

# TOEKOMSTVISIE FUTURE FACTORIES

De invloed van automatisering  
in de industrie



**Berenschot**

Ir. J.A. Krebbekx  
Dr. ir. M.F. van Assen  
Drs. W.J. de Wolf



# Toekomstvisie Future Factories

De invloed van automatisering in de industrie

Ir. J.A. Krebbekx

Dr. ir. M.F. van Assen

Drs. W.J. de Wolf

December 2010



# Inhoud

- Voorwoord ..... 9
- Inleiding ..... 11
- 1. Oude en nieuwe maakindustrie ..... 13
  - 1.1 Future Factories-concept ..... 13
- 2. Het belang van de maakindustrie voor de welvaart van Nederland ..... 17
  - 2.1 De maakindustrie genereert veel economische waarde ..... 17
  - 2.2 De maakindustrie is onderdeel van het sleutelgebied HTSM ..... 19
- 3. Innovatie cruciaal voor Future Factories ..... 25
  - 3.1 Wat is innovatie? ..... 25
  - 3.2 Eerste- en tweede-orde-innovatie ..... 25
- 4. Technologieontwikkeling voor de Future Factories ..... 29
  - 4.1 Future Factories investeren in nieuwe fabricagetechnologie ..... 31
  - 4.2 Future Factories investeren in werkcelinnovaties ..... 34
  - 4.3 Future Factories investeren in material handling-innovaties ..... 35
  - 4.4 Voorbeelden van eerste-orde-innovatie bij ORP ..... 36
  - 4.5 Voorbeelden van eerste-orde-innovatie bij PCP ..... 39
  - 4.6 Voorbeelden van eerste-orde-innovatie bij SRP ..... 41
  - 4.7 Voorbeelden tweede-orde-innovatie bij producten en diensten ..... 42
  - 4.8 Hoe zit het met de factor mens? ..... 44

5. Hoe de ontwikkeling van de Future Factories continueren? .....	45
Bijlage I: NEVAT-classificatie toeleveranciers .....	47
Bijlage II: Innovatieproces, soorten innovatie en innovatiegraad .....	51

## Inleiding

Er wordt nog vaak gedacht dat het bestaansrecht van de (maak)industrie in Nederland beperkt is. De BV Nederland zou in toenemende mate het geld verdienen met diensten. Dit is ten dele waar. De (maak)industrie maakt nog steeds een wezenlijk deel uit van de Nederlandse economie, met name door de grote bijdrage aan de export. Deze sector is onderdeel van een sterk kennisintensief cluster dat van groot belang is voor de (toekomstige) welvaart en het welzijn van Nederland. Daarnaast is het een stuwend onderdeel van de economie; het levert veