rondom informatie en communicatietechnologie kan, ook bij schaalvergroting, ieder dier die aandacht krijgen die het nodig heeft. Daarmee kan het concept van precisielandbouw ('precision livestock farming') een belangrijke bijdrage leveren aan dierenwelzijn, preventief gezondheidsmanagement en economisch rendement en dus aan een duurzame veehouderij.

Echter, de ontwikkelingen rond informatie- en communicatietechnologie vinden veelal buiten de landbouw plaats. Voor een snelle en goede toepassing in de veehouderij is samenwerking tussen sectoren noodzakelijk.

Huidige situatie

Twee paradigma's zijn belangrijk bij de ontwikkeling van precision livestock farming. Dat zijn focus op de groep versus het individu en focus op uniformiteit versus het benutten van variatie.

Groep versus individu: schaalvergroting is, gegeven nationale en internationale economische ontwikkelingen, in de veehouderij een algemene trend. Nationaal gezien spelen toenemende aandacht voor dierenwelzijn, kwaliteit van de arbeid en preventieve en op risico inschatting gebaseerde diergezondheid een rol. De zorg is dat steeds minder tijd beschikbaar is voor ieder individueel dier en de dieren steeds meer als een groep benaderd worden, zoals bij vleeskippen en –varkens al 'normaal' geworden is. Dit is in tegenspraak met de gedachte, dat juist ieder individueel dier in staat is te laten zien hoe het zich voelt. In het 'hier en nu' laat een dier via (non-)verbale signalen zien hoe het in zijn vel zit, of het voldoende beweegt en slaapt, hoe het in de groep past, etc. Voor een veehouder en het dier is het van belang dat de veehouder die diersignalen op kan vangen, begrijpen en gebruiken in het management.

Uniform versus benutten van variatie: een tweede overheersende gedachte is, dat we ook in de veehouderij streven naar zoveel mogelijk uniformiteit. Uniforme producten zijn

gemakkelijker te managen en te verwaarden in de keten. Fokkerij en ruilverkaveling zijn daar extreme voorbeelden van. Iedere veehouder en adviseur weet echter dat er desondanks toch nog grote verschillen zijn tussen dieren, planten, bodems, veehouders, etc. Dit hoort bij het werken met 'leven' en geeft juist ook charme aan het werken met dier en plant.

Met precisielandbouw kun je ook inspelen op die variatie. Dure productiemiddelen, zoals voer en mest, kun je beter geven aan dieren en planten die er efficiënter mee omgaan. Dynamisch voeren maakt volop gebruik van dit principe. Denken in en managen van variatie is profijtelijk. Situatie (dier of plant + omgeving) afhankelijk maatwerk wordt hierbij de norm.

Ontwikkelingen

Informatie- en communicatietechnologie

De algemene ontwikkelingen rondom informatie- en communicatietechnologie gaan snel en worden volop geïntegreerd in ons dagelijks leven. Denk aan de producten en diensten die gebaseerd zijn op draadloze communicatie (mobieltje), internet (vast en mobiel), locatiebepaling (TomTom is een begrip geworden) en toegenomen rekenkracht (mobieltje van nu heeft rekenkracht van een grote computer van 10 jaar geleden). Vaak gaat het om een combinatie van een sensor en een software/intelligentie. Deze sensortechnologie en intelligente interpretatie en advisering is goed in de veehouderij toe te passen. Het wordt mogelijk om 'real time' dieren te observeren, hun gedrag in die situatie te interpreteren en daar in het management rekening mee te houden.

Precision Livestock Farming

Het internationale netwerk 'Precision Livestock Farming' (PLF) beoogt toepassingen van de technologische trends in informatie- en communicatietechnologie, die vooral in niet-agrarische sectoren plaatsvinden, in de agrarische sectoren te stimuleren. De uitdagingen liggen in de kennisontwikkeling voor de interpretatie van gegevens en het inpassen in de operationele bedrijfsvoering van veehouders. Diverse nieuwe producten en diensten rondom early warning voor ziekten en procescontrole worden mogelijk. In essentie komt het er bij PLF op neer dat we het gedrag van een individuele koe, varken of kip continu en automatisch waar kunnen nemen, interpreteren en de gegevens gebruiken in het operationele management. Daarmee wordt het individuele dier centraal gezet. Stimuleren van samenwerking tussen de agrarische sector en (veelal niet-agrarisch) bedrijfsleven in specifieke toepassingen is daarvoor essentieel.

Beleid

Deze samenwerking komt niet automatisch tot stand, maar moet heel gericht gezocht en gestimuleerd worden. Om de kansen die PLF biedt te benutten is actieve stimulering van samenwerking noodzakelijk.

De sprong van groep naar individu en van uniformiteit naar benutten van variatie zijn een sprong richting duurzame veehouderij (systeeminnovatie).

Daarnaast, toepassen van PLF betekent een nieuwe wereld aan mogelijkheden wat betreft tracking & tracing, gezondheid, ziekte- en dierenwelzijnsmonitoring. Benutten van de mogelijkheden in huidig en toekomstig beleid vereist specifieke aandacht.

Maatschappelijke acceptatie van vergaande technologisering in de veehouderij vereist specifiek aandacht. Ook als die technologisering op rationele gronden voordelen biedt voor dierenwelzijn en gezondheid is het nog de vraag of dat maatschappelijk geaccepteerd wordt. Hier ligt bijvoorbeeld een verband met de maatschappelijke discussie over 'megastallen'.

Bronnen

Wathes, C.M., H.H. Kristensen, J.M. Aerts and D. Berckmans (2008) *Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?* *Computers and Electronics in Agriculture* 64: 2-10.

<http://www.lofar.org/p/Agriculture.htm>

<http://www.wasp-project.org/>

3.1.3.3 *Diversificatie en maatwerkproducten*

Genomics, sensor- en identificatietechnologie en ICT zijn zo ver door ontwikkeld dat ze perspectief bieden voor toepassing bij een specifieke (markt)vraag. Als de inzet van deze nieuwe technologieën gecoördineerd worden toegepast, komt maatwerkproductie binnen bereik. De grote verandering zal zijn, dat met de huidige technologie veel sneller en efficiënter dan in het verleden fok/selectie-producten op maat gemaakt kunnen worden, dus ook voor een regio, of een specifieke (kleine) toepassing (selectie van maatwerk rassen/types). De technologie maakt het zo mogelijk dat in de keten producten met de juiste en gegarandeerde specificaties geleverd kunnen worden en ook dat specifieke producten rechtstreeks van producent aan consument geleverd kunnen worden. Dergelijke toepassingen worden mogelijk via het 'internet of things'.

Ontwikkelingen

Voor dierlijke productie is snelle selectie van 'maatwerkdieren' uit een populatie duidelijk een technologiesprong. Bij planten lag dat al binnen bereik, vooral ook omdat veel plantensoorten gemakkelijker en sneller zijn te vermeerderen dan de meeste diersoorten. De selectie kan toegepast worden om bv duurzaamheidsproblemen op te lossen, maar zeker ook voor nieuwe marktfragen.

Daarnaast speelt voor planten en dieren, dat het met sensor- en nanotechnologie binnen bereik komt om farm producten op specificatie te scheiden. Bv melk met een bepaald gehalte aan specifieke vetzuren, melk zonder lactose, appels met een gering

gehalte aan allergenen, fruit in een specifiek rijpingsstadium, aardbeien of sla met een specifiek gehalte aan bepaalde smaakstoffen.

Het traject daarna kan betekenen dat gespecificeerde producten direct aan de consument geleverd worden, maar dit kan ook via een on-farm processingstap lopen.

Een toepassing die nu al aan de orde is, is de directe vermarkting van dagverse vis: met nieuwe vangstechnieken wordt dagvisserij mogelijk, waarbij de vis tijdens het sorteren aan boord via webcams en internet door restauranthouders wordt gekozen en gekocht. De vis wordt diezelfde dag afgeleverd; de veiling heeft nog steeds een rol bij de afhandeling van transacties en logistiek. De abonnementen, waarmee de biologische sector voor groente en vlees werkt, en de daaruit voortkomende internetwinkels met particuliere afleverpunten zijn signalen, dat een dergelijk 'internet of things' zijn weg begint te vinden.

Beleid

Bij doorontwikkeling tot een 'door to door' markt met directe levering aan de consument moet de retail een geheel andere rol dan de huidige spelen. Of zo'n ontwikkeling in- en doorzet is niet afhankelijk van de technologie (die is grotendeels beschikbaar), wel van de wijze waarop 'insituties' daar mee om gaan cq het toelaten. Als zo'n ontwikkeling doorzet, vraagt dit nieuw beleid qua toezicht op veiligheid voor de consument en garanties tav product specificaties.

Samenvattend

	Precisielandbouw	Diversificatie en maatwerk
Verandering	Van generieke naar specifieke toepassingen in alle sectoren van de landbouw	Van bulkproductie naar maatwerkproductie
Betekenis voor sector	Mogelijkheid van specifieke toepassingen passend bij de ondernemer leidend tot kostenreductie, diversificatie, maatwerkproductie en hogere toegevoegde waarde	Kunnen leveren van maatwerk (diversificatie van producten) met toegevoegde waarde
Betekenis voor maatschappij	Reductie van emissie van schadelijke stoffen	De agrarische sector kan beter voldoen aan vragen van de consument
Raakvlak beleid	Verscheidend voor plantaardige en dierlijke sectoren. Plantaardig richt zich op verder faciliteren van de kansen van robotica Dierlijk richt zich op maatschappelijke acceptatie en voorkomen van aantasting van de intrinsieke waarde van het dier	Creëren van het juiste innovatieklimaat voor pionierende ondernemers in een belemmerende institutionele omgeving Nieuw beleid dat de toezicht op de veiligheid voor de consument regelt en garanties biedt voor de product specificaties.

3.1.4 Aquacultuur

Geert van der Peet en Ferry Leenstra, ASG, Wageningen UR

Aquacultuur omvat zowel de kweek van dierlijke als plantaardige organismen en strekt zich daarmee uit van meervalteelt tot de kweek van zeewier. De pijlers van de Nederlandse aquacultuur zijn schelpdier- en visteelt. Schelpdierteelt concentreert zich langs de kust evenals de 'zoutwaterplantenteelt', visteelt vindt vooral plaats in recirculatiesystemen. De vraag naar vis en schelp- en schaaldieren is groot en groeiende. De aquacultuur is wereldwijd de snelst groeiende voedselproducerende sector. Enerzijds om te voldoen aan de vraag en de marktkansen die het biedt, maar vooral ook als duurzame aanvulling en gedeeltelijke vervanging van de wildvang van vis. Toepassing van gesloten systemen met recirculatie bieden kansen voor milieu, gezondheid, welzijn en de ecosystemen. Ook de schelpdiercultuur gaat steeds meer van een extensieve naar een intensieve visserij. Nederland speelt op specifieke terreinen van de aquacultuur een mondiale rol. Technologisch heeft Nederland met recirculatiesystemen qua kennis een voorsprong.

Huidige situatie

De vraag naar vis (incl. schaal- en schelpdieren) neemt toe. Enerzijds door de toenemende wereldvraag en het groeiende besef van de gezonde voedingswaarde van vis. Echter het gaat slecht met de visstand en de toenemende brandstofprijzen maakt de vangst duur. Aquacultuur biedt perspectief, maar niet de teelt van elke vissoort is economisch kansrijk. Het is wereldwijd de snelst groeiende voedselproducerende sector. Van alle geconsumeerde vis wordt 50% geteeld en dit aandeel neemt toe. China is de grootste producent. De productie in Europa loopt mondiaal achter. De productie van kweekvis bedraagt in Nederland slechts 10% van de visaanvoer. Daar staat tegenover dat Nederland sterk is als internationale visvoerproducent en bijzonder sterk is als (kennis)leverancier van gesloten vissystemen (Rothuis, 2008). In dergelijke systemen wordt het water gezuiverd en gerecirculeerd met als voordeel dat het energiezuinig is voor warmwaterteelten en er praktisch geen reststromen zijn. Aquacultuur is voor Nederland vooral een exportartikel van kennis, installaties en apparatuur. De Nederlandse productie richt zich vooral op niche-markten waar het gaat om versproducten of om producten met een keurmerk. Dit heeft alles te maken met de concurrentie van diepgevroren vis (*Pangasius*, *Tilapia*) uit Azië. Mogelijk heeft de nieuwe meerval kruising 'Claresse' op termijn een eigen bulkmarkt.

De teelt van garnaal-achtigen ontwikkelt zich eveneens snel, met name door ontwikkelingen in beheersing van ziekten.

Technologie

In feite heeft Nederland met haar investering in recirculatiesystemen een technologie voorsprong. In de beschikbare literatuur komen geen andere technologiedoorbraken naar voren, die direct in de Nederlandse situatie toegepast kunnen worden. Zo'n andere technologie zou genetische modificatie van vis kunnen zijn. In een op 8 juli 2008 georganiseerde seminar 'toekomst voor aquacultuur' wordt de noodzaak tot duurzaamheid benadrukt. Dit vraagt wel een technologische doorontwikkeling gericht op welzijn, milieu, voedselveiligheid en economische duurzaamheid bij vis- en schelpdierenteelt. Voeding van vis ('geen vis voor vis') is een belangrijk onderwerp.

Ontwikkelingen

De meest sturende factor bij de ontwikkeling van de aquacultuur is de prijs. Momenteel bieden recirculatie systemen kansen om concurrerend te zijn, maar afhankelijk van kwaliteit, versheid etc. Visteelt in recirculatiesystemen kan 'overall' en ruimte hoeft dus geen beperkende factor te zijn. Voor de teelt van schelpdieren ligt dit anders, omdat de kweeksystemen nog grotendeels in open water zijn.

De toenemende brandstofprijs stimuleert tot productie van vis met extra toegevoegde waarde, maar kan volgens Harvey (2005) ook leiden tot productie voor meer lokale/niche markten.

Belangrijk is het vinden van voedingssupplementen en alternatieve visvoerders, ter vervanging van de nu veelal op vismeel uit wildvang gebaseerde voeders (Internationaal congres Aquacultuur Patras, 11 en 12 juni 2007)

Juist bij aquacultuur zijn technologiesprongen qua voeding (eiwitvoorziening) noodzakelijk en mogelijk. Zie bv de experimenten op commerciële schaal van Happy Shrimp (kweken van algen om garnalen te produceren) en de tongteelt in Zeeland (teelt van zagers, die als voeding voor eindproduct tong dienen en als bijproduct algen die voor schelpdierenkweek interessant zijn). Hier ligt een link naar algenteelt in het algemeen, waarbij mogelijk afvalwater en mest als voeding voor de algen kunnen dienen.

Dergelijke complexe systemen zijn lastiger, maar interessanter dan de traditionele pogingen om bij geteelde roofvissen (zalm, forel) vismeel als voedergrondstof te vervangen door soja en andere plantaardige eiwitbronnen. Een andere invalshoek is het verbeteren van teelt van vegetarische vissen (karper, tilapia, pangasius).

Belangrijk bij visteelt is energievoorziening: hogere temperaturen betekenen snellere en efficiëntere groei. Benutting van restwarmte ligt sterk voor de hand; het betreft hier zowel opwarming als koeling, afhankelijk van de te kweken soorten.

Beleid

Binnen Nederland is volgens Rothuis de toekomst van de aquacultuur onzeker: 'moeten we ons richten op de export van kennis en broedmateriaal, of moeten we ook consumptievis kweken'. Veel hangt af van de regelgeving. Feit is dat momenteel aquacultuur wordt gestimuleerd.

Scherpe aandacht voor duurzaamheid is noodzakelijk, o.a. de houderijcondities, zowel wat betreft beheersing van ziekten, als mogelijkheden soortspecifiek gedrag te uiten. Gezondheid speelt bij alle waterdieren, welzijn in ieder geval bij de vissen. De huidige houderijsystemen vertonen qua beeldvorming overeenkomsten met de systemen ontstaan in de tweede helft van de vorige eeuw voor de intensieve veehouderij.

Bronnen

Harvey, 2005. *Aquaculture Production Driving Many Seafood Markets. Aquaculture Outlook/LDP-AQS-22/October 6, 2005. Economic Research Service, USDA.*

Rothuis, 2008. *Berichten Buitenland Sectorspecial, nummer 4, april 2008.*

Samenvattend

	Aquacultuur
Verandering	Stapsgewijze verschuiving van visvangst in open wateren naar aquacultuur. Nieuwe visvoeding
Betekenis voor sector	Kennis over en export van gesloten recirculatie systemen. De ontwikkeling in productie (omvang) en daarmee de waarde van de aquacultuur in Nederland is nog onduidelijk
Betekenis voor maatschappij	Duurzaamheidsbijdragen gericht op overbevissing, gezondheid, welzijn en milieu
Raakvlak beleid	Er worden al subsidie instrumenten ingezet die ruimte voor ontwikkeling bieden van de aquacultuur Aandacht nodig voor houderijcondities (gezondheid en welzijn) en beeldvorming van de consument over intensieve aquacultuursystemen

3.1.5 Kunstvlees en andere vleesvervangers

Ferry Leenstra en Geert van der Peet, ASG, Wageningen UR

Een belangrijke strategie in de reductie van broeikasgassen is vermindering van de consumptie van dierlijke eiwitten. Daarnaast zijn er stromingen die uit ethische en/of dierenwelzijnsoverwegingen de consumptie van dierlijke eiwitten willen beperken. Zo'n 'eiwittransitie' kan ondersteund en versterkt worden als vleesvervangers op de markt komen met nutritioneel en sensorisch vergelijkbare eigenschappen.

Ontwikkelingen

De consumptie van vlees neemt wereldwijd toe. Echter, vanuit de risico's van dierlijke productie voor humane gezondheid, uit oogpunt van dierenwelzijn en/of vanuit milieuoverwegingen is er ook een tendens naar vleesvervangers/vegetarische voeding. Vis is een mogelijk alternatief, echter visteelt zal tegen identieke problemen aanlopen als intensieve teelt van landdieren (welzijn, milieu, benutten grondstoffen) en wildvang van vis loopt al tegen grenzen aan.

Er bestaan reeds producten op basis van eiwitten van erwten en bonen, ei- en melkeiwitten, schimmeleiwitten (falafel, tahoe/tempeh, Quorn, Valess). Deze producten worden zuiver, maar ook wel in combinatie met vlees in kant en klaar producten verwerkt, waarbij dus een deel van het vlees wordt vervangen door andere eiwitbronnen. De vleesvervangers benaderen wel de voedingswaarde van vlees, maar niet de specifieke sensorische eigenschappen. Diverse partijen zijn daarom op zoek naar vlees op grond van celcultuur/weefselkweek.

Bij succes tegen een aanvaardbare kostprijs kan dit de dierlijke productie sterk beïnvloeden. Momenteel is cultuur van spiercellen in een bioreactor op laboratoriumschaal mogelijk. Voor het verkrijgen van de specifieke structuur van vlees is het noodzakelijk dat de spiercellen in een vaste matrix groeien.

Technologische belemmeringen zijn de kosten van het voedingsmedium, het kiemvrij houden van het gehele proces (spiercellen worden gemakkelijk door een scala aan kiemen overgroeid) en het groeien van de cellen in een vaste matrix. Optimistische schattingen komen op een kostprijs die ongeveer het dubbele van kip (goedkoopste en meest efficiënt geproduceerde vlees) bedraagt.

De verwachting is daarom dat in de termijn van 15-20 jaar de productie van vleesvervangers nog geen echte trendbreuk in de dierlijke productie met zich mee zal brengen.

Insecten en wormen zijn ook eiwitrijk en te kweken. Zie bv ook de toename van de teelt van garnalen, die al wel ruimschoots geaccepteerd zijn voor humane voeding. Bij wormen en insecten is dat in de westerse wereld nog niet het geval. In diverse andere culturen is de consumptie van insecten (en de teelt daarvoor) substantieel. In Nederland zit consumptie van insecten meer in het alternatieve circuit en worden van daaruit pogingen gedaan insecten als voedsel bij het grotere publiek te introduceren, o.a. vanuit Wageningen UR.

Beleid

De mate waarin (inter)nationaal vanwege klimaatdoelstellingen ingezet wordt op de 'eiwittransitie' is bepalend voor het tempo waarin alternatieve eiwitbronnen beschikbaar komen. Momenteel is het aantal nieuwe concepten onder de vleesvervangers beperkt. De productie van vleesvervangers is niet per definitie duurzaam; aandacht voor duurzaamheid bij de ontwikkeling van vleesvervangers is noodzakelijk. De eiwittransitie komt overigens niet 'vanzelf' tot stand. Het gaat niet alleen om het beïnvloeden van de consument, maar juist om beïnvloeding van alle partijen en structuren om de consument heen.

Bronnen

<http://invitromeat.org/>, http://en.wikipedia.org/wiki/In_vitro_meat

<http://en.wikipedia.org/wiki/Entomophagy>

Blonk, H., A. Kool en H. Luske (2008). *Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten*. *Blonk Milieu Advies*, Gouda.

Garnett, T. (2008) *Cooking up a storm*. Food Climate Research Network;

<http://www.fcrn.org.uk/>

Hoogland, Carolien, Harry te Riele, en Jan Rotmans (2008) *De Eiwittransitie; dertig jaar discussie, kans op take-off, Drift*, Rotterdam.

Samenvattend

	Kunstvlees en andere vleesvervangers
Verandering	Wereldwijd niet op termijn van 15 - 20 jaar, NW-EU verschuiving naar meer vleesvervangers
Betekenis voor sector	Nauwelijks
Betekenis voor maatschappij	Meer keuze, link naar gezondheid
Raakvlak beleid	Via de eiwitdialog en de invloed van dierlijke productie op de emissie van broeikasgassen

3.1.6 Logistiek en ketenefficiency

Arjen Simons, AFSG, Wageningen UR

Logistiek en ketenefficiency hebben een belangrijke impact op het verssegment. De Rabobank studie 'Changes in the Global Food System' laat zien, dat de mondiale versstromen in omvang aan het toenemen zijn, maar ook dat zij structureel aan het verschuiven zijn en dat dit wordt gefaciliteerd door een systemsprong in juist die verslogistiek en vice versa. Dit betekent dat de inrichting en de sturing van deze mondiale versnetwerken structureel aan het wijzigen zijn.

3

Huidige situatie

We hebben ook in vers te maken met een globalisering waarin steeds meer spelers toegang tot de Westerse markten krijgen. Deze markten vragen een jaarrond beschikbaarheid van producten. Mondiaal inkopen is dan een aantrekkelijke optie. Druiven, als voorbeeld, worden jaarrond achtereenvolgens ingekocht uit het Middellandse zeegebied, Chili, Zuid Afrika en India. Omdat het om grote volumes gaat met hoge eisen aan het product en de keten (en dus hoge initiële investeringen) is schaalvergroting in de productie, de verzameling, het vervoer, de aanlanding, de consolidatie bij de markt en het afzetten in de markt een overheersende trend. Aan de productiekant leidt dit tevens tot specialisatie.

Tegelijkertijd vormen de opkomende economieën ook markten waar vergelijkbare ontwikkelingen plaatsvinden of mogen worden verwacht. Door enerzijds een toenemende welvaart maar anderzijds ook een sterk groeiende stedelijke bevolking zien we vergelijkbare behoeftes ontstaan als in de Westerse wereld.

Hier spelen discussies doorheen in hoeverre deze mondiale stromen negatief bijdragen aan het vraagstuk van klimaatverandering. Foodmiles/ CO₂ footprint discussies stellen de mondialisering van onze voedselvoorziening structureel ter discussie en beginnen te functioneren als een ordeningsmechanisme, waarbij uitleveren van goederen over grote afstanden acceptabel is, indien het qua CO₂ footprint een vergelijkbare of betere score laat zien dan lokaal geproduceerd product, dat buiten het oogstseizoen vanuit een koelhuis wordt uitgeleverd, of waarvoor verwarmde en verlichte kassen noodzakelijk zijn. Dit proces wordt versterkt door de oplopende brandstofprijzen. Zeetransport kan dan al snel uit, terwijl luchttransport in toenemende mate niet meer concurrerend is.

Fysiologische/technologische/keten ontwikkelingen

De markt is dus een grote aanjager voor de veranderingen in de mondiale versnetwerken. Deze veranderingen worden gefaciliteerd door beter inzicht in het

product zelf (fysiologie), de fysieke beheersing van de omgeving van het product en de inrichting/sturing van de keten van producent tot consument.

Via veredeling zijn variëteiten van hande!sgewassen op de markt gekomen met een betere uniformiteit, bewaarbaarheid en transporteerbaarheid. Verder is het mogelijk geworden om de kwaliteitsaspecten (bijv rijpingsfase) objectief te meten en het verloop ervan te voorspellen. Houdbaarheidsverlenging is daarbij mogelijk door de omgevingscondities aan te passen (Controlled Atmosphere) of dit door het product zelf te laten regelen via de gasuitwisseling van het product (Modified Atmosphere). Via natuurlijke rijpingsremmers kan de veroudering van een product sterk vertraagd of volledig stil gelegd worden. Met nieuwe supersnelle invriestechnieken kan vlees en vis zonder verlies aan kwaliteit langdurig bewaard worden.

Dit heeft geleid tot betere opslag-, transport-, verpakkings- en bewerkings- en verwerkingstechnieken. Enerzijds kunnen we deze technieken/inzichten gebruiken om de opzet van de versnetwerken robuust te maken. Anderzijds kunnen we deze versnetwerken operationeel intelligent maken door de onderliggende processen met sensoren te monitoren, ter plekke actief de kwaliteit op peil te houden of responsief op afstand bij te sturen wanneer de markt daar om vraagt. Dit kan op het niveau van het transportmiddel (bijv zeecontainer), ladingdrager (krat) of de consumentverpakking met als resultaat lagere uitval, betere consumentenkwaliteit, lagere energieverbruik en lagere kosten gecombineerd met een hogere responsiviteit richting de markt.

Dit kan echter alleen indien al deze elementen onderdeel zijn van een totaalconcept, waarbij ook communicatiemiddelen, protocollen, tracking en tracing en kwaliteitsmanagement (Global Gap) goed zijn geregeld en ondersteund door sturingshulpmiddelen als bijv simulatiesomgevingen voor versnetwerken en internetbased benchmarkinstrumenten voor sturing en training. Met die ondersteuning wordt het ook mogelijk de CO₂ footprint van producten te vergelijken en/of de Life Cycle Analysis van een productieketen te maken.

Daarbij worden omslagen als van luchttransport naar zeetransport, van special foodshipcarriers naar zeecontainer vervoer, van Controlled Atmosphere containers naar normale koelcontainers, etc gefaciliteerd. Met intelligente verpakkingen mag je bovendien verwachten dat de consument meer service zal krijgen, terwijl er tegelijkertijd in de retail en in de toeleverende keten grote voordelen zijn te behalen.

Sturing in ketens

De macht in het Europees agrifoodcomplex ligt bij de retail en inkooporganisaties. Zij controleren de keten. Zij stellen steeds hogere eisen aan ketens wat betreft kwaliteit en efficiëntie. Dit jaagt schaalvergroting en specialisatie aan, waarbij de gezamenlijke retail voor een wereldwijd 'level playing field' heeft gezorgd met Global Gap. Ook hier is een verschuiving zichtbaar van 'licence to produce' naar 'licence to deliver'.

Alleen grote dan wel gespecialiseerde toeleverende ketenpartijen hebben voldoende middelen om de investeringen in kennis, kunde en het noodzakelijke instrumentarium voor deze innovaties te doen. Wat ook opvalt is dat veredelingsbedrijven in dit veranderingsproces aan invloed (voorwaartse integratie) winnen.

Effecten op het niveau van de versketen

Door een betere beheersing worden versproducten verser en in 'natuurlijke' vorm aan de consument aangeboden. Voor een groot aantal producten wordt luchttransport vervangen door zeetransport cq zeekoeltransport en daarmee energetisch de helft goedkoper gekoppeld aan een inherent betere productkwaliteit voor de consument en minder uitval in de keten. Versketens worden intelligenter en responsiever.

Het transport en daarin het product kan op afstand worden gevolgd en indien nodig kan de klimaatregeling worden bijgesteld als het product erom vraagt of als bijvoorbeeld de bestemming/het aflevertijdstip wordt gewijzigd. Dat maakt toepassing van (nieuwe-althans voor vers) ketenconcepten mogelijk, bijvoorbeeld:

- Door to Door (de drijvende kracht achter dit concept is overigens de angst voor bioterrorisme)
- Ripe on arrival
- Floating stocks
- Global sourcing
- Nieuwe duurzame ketenregieconcepten (bijv Trustfood)

De effecten op het ketenniveau vertalen zich versterkt door op het versnetwerkniveau. Luchttransport wordt voor een belangrijk deel vervangen door zeetransport. De consolidatie in zeehavens is vanuit het product gezien niet langer nodig. Sourcing kan werkelijk globaal worden gedaan. Daarmee zal de wereldhandel een explosieve groei laten zien. Er is een nieuwe generatie van ketenregisseurs (bijv Trustfood) in opkomst die alle aspecten (vervoer, verzekering, inkleding, etc) tussen oogst en aanlevering bij retail voor hun rekening nemen. Daarbij laten de onderliggende concepten zich gemakkelijk kopiëren van de ene sector naar de andere sector (First Mover takes all?). Tenslotte zal de wereldwijde productiespecialisatie verder worden aangejaagd.

Beleid

De veranderingen in 'vers' hebben effect op de productie en handel in en over Nederland. Daarbij valt te denken aan een veranderende rol van de mainports (consolidatie is niet langer nodig). Containers met versproducten zullen direct worden doorgezet naar het achterland of lokale Greenports. Daarmee valt de 'Versterminal' in Rotterdam feitelijk weg als strategische voedselvoorraad. Voedselzekerheid wordt daarmee weer een issue. Door de verschuiving van deze versstromen van special foodship carriers naar zeecontainertransport wordt Nederland als 'Gateway to Europe' mogelijk belast met extra transportstromen.

De veranderende rol van ketenactoren ('door-to-door' betekent een sterk vereenvoudigde keten) zal een herschikking veroorzaken binnen de Nederlandse handel. Daarbij kan de verankering van een regiefunctie in Nederland alleen op basis van kennis en een integraal regie instrumentarium (ketens worden steeds meer gereguleerd -bijv Global Gap- maar daarmee ook kennisintensiever). De noodzakelijke investeringen kunnen alleen door de grote spelers of door specialisten worden gedaan. Deze zijn voor een deel nog 'onbewust /onbekwaam'. Hoe dan ook dit zal een majeure verandering betekenen voor het Nederlandse agrifoodcomplex. Sommige producten zullen niet meer in Nederland geproduceerd worden, terwijl andere productie juist wordt aangetrokken.

Ook voor vers geldt 'the World is becoming flat'. Nederland moet in een mondiaal netwerk zijn positie als productieland en handelspositie bevechten/uitbouwen.

Nederland heeft door een sterke productiepositie ook een sterke handelspositie weten te verwerven. In de toekomst zal een sterke handelspositie ook een sterke Nederlandse productiesector nodig hebben vanwege de benodigde responsiviteit.

Dit is feitelijk een paradigma shift. In de vleessector (als voorbeeld) heeft Nederland vanwege haar locatie maar ook door haar hoogwaardige productie een unieke positie / USP's voor wereldwijde vierkantsverwaarding. Deze moeten in de nieuwe context echter wel worden waargemaakt.

Competing claims, c.q. het beleid daarop kan de systeemsprong vertragen (impliciete protectie bijv USA: 'mais voor ethanol' geeft in Mexico honger) of juist versnellen (hogere prijzen jaagt wereldwijde specialisatie aan).

Met name hoge energieprijzen en dreigende voedseltekorten stimuleren nationaal of regionaal protectionisme.

Bronnen

http://www.unctad.org/en/docs/ditcmisc200419_en.pdf

Samenvattend

	Logistiek en ketenefficiency
Verandering	Stapsgewijze ontwikkeling van enkele grote ketens (vaak gericht op bulk) naar het mogelijk maken van een veelheid van kleine ketens met een diversificatie van producten Van lucht naar zeetransport
Betekenis voor sector	Internationaal snel inspelen op nieuwe vragen van consumenten
Betekenis voor maatschappij	Meer bijdragen aan consumentenwensen, bijdrage aan duurzaamheid via verminderd CO ₂ uitstoot en verminderd transport
Raakvlak beleid	Vermindering van de CO ₂ productie, Greenports, duurzaamheid/fair-trade, etc. Retail wordt vervangen door nieuwe concepten, die aanpassingen vragen wat betreft garantie voor voedselzekerheid en -kwaliteit

3.2 Technologie en mogelijke belemmeringen in autonome ontwikkeling

3.2.1 Emissies

Michel Smits en Nico Ogink, ASG Veehouderij

De Nederlandse landbouw is een bron van (ongewenste) emissies naar bodem, water en lucht via vermisting, bestrijdingsmiddelen, stof, broeikasgassen en ammoniak. Vermesten en emissie van bestrijdingsmiddelen kunnen in belangrijke mate voorkomen worden door de principes van precisielandbouw toe te passen. Lastiger is het met broeikasgassen, ammoniak en stof in de veehouderij. In deze paragraaf komt aan de orde in hoeverre technologie bij kan dragen aan het reduceren van ongewenste emissie uit houderij systemen.

Huidige situatie, algemeen

Door schaalvergroting nemen de gasvormige emissies (ammoniak, geur, broeikasgassen) en fijn stof op een bedrijfslocatie in beginsel toe. Milieu-investeringen renderen sneller bij grote bedrijven. Daardoor dragen milieueisen bij aan schaalvergroting (Milieubalans, 2008). Een grote uitstoot vanuit één bedrijf kan tot overschrijding van grenswaarden (zie www.infomil.nl) leiden. Dit uiteraard afhankelijk van de achtergrondconcentratie (andere grote bronnen in de nabijheid zoals andere stallen, verkeer, industrie). Bij bedrijfsvergroting en nieuwbouw worden veelal reductiemaatregelen (best beschikbare techniek (BBT) of verdergaand) toegepast. In de nabije toekomst zullen geleidelijk ook bestaande bedrijven verplicht worden tot reductiemaatregelen (Besluit huisvesting).

Op locaties waar nieuwbouw en uitbreiding wordt toegestaan (Landbouw Ontwikkelings Gebieden), wordt, met toepassing van emissiebeperkende technieken, veelal gebouwd tot net onder de grens van de meest limiterende norm, zodat de lokale impact van emissies toch fors kan zijn. Op nationale schaal nemen emissies door uitkoop van traditionele bedrijven (dierplaatsen/mestrechten) wel structureel af.

In de varkens- en pluimveehouderij zijn het afgelopen decennium al veel emissie-arme stallen gebouwd. In de melkveehouderij (runderen en geiten) begint dit nu pas op gang te komen. Ook andere kleine veehouderijtakken zijn nog in een pril stadium bij het ontwikkelen en toepassen van reductietechnieken. Hier wordt de komende jaren echter ook een inspanning van verwacht.

Specifieke trends per sector:

Melkvee

Bij melkvee zijn een aantal trends te bespeuren, die tot hogere emissies kunnen leiden:

- als het melkquotum in de EU wordt afgeschaft, wordt een toename van de melkproductie in Nederland verwacht van ca 15% (bron: LEI).
- Bij nieuwbouw/aanpassing van stallen wordt gestreefd naar verbetering van het welzijn door ondermeer vergroting van de hoeveelheid m² vloer per dier en vergroting van de (dwars)ventilatie. De trend in het bouwen van meer open stallen met hogere luchtsnelheden in de stal en meer oppervlak per dier kan leiden tot hogere ammoniakemissies.
- Ontwikkeling van welzijnsvriendelijke alternatieven voor de ligboxenstal, zoals de vrijloopstal, kunnen leiden tot hogere emissies wanneer geen geschikte bodempakketten met lage emissie-eigenschappen beschikbaar komen.
- Afname van weidegang is een trend, die niet zo'n grote impact heeft op de stalemissie als de hiervoor beschreven wijzigingen. Er wordt op veel bedrijven al beperkt geweid: zowel het aantal dagen per jaar als het aantal uren per dag neemt al langere tijd af. Bij beperkte beweiding neemt de stalemissie slechts beperkt af omdat er op de stalvloer nog verse excreta liggen en bovendien de emissie vanuit de mestkelder nauwelijks afneemt aangezien hier veel ammonium in voorraad ligt. De emissie van in de weide uitgescheiden excreta is normaliter wel wat lager dan van in de stal uitgescheiden excreta. Temeer daar de in de stal uitgescheiden excreta bij mesttoediening nogmaals een emissie veroorzaken. Omdat bij weidegang de ruimtelijke en temporele verdeling van de excreta over de percelen in relatie tot de vastlegging in het gewas lastig te sturen is, is ook de nitraatuitspoeling bij weidegang lastig te beheersen.

Recentelijk zijn er veel initiatieven om nieuwe emissiearme technieken te ontwikkelen. Er wordt gewerkt aan goed beloopbare vloeren die mestkelders grotendeels afsluiten en daardoor kelderemissies minimaliseren. Ook wordt gezocht naar mogelijkheden om mest en urine weer bij de bron te scheiden (Kracht van Koeien). Ureaseremmers kunnen wellicht ook een bijdrage leveren aan emissiereductie.

De melkveehouderijsector is tot 2010 gevrijwaard van ammoniakemissie beperkende stalmaatregelen. In 2003 is een collectieve afspraak gemaakt tussen LTO en VROM waarbij in 2010 beoogd werd om een ureumniveau in de tankmelk van gemiddeld 20 mg/100 ml melk in de sector te behalen. Op een deel van de bedrijven wordt die doelstelling al gehaald, vooral gemotiveerd door het besparen op mestafzetkosten, die met het lagere ureumgehalte in tankmelk samengaan. Bedrijven zullen hun eigen optimale combinatie van emissiearme technieken en reductie van het ureumgehalten in de melk moeten maken.

Pluimvee

In 2012 dienen alle leghennen in welzijnsvriendelijke systemen gehuisvest te zijn. De legbatterij was een systeem met een lage emissie van ammoniak en fijnstof. In de omschakeling naar stalsystemen met strooiselmateriaal zullen nieuwe innovatieve staltechnieken of bestaande end of pipe emissiereductietechnieken gebruikt moeten worden om te voorkomen dat de uitstoot van gasvormige emissies en fijnstof per dierplaats stijgt.

De pluimveesector is een belangrijke bron van fijn stofuitstoot. Om te kunnen voldoen aan Europese regelgeving zullen in 2012 de knelpunten rond bedrijven die teveel fijn stof uitstoten (de zgn. hot spots) moeten zijn opgelost. Dit betekent dat extra technische maatregelen moeten worden aangebracht in stallen met strooisel: vleeskuikens en scharrelstallen voor leghennen (Ogink en Aarnink, 2008).

Bij pluimvee zijn/worden concepten ontwikkeld waarbij 's zomers warmte uit de stal wordt afgevoerd, in de bodem wordt opgeslagen en in de winter teruggepompt zodat bespaard kan worden op fossiele brandstoffen. Daarnaast kan in de zomer vanwege koeling van de inkomende lucht minder worden geventileerd. Hierdoor hoeft een minder grote luchtwasser te worden geplaatst om alle stallucht te zuiveren. Dit principe wordt ook al toegepast op enkele varkens- en vleeskalverbedrijven. Naar analogie met de energieleverende kas kan toegewerkt worden naar de energieleverende stal.

Recentelijk is een elektriciteitscentrale opgestart die pluimveemest verbrandt. Hierdoor daalt de druk op de mestmarkt en dalen de mestafzetkosten ook voor de andere diersectoren. Het winnen van energie uit mest en het hergebruik van de as als meststof is vooral bij kleine transportafstanden (in vergelijking met export) interessant. Voor de emissies in Nederland zijn de overige effecten gering. De rookgassen van de centrale worden gereinigd.

Varkens

Schaalvergroting is met de huidige inzichten alleen mogelijk door end-of-pipe technieken (luchtwassers). Keerzijde van deze ontwikkeling is een toename van het energieverbruik en geen verbetering of zelfs een kans op een verslechtering van de luchtkwaliteit in de stal. De varkenshouderij heeft het laatste decennium sterk ingezet op reductie van de ammoniakemissie bij de bron, met name via een verkleining van het emitterend oppervlak. Door toepassing van luchtwassers zal de neiging gering zijn om in de stal emissiereducerende maatregelen toe te nemen

Door de lucht onder de roosters (gedeeltelijk) af te zuigen en deze lucht te zuiveren met een luchtwasser zou wel een verbetering van het stalklimaat en een vermindering van de uitstoot kunnen worden bewerkstelligd.

Emissies van ammoniak en geur kunnen worden beperkt door het aanpassen van de voersamenstelling (o.a. eiwitgehalte, gehalte fermenteerbare koolhydraten, verzurende Ca-zouten), of door het toevoegen van additieven (o.a. VevoVital) (Aarnink & Verstegen, 2007; Le et al., 2005).

Een verwachte trend in de varkenshouderij is de ontwikkeling van totaalconcepten. Concepten, die integrale oplossingen bieden voor de huidige problemen t.a.v. dierenwelzijn, milieu en diergezondheid. Een belangrijke factor daarin is het scheiden van de droge en de natte fractie van mest aan de bron en daarmee apart verwerken tot waardevolle mestproducten mogelijk te maken.

Bij het Kempfarmstelsysteem wordt de mest dagelijks uit de stal afgevoerd m.b.v. mestbanden. Dit systeem bewerkstelligt belangrijke reducties van ammoniak, geur en methaanuitstoot. Het stalklimaat wordt verbeterd en strogebruik is mogelijk. In andere concepten wordt de stallucht gezuiverd en voor een belangrijk deel weer gerecirculeerd. Het overschot aan warmte zou voor mestdroging gebruikt kunnen worden.

Voorkomen van ziekteverspreiding van de stallucht is een belangrijk aandachtspunt voor de komende jaren in de varkens- en pluimveehouderij. Luchtwassersystemen kunnen hier een rol in spelen, maar ook andere maatregelen zoals UV-behandeling van de uitgaande of ingaande lucht.

Specifieke aspecten per gasvormige emissie

Fijnstof

Belangrijke bronnen van fijnstof in stallen zijn droge mestdeeltjes, huidschilfers/veren, voerdeeltjes en strooiselmateriaal. Vooral pluimvee en varkens produceren per dierplaats veel fijnstof en vaak zijn er veel dierplaatsen per bedrijfslocatie. In de directe nabijheid van grote en middelgrote pluimveestallen zijn jaargemiddelde fijnstofconcentraties tot 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mogelijk, en kan de lokale stalbijdrage oplopen tot 70% van het totaal (Gies et al., 2008).

In de intensieve veehouderij (varkens en pluimvee) zijn wassers als end of pipe techniek adequaat in het drastisch reduceren van de uitstoot. Het subsidieprogramma Gecombineerde Luchtwassers (PGL) is gericht op grootschalige toepassing van gecombineerde wassers en levert een forse emissiereductie in concentratiegebieden.

Reductie bij de bron door verneveling van een olie emulsie lijkt bij pluimvee effectief om in de stal de fijnstof niveaus te reduceren. Door verbetering van de (micro-) klimatisering in de varkenshouderij kan de met mest bevulde vloeroppervlakte en de bevulling van dieren en de fijnstof die dientengevolge ontstaat gereduceerd worden. Ionisatie van de lucht is een andere optie om de stofemissie te beperken.

Geur

Geuremissies kunnen beperkt worden door voeding (Le Dinh, 2006), koeling van mest, gescheiden mestopvang, toepassing van een combinatie van katalysatoren met UV licht, combi- en biowassers. Geuroverlast kan wellicht ook beperkt worden door aanpassing van de configuratie van emissiepunten (verticaal en/of horizontaal verplaatsen).

Broeikasgassen; methaan (CH₄)

Methaanemissie uit mestkelders kan beperkt worden door de mest grotendeels of geheel buiten de stal op te slaan in ondergrondse silo's. Door een lagere temperatuur zal de vergisting beperkt worden. Methaanemissie uit de pens van herkauwers (rundvee, geiten, schapen) kan beperkt worden door specifieke middelen aan het voer toe te voegen (toevoegingen zoals sommige korte en middellangketenige vetzuren, knoflook, etc) die de ontwikkeling van methanogene microben (o.a. protozoa) remmen (Bannink et al., 2007). Hieraan wordt ondermeer via het ROB programma van Senter Novem gewerkt. Vergroting van het aandeel krachtvoer en maïs en verkleining van het aandeel gras in het rantsoen kan bijdragen aan vermindering van de methaanemissie. Door verhoging van de melkproductie per koe daalt veelal de methaanemissie per kg geproduceerde melk. Naast directe broeikasgassen moet ook rekening worden gehouden met indirecte.

Mestvergisting en covergisting van afvalstromen kan er toe bijdragen dat productie van biogas uit mest netto broeikasgasemissies gaat besparen. De gevormde CH₄ wordt dan immers nuttig gebruikt binnen de korte C-cyclus. Naarmate de fossiele brandstoffen duurder worden, zal de toepassing van biogasinstallaties aantrekkelijker worden.

Broeikasgassen; lachgas (N₂O)

Gebruik kunstmestvervangers

Het energieverbruik voor de productie van kunstmest is hoog en bij toediening van kunstmest ontstaat veel lachgasemissie. Door verwerking van dierlijke mest is het mogelijk producten te vervaardigen, die de bemestende eigenschappen van kunstmest benaderen. Vervanging van een deel van het kunstmestverbruik door producten uit dierlijke mest draagt bij aan het economisch rendement en de milieuprestaties met meerwaarde voor zowel akkerbouw als veehouderij. Voor erkenning van meststoffen gelden EU procedures. Momenteel zijn er veel initiatieven. Als kunstmestvervangers erkend worden, zal naar verwachting een fors deel van de kunstmest vervangen worden door deze producten. De effecten op de emissie dienen nog vastgesteld te worden. Door ammonium uit kunstmestvervangers traag vrij te laten komen, eventueel door toevoeging van ureaseremmers, kan de emissie beperkt worden en de benutting verhoogd.

Een zeer adequate mitigatiemaatregel is reductie van N overschotten en gebalanceerde N bemesting waardoor gelijktijdig de fluxen van ammoniakvervluchtiging, nitraatuitspoeling en lachgasemissies verminderen.

Precisiebodembewerking

Landbouwgronden zijn een belangrijke bron van de relatief sterke broeikasgassen lachgas (N₂O) en methaan (CH₄). Bodemverdichting als gevolg van het gebruik van zware machines op het land stimuleert de emissie van N₂O en CH₄. Door toepassing van een rijpadensysteem was de emissie van N₂O en CH₄ bij rijpaden en minder

bodemverdichting aanzienlijk lager dan de emissie uit controlevelden waar het land op traditionele wijze bewerkt werd. De emissie van N_2O kan in een eenvoudig model beschreven worden als functie van het gasgevulde poriegehalte en de bodemrespiratie. De landbouwers op kleigronden hebben (naar verwachting) het meeste voordeel van toepassing van het rijpadensysteem: ze kunnen zo na een natte periode eerder het land op, kleigrond is gevoeliger voor verdichting dan zand, en de vermeden emissie is op klei het grootst. De invoering van het rijpadensysteem zal kunnen leiden tot een vermindering van de N_2O emissie vanuit de Nederlandse akkerbouw van ~169 ton N_2O-N (~0.1 Mton CO_2 -equivalenten) per jaar. Deze schatting is gebaseerd op een aantal aannames, en zal preciezer worden als deze aannames nader getest worden.

Integrale benadering/swapping

Door verlaging van het N-surplus per hectare zal de emissie van N_2 , nitraatuitspoeling en de ammoniakemissie in beginsel dalen (Van Groenigen et al., 2008).

Bij emissie-monitoring wordt al steeds meer gestreefd naar het gelijktijdig in beeld brengen van de diverse gasvormige emissies (ammoniak, geur, fijnstof, methaan). De impact op de ontwikkeling van broeikasgassen van veel ammoniak en/of fijnstofemissiereducerende technieken (zowel directe als indirecte emissies) zal de komende jaren meer aandacht krijgen. Ook de consequenties in latere schakels van de mestketen van stalemissie beperkende maatregelen dienen steeds in beschouwing genomen te worden.

Ontwikkelingen

Bij de huisvesting van melkvee is een doorbraak gewenst ten aanzien van vloerconcepten, die een goede beloopbaarheid combineren met een substantiële emissiereductie.

Door gescheiden mestopvang in de varkenshouderij kunnen diverse emissies gelijktijdig verminderd worden en kunnen teven mineralenstromen beter gemanaged worden. Wellicht kunnen nageschakelde technieken de resterende gasvormige emissies kosteneffectief verder reduceren. Verdere vervolmaking van dit concept is dus aantrekkelijk.

Ontwikkeling van gesloten stalsystemen met geminimaliseerde emissies is zeer perspectiefrijk. Dit door stallen zodanig uit te voeren en te klimatiseren (o.a. gebruikmakend van warmtewisselaars) dat de ventilatiebehoefte geminimaliseerd wordt, terwijl de kans op episoden buiten de thermocomfortzone wordt beperkt. Bij een geringere ventilatiebehoefte kunnen emissie-arme technieken zoals luchtwassers kleiner gedimensioneerd worden. Hierdoor kan bij veel diercategorieën een grotere emissiereductie en een hogere kosteneffectiviteit bereikt worden. Ook bij melkvee zou met dit principe mechanische ventilatie wellicht haalbaar zijn en daarmee komen dan ook end of pipe technieken binnen bereik.

Een doorbraak kan ook bereikt worden door het toepasbaar maken van nieuwe principes in de luchtbehandelingstechnologie waarbij katalysatoren gecombineerd worden met een UV- lichtbehandeling na het ontstoffen (ioniseren) van lucht. De behandelde lucht kan (deels) gerecirculeerd worden ofwel als end of pipe techniek worden toegepast. Hierbij kunnen simultaan emissies van geur, ammoniak en fijnstof alsook pathogenen aangepakt worden.

Beleid

Het huidige beleid is vooral gericht op middelvoorschriften. Ontwikkeling van geautomatiseerde emissie monitoring op de afzonderlijke bedrijven biedt perspectief voor doelgericht beleid. Hiermee krijgt de ondernemer dan de vrijheid om diverse combinaties van maatregelen toe te passen. Positief is ook dat er een directe terugkoppeling naar het eigen bedrijf (management) mogelijk wordt. Dit werkt stimulerend.

Bij het ontwikkelen van nieuwe veehouderijssystemen is het van groot belang om naast directe ook indirecte milieu-effecten te analyseren en om pollution swapping van het ene milieucompartment naar het andere (bijvoorbeeld ammoniak versus nitraat versus lachgas) of van een deel van de keten naar een ander deel goed in beeld te brengen. Methoden als Life Cycle Analysis en de Cradle 2 Cradle benadering kunnen hierbij toegepast worden. Naast een theoretische toetsing vooraf, is ook een monitoring bij toepassing van nieuwe veehouderijssystemen gewenst. Vanwege de hoge kosten van integrale monitoring zijn verdere ontwikkelingen van meetstrategieën en meetmethoden en eenvoudige milieu-indicatoren wenselijk.

Bronnen

Aarnink, A.J.A.; Verstegen, M.W.A. (2007) *Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production* *Livestock Science* 109 (1-3). - p. 194 - 203.

Bannink, A. (2007): *Modelling volatile fatty acid dynamics and rumen function in lactating cows*. PhD thesis Wageningen University, 251 p

Bos, B. (2009): *Kracht van koeien, springplank naar een duurzame veehouderij*.

Brochure Animal Sciences Groep maart 2009.

Dooren, H.J.C. van; Smits, M.C.J. (2007) *Reductieopties voor ammoniak- en methaanemissie uit huisvesting voor melkvee*. Lelystad : *Animal Sciences Group, ASG Rapport 80.*

Gies, T.J.A., Jeurissen, L.J.J., Staritsky, I. en Bleeker, A. (2008)

Leefomgevingsindicatoren Landelijk Gebied. Inventarisatie naar stand van zaken geurhinder, lichthinder en fijn stof. Alterra, WOT Natuur en Milieu, Wageningen

Greenhouse gases and animal production (2008) CSIRO Publishing, Special Australian Journal Experimental Agriculture <http://www.publish.csiro.au/nid/73/issue/4057.htm>

Groenigen, J.W. van; Schils, R.L.M.; Velthof, G.L.; Kuikman, P.J.; Oudendag, D.A.; Oenema, O. (2008): Mitigation strategies for greenhouse gas emissions from animal production systems: synergies between measuring and modelling at different scales. Australian Journal of Experimental Agriculture 48. - p. 46 - 53.

Le, P.D., A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink, P.M. Becker, M.W.A. Verstegen (2005): Odour from animal production facilities: its relationship to diet. Nutrition research reviews vol:18 iss:1 pg:3-30

Milieubalans, 2008. http://www.planbureauvoordeleefomgeving.nl/pdf_bestanden/MB2008.pdf

Ogink, N.W.M. & A.J.A. Aarnink, 2008. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijn stofreductie in de pluimveehouderij. ASG Rapport 113, 18 p

Smits, M.C.J. (2007): Emissions from cattle. In: Ammonia, the case of the Netherlands / Starmans, D., Hoek, K. van der, (Eds.). Wageningen : Wageningen Academic Publishers, - p. 70 - 78.

Thomassen, M.A.; Calver, K.J. van; Smits, M.C.J.; Iepema, G.; Boer, I.J.M. de (2008): Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. Agricultural Systems 96 (1-3): 95-107

Samenvattend

	Emissies en milieu
Verandering	Radicale vermindering diverse emissies
Betekenis voor sector	Licence to produce
Betekenis voor maatschappij	Voedselzekerheid, duurzame productie
Raakvlak beleid	Milieubeleid

3.2.2 Dier- en volksgezondheid

Tjeerd Kimman, CVI, Wageningen UR

Op het gebied van diergezondheid (en daaraan gerelateerde volksgezondheid) blijven de uitdagingen groot ondanks, en in sommige gevallen juist dankzij, ruim 200 jaar diergeneeskundig onderzoek. Enerzijds zijn juist de moeilijk oplosbare problemen overgebleven, anderzijds zijn er nieuwe problemen bijgekomen, deels door eerdere innovaties in de dierziektebestrijding. Als problemen op het vlak van diergezondheid (en daaraan gerelateerde volksgezondheid) niet adequaat aangepakt (kunnen) worden, heeft dat gevolgen voor de positie van veehouderij in Nederland.

Huidige situatie

Robuuste dieren

Het gezond houden van dieren en het voorkomen van zoonosen is grotendeels gebaseerd op het bestrijden van ziektekiemen via hygiënemaatregelen, vaccinatie en medicatie (antibiotica). Het (op)fokken van dieren, die in staat zijn zonder veel ziekteverschijnselen met ziektekiemen om te gaan, staat nog in de kinderschoenen.

Vaccins

De 'moeilijke' vaccins moeten nog ontwikkeld worden. Vaccins zijn een kosten-effectieve bestrijdingsmethode met succesverhalen bij mens en dieren (bv pokken, polio, hersenvliesontsteking (humaan), mond-en-klauwzeer, varkenspest, en de ziekte van Aujeszky (veterinair)). Echter voor een aantal infectieziekten zijn nog geen effectieve vaccins beschikbaar, bijvoorbeeld voor respiratory syncytial virus (RSV) infecties (zowel humaan en veterinair), porcine respiratory and reproductive disorder (PRRS), porcine intestinal adenomatosis (PIA) (veterinair) en paratbc (veterinair). Een gemeenschappelijke eigenschap van deze aandoeningen, die vaccinontwikkeling in de weg kan staan, is hun vermogen om het immuunapparaat te omzeilen, te misleiden, of ten eigen nutte te gebruiken. Andere problemen en uitdagingen bij vaccinontwikkeling zijn pathogenen, die te weinig als 'vreemd' herkend worden, bijv. *Campylobacter*, of de mogelijkheid vaccins gemakkelijk en massaal toe te kunnen dienen, bv bij vogelgriep, om onpraktische injecties te voorkomen. Ook zal vaccinatiebeleid in de toekomst een meer geïntegreerde rol in ziekte- management moeten gaan spelen, gebaseerd op kennis van epidemiologie, effectiviteit en kosten en baten.

Antibioticumresistentie-problematiek

Een ander onbetwist succes in de bestrijding van ziekten is het gebruik van antibiotica. Antibiotica worden therapeutisch gebruikt en - voorheen - ook als groeibevorderaar. De keerzijde van het gebruik van antibiotica wordt indringend zichtbaar: de ontwikkeling van resistente bacteriën en de overdracht van resistentie tussen bacteriën. Onbehandelbaarheid van infecties kan het gevolg zijn en de overdracht van resistentie van dier naar de mens vormt een bedreiging voor de volksgezondheid. Sector, wetenschap en beleid zullen hier gezamenlijk antwoorden moeten vinden.

Multicausale problematiek vraagt om betere oplossingen

Monocausale aandoeningen (mond-en-klauwzeer, vogelgriep, varkenspest) zijn, meestal door combinaties van goede diagnostiek en eliminatie, al dan niet ondersteund door vaccinatie, succesvol bestreden. De successen zijn echter minder bij ziekten, die een duidelijke multicausale oorzaak hebben. Interacties tussen meerdere pathogenen, die elkaars wegbereider kunnen zijn, aanleg van de gastheer en omgevingsfactoren spelen hier een rol. Voorbeelden zijn de respiratoire problemen bij jonge varkens en mastitis bij het rund.

Diagnostiek is 'at distance' en 'past time'

Diagnostiek van infectieziekten is door DNA/RNA amplificatie en ELISA technieken sterk verbeterd, maar nog steeds vereisen deze vormen van diagnostiek het verzamelen en opsturen van monsters en het wachten op uitslagen naar aanleiding van specifieke verdenkingen. Kan dat niet sneller: real time en on-line en continu? Opvallend voorbeeld: paratbc. Veel geïnfecteerde runderen worden pas opgespoord nadat zij jarenlang uitscheider van bacteriën zijn geweest.

Dierziektebestrijding moet bijdragen aan duurzaamheid

Dierziekte bestrijdingsstrategieën zullen in de toekomst steeds meer getoetst worden op hun vermogen duurzaam bij te dragen. Dit kan door bv de levensduur van productiedieren te verlengen en ervoor zorg te dragen dat strategieën ook blijvend succes hebben. Een voorbeeld van een minder duurzame strategie is de introductie van sommige vaccins: na verloop van tijd bleken deze niet meer effectief, bijvoorbeeld omdat ze aanleiding gaven tot selectie van stammen die ontsnapten aan de vaccinimmunitet, of omdat de vaccinstammen zelf muteerden tot virulente ziekteverwekkers.

Technologische oplossingen

Diverse wetenschap- en technologiegebieden dragen de belofte in zich om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke problemen.

Robuuste dieren

Robuustheid, het vermogen zonder (ernstige) ziekteverschijnselen om te gaan met pathogenen, die in de omgeving van het dier voorkomen, kan beïnvloed worden door selectie en binnen generaties door de houderijcondities. Voor beide vormen zijn –omics en ICT essentieel; omics om onderliggende mechanismen te begrijpen en te sturen; ICT voor verzamelen en analyseren van de benodigde veldgegevens. Sterke interactie en samenwerking tussen zoötechnisch en veterinaire onderzoek en systeemdenken zijn, naast de inzet van technologie, essentieel.

Sturen in genexpressie

RNA interferentie of RNAi is het mechanisme, waarbij kleine niet-coderende stukjes RNA de expressie van specifieke genen remmen. RNAi is het eerst ontdekt in planten waar het o.a. een antivirale werking heeft. Vooralsnog is RNAi vooral 'onderzoeksgereedschap', maar als belangrijke hindernissen, zoals stabiliteit, kostprijs en lokale toediening, genomen zijn, dan ontstaat een 'tool' met ongekende mogelijkheden: genregulatie 'on demand'.

'Microbiomics'

Dit is een onderzoekgebied dat gehele microbiële gemeenschappen en hun interacties, bestudeert (bv in de darm of in de pens). Kennis over microbiomics is van belang bij het oplossen van maagdarfstoornissen, de problematiek van antibioticumgebruik en efficiënte nutriëntenbenutting. Deze kennis kan bijvoorbeeld leiden tot alternatieven voor antibiotica als lytische enzymen en antibacteriële peptiden, die geen last hebben van resistentieproblematiek. Kennis van het microbioom van de pens kan ook bijdragen aan een verminderde methaan (CH₄) uitstoot en daarmee aan een duurzame veehouderij.

Nanotechnologie

Nanotechnologie kan structuren leveren die bioactieve stoffen kunnen verpakken en op specifieke plaatsen in het lichaam afleveren. Antibiotica kunnen zo - lokaal in hoge dosering - specifiek op de plaats van infectie worden afgeleverd met voordelen wat betreft effectiviteit en vermindering van antibioticumresistentie. Een ander voorbeeld betreft de aflevering van vaccins: niet meer 'overall' in het lichaam, maar specifiek naar antigeenpresenterende cellen in bv de mucosa van de luchtwegen, zodat lokaal immuniteit geïnduceerd wordt. De hogere kosten van deze manier van afleveren

worden terugverdiend door effectiviteit en lagere benodigde doseringen. Ook kunnen medicijnen door het koppelen aan nanodeeltjes een andere oppervlaktestructuur krijgen waardoor hun eigenschappen gericht verbeterd worden. Verpakking in micellen kan geneesmiddelen ongeschonden door de maag laten passeren of de metabolisering van geneesmiddelen modificeren. Kortom nanotechnologie zal leiden tot effectievere geneesmiddelen en vaccins.

Sensortechnologie

Er wordt al enige tijd gewerkt aan het 'lab on a chip'. Als zo'n 'lab on a chip' geïmplanteed kan worden, komt continue monitoring van gezondheidsdreigingen in beeld. Het evidente voordeel is dat ingrijpen gericht en op juistere tijdstippen zal plaatsvinden.

Transgenese

Transgenese, en zeker transgenese bij dieren, is controversieel. Echter, als welzijn van de gemodificeerde dieren gewaarborgd is en er belangrijke bijdragen aan gezondheidsverbetering zijn, die niet op een andere wijze mogelijk is, zou transgenese overwogen kunnen worden. Een voorbeeld betreft mastitisresistente koeien. Los hiervan staat de ontwikkeling van transgene dieren die medicijnen voor humaan gebruik produceren.

ICT

De komende tijd zal ICT vooral bijdragen aan kennisintegratie, denk bijv. aan de bioinformatica, systeembioologie, en 'personalized' (dier)geneeskunde. ICT zal de kennis, gegenereerd door de diverse 'omics' technologieën, integreren tot modellen en hypothesen om organismen op systeemniveau te begrijpen. Onderzoekers zullen zich niet meer alleen op de afzonderlijke factoren uit een systeem richten maar op de analyse van het totale systeem. Dit zal leiden tot een meer geïntegreerde en effectievere dierziektebestrijding.

Technologische oplossingen versus de uitdagingen

Het is uitdagend om na te gaan of en zo ja hoe doorbraaktechnologieën kunnen bijdragen aan het oplossen of verminderen van grote diergezondheidsproblemen. Grote kunst is om ze goed aan elkaar te 'makelen'.

Vaccins worden verbeterd door bionanotechnologische technieken

Er is vooral bij multicausale problemen, zoals luchtweginfecties bij varkens, behoefte aan combinatie-vaccins die lokaal op de slijmvliezen bescherming induceren tegen meerdere pathogenen. Het opwekken van zo'n immuunrespons is echter uitermate lastig. Nanodeeltjes die, zijn uitgerust met signalen die deze antigenen afleveren aan

immuuncellen in slijmvliezen en met signalen die deze cellen activeren, brengen op dit terrein grote vooruitgang. Ook kunnen 'signalen' toegevoegd worden, die de immunrespons verhogen tegen micro-organismen die niet als 'vreemd' door het immuunapparaat herkend worden. Vaccins tegen Salmonella, Campylobacter en PIA komen zo binnen bereik. Recente inzichten in de werking van het aangeboren ('innate') immuunsysteem zullen leiden tot een sterk verbeterde en gerichte sturing van de vaccinrespons door specifieke receptoren in het immuunsysteem te activeren.

Diergeneeskunde wordt duurzaam

Duurzame dierziektebestrijding is nog nauwelijks verkend en gedefinieerd, maar het ligt voor de hand dat welzijn, preventie van antibioticumresistentie, langdurig succesvolle bestrijding, vermindering van vaccin-escape mutanten, vermindering van residuproblematiek, en beperking van CO₂ emissie hierin belangrijke elementen zijn. Wederom zullen een nieuwe generatie vaccins hierin een belangrijke rol vervullen: enerzijds om gezondheid en daardoor dierwelzijn te bevorderen, anderzijds doordat gerichte vaccins antibioticumgebruik en de daarmee samenhangende resistentieproblematiek kunnen terugdringen. Kennis van nutriëntengebruik en microbiële samenstelling van het maagdarmkanaal leiden tot optimalisatie van (voer) energiegebruik. Daarnaast zal een betere gezondheidszorg ervoor zorgen, dat productiedieren (met name melkrunderen) langer mee kunnen.

Microbiomics en gen-expressiesturing combineren

De combinatie van twee onderzoeksvelden kan grote impact hebben, die nu nog nauwelijks te over zien is: microbiomics en gen-expressiesturing. Hier dient nog een reeks van stappen gezet te worden, die er ongeveer als volgt kan uitzien. Eerst zal de microbiële populatiedynamica van het maagdarmkanaal bij ziekte en gezondheid worden bepaald, causale relaties en mogelijke aangrijpingspunten voor sturing moeten worden geïdentificeerd en vervolgens zullen door gerichte sturing van genexpressie gezondheid en productie-eigenschappen worden geoptimaliseerd. Het grote voordeel hiervan is dat ingrijpen kan plaatsvinden op een manier die gericht is en geen gebruik maakt van antibiotica.

Genexpressie-sturing

Ook op veel andere wijzen zal sturing van genexpressie ingezet worden om diergezondheid gericht te verbeteren, denk aan remming van genen van virussen waartegen geen vaccin beschikbaar is, of remming van gastheergenen die bijdragen aan pathologische processen. De kosten van deze therapie zullen hoog zijn, maar worden beperkt doordat specifieke 'delivery' technologieën de concentraties medicijnen die lokaal nodig zijn beperkt houden.

Personalized and integrated veterinary medicine

Veel progressie is nog te boeken door strategieën te combineren waarbij ICT als verbindende schakel zal functioneren. Toenemende kennis over genetische markers zal bijv. risico-management op het gebied van ziekteresistentie kunnen optimaliseren. Dat betekent ook dat preventie afgestemd kan worden ('personalized') op specifieke foklijnen. Bijvoorbeeld: dieren van lijn x zijn meer vatbaar voor ziekte y, een ziekte waartegen in deze lijn vaccin z effectiever is dan vaccin a. Kortom een meer integrale benadering van de dierziekteproblematiek vanuit verschillende disciplines.

Beleid

Juist in het bevorderen van een duurzame veehouderij inclusief een duurzame beheersing - en waar nodig bestrijding - van dierziekten kan het beleid een belangrijke rol spelen. Daarbij moet aangetekend worden, dat het integreren van zoötechnische en diergeneeskundige benaderingen in beleid en onderzoek niet eenvoudig is, maar wel wordt vereist voor die focus op duurzaamheid. Beleid gericht op het (weer) in contact brengen van burgers met hun voedsel en het platteland en het inzetten van dieren in de zorg vergroten de risico's van zoonosen. Specifiek aandacht daarvoor is gewenst.

Samenvattend

	Dier- en volksgezondheid
Verandering	Nieuwe en verbeterde diagnostica en vaccins
Betekenis voor sector	Vermindering risico's ziekten
Betekenis voor maatschappij	Veiligheid, voedsel en zoonosen
Raakvlak beleid	Agenda Diergezondheid Profielen van en toezicht op (voedsel)veiligheid

Slotbeschouwing



LNV heeft bij het uitkomen van 'kiezen voor landbouw' aangegeven met regelmaat de visie op de agrarische sector te actualiseren. Een belangrijk onderdeel voor de nieuwe visie zijn de uitdagingen waar de landbouw voor komt te staan en wat er aan technologische ontwikkelingen zijn die hierop een antwoord kunnen geven.

De studie heeft als doel het beschrijven van technologische ontwikkelingen en met name die ontwikkelingen die een sprongsgewijze veranderingen kunnen veroorzaken en daarmee erkende scenario's ombuigen.

Onderliggend doel is input leveren over lange termijn ontwikkelingen in de agrarische sector ter voorbereiding van LNV-beleid op kortere en lange termijn.

Majeure ontwikkelingen en de betekenis van nieuwe technologieën daarbij

Er vinden grote technologische ontwikkelingen plaats. Dit zijn veelal ontwikkelingen die buiten de agrosector plaats vinden, maar wel toepassing en doorontwikkeling krijgen specifiek binnen de agrosector. Denk daarbij aan ICT en sensoren, nanotechnologie, allerlei vormen van biotechnologie, etc. Op zichzelf gaan de technologische ontwikkelingen geen sprongsgewijze veranderingen veroorzaken. Het zijn de internationale, nationale en regionale 'drijvende' krachten, die de uitdagingen van de landbouw bepalen en een trendbreuk inzetten. De beschikbare technologie zal dat versnellen en, in incidentele gevallen, vertragen (bv inperken veehouderij, noodzakelijk vanwege uitstoot van broeikasgassen en fijnstof, wordt afgeremd door technologische oplossingen). Diverse toepassingen van technologie hebben echter ook een ethische component. Met name in de veehouderij is de maatschappelijke acceptatie sterk bepalend voor de kansen op toepassing van technologie.

In deze slotbeschouwing hebben we majeure drijvende krachten als ingang gekozen om de bijdrage van technologie te beschrijven met de uiteindelijke betekenis voor de Nederlandse Landbouw. Die krachten zijn:

1 Toenemende vraag naar voedsel en globalisering

De wereldbevolking zal groeien van ca 6 miljard nu naar 7 - 8 miljard in 2030.

De voedselbehoefte zal extra toenemen omdat de voedselconsumptie 'complexer' wordt: van uitsluitend rijst naar wereldwijd gevarieerd eten met vlees en groenten.

Deze toenemende vraag en de vraag naar meer differentiatie in voedselproducten

leidt tot schaalvergroting, waarbij nieuwe technologieën hun intrede doen of beschikbare technologie versneld toegepast worden. Het voldoen aan de toenemende vraag aan voedsel uit zich in meerdere ontwikkelingen:

- **Opbrengstverhoging**
De mogelijkheden voor toename in productie(-efficiëntie) zullen niet afnemen. Voorlopig is er voldoende ruimte voor voortgaande selectie op hogere opbrengsten. Genomics biedt hiervoor ruimschoots mogelijkheden waarbij de snelheid van verandering afhangt van de mate van maatschappelijke acceptatie van diverse toepassingen van genomics (van versnelde vooruitgang via 'whole genome selectie' via overerfbaar inbrengen of uitschakelen van genen, tot het overschrijden van soortgrenzen). Daarnaast levert genomics de kennis om het (genetisch) productiepotentieel ook inderdaad efficiënt tot zijn recht te laten komen via passende omgevingsfactoren.
- **Mogelijk maken van productie onder moeilijke omstandigheden.**
Het gebrek aan grond en gebruik van goede gronden voor bewoning leidt ertoe, dat technologie en met name genomics ingezet zal worden om onder moeilijke omstandigheden (droge gronden, zilte gronden, minder temperatuur afhankelijk) productie mogelijk te maken.
- **Gedifferentieerde producten en wereldwijde verslogistiek.**
Het perspectief van diversificatie en maatwerk is een combinatie van technologische ontwikkelingen zoals genomics, sensor- en identificatietechnologie en ICT. Ontwikkelingen in logistiek en ketenefficiency zorgen, dat in het verssegment jaarrond producten beschikbaar zijn. Genomics, sensor- en bewaar technologie zullen eraan bijdragen dat producten met hoge kwaliteit en betere bewaarbaarheid en transporteerbaarheid wereldwijd verhandeld worden.
- **Vleesvervangers**
De ontwikkeling naar vleesvervangers zullen geleidelijk doorzetten. Startend vanuit doorontwikkeling van bestaande concepten, zoals productie op basis van plantaardige en microbiële eiwitten en mogelijk insecten. Met uiteindelijk misschien ontwikkeling van 'kunstvlees' op basis van celcultuur/weefselkweek, onder voorwaarde dat de daarvoor benodigde hoogwaardige substraat en fermentatietechnologie (grootschalig, steriel en recyclebaar) tegen aanvaardbare kosten beschikbaar komt.
- **Technologische productie van voedsel.**
Om aan de toenemende behoefte aan nutriënten te voldoen zijn essentiële bouwstenen als eiwit, vetzuren, koolhydraten en vitamines nodig. Verschillende bouwstenen kunnen technologisch worden bereid, waarbij bijvoorbeeld de productie van zetmeel zonder grondgebruik maar met inzet van bv aardappelgenen in kweeksystemen tot de toekomstmogelijkheden behoort. Kunstvlees hoort ook tot deze categorie.

2 Klimaatverandering en uitputting fossiele grondstoffen

De klimaatverandering versterkt de noodzaak tot productie van grondstoffen onder moeilijke omstandigheden zoals hierboven al beschreven. De klimaatverandering moet afgeremd worden door een vermindering van CO₂ productie en het zoeken naar alternatieve energiebronnen (Kyoto-protocol). De kas (stal) als energiebron zal verder doorontwikkelen, evenals het toepassen van foto-voltaische cellen, warmte en koude opslag en benutting ervan.

Het is te verwachten dat voor een redelijke verdeling van voedsel in de wereld en beheersing van de klimaatproblematiek de samenstelling van het (westerse) voedselpakket aanzienlijk moet veranderen en moet verschuiven naar een groter aandeel van plantaardige grondstoffen. Zorgvuldige afwegingen mbt dierlijke productie en de efficiëntie daarvan kan deze beweging afvlakken.

De toepassing van bio-based energie zal met de ontwikkeling van de tweede en derde generatie technologie substantieel toenemen. Op een enkele uitzondering na (bv toepassing van houtachtige gewassen in de tweede generatie) concurreert de tweede en derde generatie technologie niet meer met grondgebruik voor voedselproductie. Hier worden juist reststromen uit de voedselproductie gebruikt en producten, die geproduceerd worden door speciaal geprepareerde organismen als algen of plantcellen in niet-grondgebonden systemen. Toepassing van dergelijke niet-grondgebonden systemen op grote schaal is echter pas op termijn te verwachten.

Ontwikkelingen in de biotechnologie, die efficiëntere benutting van biomassa mogelijk maken, zijn op zich ook een drijvende kracht voor toepassing van biomassa. Denk daarbij aan het effectief produceren van enzymen voor bewerking van bio-based grondstoffen, fermentatie- en scheidingstechnologie etc.

De ontwikkeling van hernieuwbare vervangers voor producten uit delfstoffen zal doorzetten. Het gaat dan om een range van toepassingen variërend van biomassa vergassen tot een mengsel van koolmonoxide en waterstof (Syngas, 'synthetische brandstof') via direct benutten van de vastgelegde energie in de grondstoffen en bulk-chemicaliën tot de inzet van de plant als producent van fijn-chemicaliën. Dit betekent anders gezegd

- de productie van chemicaliën en materialen als polymeren en harsen (van olie als grondstof naar koolhydraten, plantaardige olie of proteïnen vanuit plantaardige productie 'bulk-chemie')
- het gebruik van minder gedefinieerde biomassa, die met behulp van vergassing kan worden omgezet tot Syngas, dat weer toegepast kan worden voor de productie van transportbrandstof of kunstmest
- het inzetten van de plant als fabriek voor de productie van fijn-chemicaliën en specialties
- het terugwinnen van mineralen uit mest en ander restmateriaal als vervanging van kunstmest uit delfstoffen.

De technologie voor verdere ontwikkeling van bio-based economy is deels beschikbaar; opschaling is vaak nog de beperking. Een bredere toepassing zal met name afhangen van de snelheid waarmee opschaling kan plaatsvinden en bio-based ook economisch meerwaarde oplevert. Kritisch hierbij zijn de logistiek, infrastructuur en afschrijving ten behoeve van opschaling.

3 Sluiten van kringlopen en behoud van biodiversiteit (C2C produceren)

De zoektocht naar het sluiten van kringlopen kent meerdere niveaus, afhankelijk van de gedefinieerde systeemgrenzen: van sluiten van voer-mest kringlopen op boerderij- of regio-niveau tot wereldwijd sluiten van kringlopen. Bio-based economie zal hieraan een belangrijke bijdrage leveren via enerzijds gebruik van groene grondstoffen voor non-food toepassingen zoals plastics, lijmen, verfstoffen, medicijnen tot het zoeken naar nieuwe energievoorziening zoals de hiervoor genoemde toepassing van 3e generatie brandstoffen. De essentie van een biobased economie is dat ook voor toepassingen waar een koolstofbron nodig is, dit niet meer uit olie, gas of kolen afkomstig is, maar komt uit biomassa, die de koolstof uit CO₂ heeft vastgelegd.

Bijkomend voordeel is dat de biomassa al een deel van de verder benodigde atomen (O en N) in zich heeft en dus minder energie vraagt bij verdere verwerking. Steeds zal het gehele systeem (incl. behoud van bodemleven en bovengrondse biodiversiteit) bij dergelijke productiesystemen geëvalueerd moeten worden.

De aquacultuur kan hierbij apart genoemd worden als mogelijkheid om met gesloten kringlopen te werken (bv mest-algen-vis), maar vooral ook als perspectief om de biodiversiteit in open wateren te behouden. Verdere ontwikkeling van visvoer en visteeltsystemen volgens C2C principes kan met behoud van de gezonde voedingseigenschappen van vis (omega-3 vetzuren) plaatsvinden.

4 Maatschappelijke ontwikkelingen

- voedselveiligheid/volksgezondheid en diergezondheid
De trend naar verminderd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, diergeneesmiddelen, antibiotica (MRSA-problematiek) zal doorzetten, maar krijgt ook duidelijk een technologische invulling. Precisielandbouw, early warningdiagnostiek, nieuwe generaties gewasbeschermings- en dierbehandelingsmiddelen, integratie van zootecnische en diergeneeskundige kennis kunnen ongewenste neveneffecten ondervangen.
- versterkte marktsturing/maatwerkproductie
Internet samen met ontwikkelingen in precisielandbouw en logistiek maken (letterlijk) individuele global sourcing mogelijk. De retail verandert daarmee van vaste winkels tot een virtuele logistieke organisatie.

De positie van de retail in de voedselketen, maar ook de wijze waarop voedselzekerheid-, -veiligheid en -kwaliteit gegarandeerd moeten worden, veranderen daardoor.

- maatschappelijke acceptatie voedselproductie (plant en dier)

Met toenemende welvaart verandert de positie van dieren in onze samenleving. Dierlijke productie is alleen acceptabel bij een algemeen geaccepteerd niveau van dierenwelzijn. Daarbij is niet alleen het welzijn vanuit dierwetenschappelijk perspectief van belang, maar ook de menselijke interpretatie van dierenwelzijn. Aan de dierwetenschappelijke kant van dierenwelzijn kan veelal met technologie (precision livestock farming) tegemoet gekomen worden. De vraag is, of de maatschappij de verregaande technologisering in dierlijke productie accepteert.

5 *Maatschappij en risicoperceptie*

Door de informatiemaatschappij is het besef van risico's enorm toegenomen. Met name nieuwe technologieën versterken het debat met betrekking tot risico's. Het debat over de toepassing van bestrijdingsmiddelen is inmiddels volledig maatschappelijk ingebed. Genetische modificatie zit nog midden in de zoekfase; rondom nanotechnologie begint het debat op gang te komen.

4

Er zijn dus op veel fronten maatschappelijke en technologische ontwikkelingen die grote consequenties kunnen hebben. De kans dat technologieën een trendbreuk, een sprongsgewijze verandering veroorzaken, zijn het grootst als beleid en technologie elkaar versterken. In de meeste gevallen is positief beleid noodzakelijk om een technologie inderdaad door te laten breken. Het doorbreken van technologieën wereldwijd wordt daarnaast sterk bepaald door de economische situatie: hoge olieprijsen versnellen de ontwikkeling van 'alternatieve energie' en bio-based materialen; lage olieprijsen geven onmiddellijk een vertraging in die ontwikkeling; de mate van derogatie voor Nederland in het Europese mestbeleid heeft direct invloed op de ontwikkeling (implementatie) van technologie voor precisielandbouw en mestverwerking; bij dure en schaarse arbeid wordt robotisering veel sneller doorgevoerd dan in tijden van lage arbeidskosten.

Toepassingen van ICT lijken hierop een uitzondering en vooral in de logistiek. Het ontstaan van een 'internet of things', feitelijk een mogelijkheid voor letterlijk individuele global sourcing waarbij consumenten internet gebruiken om wereldwijd de meest gevarieerde producten te vergelijken en te bestellen ligt binnen bereik.

Overigens lijkt het erop dat de technologische ontwikkelingen en de maatschappelijke vragen elkaar in een delicaat evenwicht houden: des te groter een probleem of kans gepercipieerd wordt, des te meer mag een oplossing kosten, des te groter is de kans dat inderdaad ontwikkeld en geïmplementeerd gaat worden, zo nodig via aanpassingen in regelgeving. Toepassing van technologie in de agrarische sector (voedsel, landschap) is lang niet altijd een rationele afweging, maar zeker ook afhankelijk van emotie en maatschappelijke perceptie.

Hoewel technologie zich snel ontwikkelt, zijn die ontwikkelingen transparant en heeft beleid, bij voldoende reflexiviteit, tijd daar op in te spelen. In die zin zijn de komende tijd geen radicale trendbreuken wat betreft agrarische productie in Nederland te verwachten, wel geleidelijke accentverschuivingen.

Overigens, Nederland met zijn transparante structuur en kritische maatschappelijke betrokkenheid is bij uitstek geschikt als experimenteerruimte voor het omgaan met nieuwe technologie (Nederland Kennisland).

Samenvatting SCAR-rapport, Science, Technology and Innovation Drivers (Cuhls, dec 2006).

De Foresight Expert Group van SCAR (EU-commissie) heeft scenario's beschreven om prioritering van onderzoekinspanningen op EU-niveau te ondersteunen. Voor die scenario's werden de drijvende krachten in diverse gebieden beschreven. Een van die rapporten heeft betrekking op Science, Technology and Innovation Drivers. Hieronder worden de conclusies uit die rapportage samengevat.

Technologieën en hun toepassing, die als major drivers kunnen worden gezien voor ontwikkelingen in de landbouw, zijn:

ICT

Informatie en Communicatie Technologie speelt al jaren een belangrijke rol in elke toekomstverkenning. Echter ICT komt alleen tot zijn recht in combinatie met andere technologieën. Voor landbouw zijn met name beeldherkenning en draadloze transmissie van belang:

- Beeldvorming en -herkenning (remote sensing), draadloze transmissie, software en hardware voor precisie farming
- RFID (Radio Frequentie Identificatie): actieve en passieve labels op allerlei producten of levende wezens. Ze kunnen de barcodes vervangen en aanvullend veel betekenen in ketenorganisatie en logistiek.
- Simulatiestudies voor weer, klimaatverandering, groeiverloop etc. en met name risico-assessment.

Nanotechnologie

Onder nanotechnologie valt alles wat op nano-schaal speelt. Het gaat om materialen, verpakkingen, ingrediënten voor voeding, sensoren, meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen etc. Ook nano elektrische systemen (NEMS als opvolger van zulke systemen op micro-niveau (MEMS)) worden bij nanotechnologie gerekend.

- Nieuwe materialen voor bv oppervlakte coating (antibiotisch, anti-vuilworden, 'inpakken' van functional foods)

- Sensoren, biosensoren + randapparatuur bv voor precisie-farming, bewaking diergezondheid, voedselkwaliteit, plaagbestrijding. Samen met RFID technologie. De huidige generatie is nog op microschaal, maar de nano-sensoren zijn in ontwikkeling. De sensoren zijn onzichtbaar en op zich zelf niet zo zeer een driver, wel als onderdeel van MEMS en NEMS
- Nano electro-mechanische systemen (NEMS). In eerste instantie zullen ze ingezet worden voor humane gezondheid, veiligheid en transport, maar toepassingen in de landbouw zijn zeker te verwachten.
- Meststoffen, herbi- en pesticiden, mogelijk ook dierbehandelingsmiddelen, vooral bruikbaar in precisie-farming. Echter, acceptatie en risico-analyse zijn belangrijke factoren voor de termijn waarop toepassing verwacht wordt.

Biotechnologie

Biotechnologie is en blijft een belangrijke drijvende kracht in selectie, management en verwerking van agrarische producten. Een fusie tussen agrarische en medische biotechnologie maakt nieuwe stappen mogelijk. Risicoperceptie en acceptatie zijn de bepalende factoren voor nieuwe toepassingen.

- Genetica (whole genome selectie, proteomics). Genetica maakt aanpassen van planten en dieren in de gewenste richting steeds sneller mogelijk.
- Functional foods. Kennis over en aanpassen van gehalten aan gewenste of ongewenste stoffen wordt steeds beter mogelijk (anti-allergene voedingsmiddelen, verhoogde gehalten vetzuren).
- Molecular farming, tweede en derde generatie transgene planten, Witte, groene en blauwe biotech. Plantenteelt met een farmaceutische toepassing zal geen grote impact op de agrarische sector hebben; echter plantenteelt voor de productie van industriële grondstoffen en voor consumentengoederen kan wel grote impact hebben. Daarvoor is integratie van diverse vormen van biotechnologie nodig.

Logistiek (internet of things). Direct leveren, van boer tot consument

Het ontwikkelen van snelle en intelligente logistieke systemen kan van grote invloed zijn op plattelandsontwikkeling en op ketenorganisatie, waarbij direct leveren van producent aan consument mogelijk wordt.

Vaccinologie/anti-virale middelen

Nieuwe generaties vaccins en dierbehandelingsmiddelen hebben niet zo zeer impact op de dierlijke productie, maar wel op de veiligheid van landbouw in het algemeen en voedsel in het bijzonder.

Robots, machines en kunstmatige intelligentie

- Robots om handjes te vervangen in de conventionele landbouw worden een belangrijke factor, inzet voor precisie farming kan grote besparingen leveren, maar ook in de logistiek (internet of things) zijn robots noodzakelijk.

Energie

- Biobrandstoffen (NB sinds 2006 zijn de gedachten over de inzet van eerste generatie biobrandstof drastisch veranderd). De eerste generatie biobrandstof kan als achterhaald beschouwd worden. De risico's op aantasten van biodiversiteit en competitie om grond met voedselgewassen zijn inmiddels manifest.
- Fotovoltaïsche cellen in combinatie met waterstof/brandstof cellen zijn een belangrijke driver, vooral omdat het platteland de ruimte/gebouwen heeft om ze te installeren. Deze kracht werkt meer op ruimtelijke ordening en secundaire inkomsten voor de landbouw, dan specifiek op agrarische productie.

Ecologisch systeemonderzoek

De inschatting is dat dit type onderzoek weinig kans op een doorbraak geeft, maar wel noodzakelijk is voor een beter begrip van de samenhang van en in systemen. Dit hangt samen met modelonderzoek. De interactie tussen mens en dier valt hier ook onder.

Cognitieve systemen

De toepassing van kennis over cognitieve systemen brengt een aantal belangrijke ethische vragen met zich mee.

- Beschikbaarheid van intelligente databases, die vragen 'snappen' kan een belangrijke factor zijn, maar zal zich niet tot 'major driver' ontwikkelen.
- Hersenonderzoek, als input voor robots, mens-dier interactie en integreren van sensorische, akoestische, visuele etc. informatie kan toepassingen hebben via bovengenoemde robots en machines. Echter toepassing van de kennis op het vlak van didactische modellen en motivatie zou wel eens grotere impact kunnen hebben.

Wild cards: een aantal minder waarschijnlijke ontwikkelingen kunnen wel enorme gevolgen hebben.

- nano assembling, of te wel de zelfreproducerende nanobots, de oorspronkelijke visionaire toepassing van nanotechnologie van rond 1990, zullen, als ze echt mogelijk zijn, een gigantische impact hebben, niet alleen op de landbouw.
- voedsel uit de 'fermentor' ipv van het land bv kunstvlees

Enkele observaties

De nieuwe ontwikkelingen zitten vooral op het raakvlak van landbouw en andere terreinen. Landbouw is vaak trager in adoptie van nieuwe technologie dan bv gezondheidszorg. Introductiekosten zijn vaak erg hoog, ook al kan het uiteindelijk uit, niemand neemt het risico. Een rol van de overheid om zo'n technologie 'over de drempel' te helpen, is noodzakelijk.

Science en technology zijn niet dé major drivers voor de landbouw. Meestal is het een combinatie van krachten, waaronder ook regelgeving, infrastructuur, organisatie, wereldmarktprijzen etc. die ontwikkelingen sturen.

Of landbouw in de toekomst landbouw blijft is de vraag (NB. Vergelijk de discussie in Nederland over landbouw en de waarde van landschap, multifunctionele landbouw (natuur, zorg, recreatie)

Minor drivers

- nieuwe materialen: smeermiddelen, verpakkingsmateriaal, bioplastics, vezels, pharmaceuticals
- nieuwe processen: biokatalysatoren, micro-organismen, bioreactoren
- behandelingsmiddelen: via metabolomics, plantibodies, diagnostiek
- gewassen: biomassa, biologisch gewasbescherming, on spot detectie eiwitten
- dieren: mens-dier communicatie, biologische klok
- klimaat, water, omgeving: algen, waterbesparing,
- alpha en gamma wetenschappen

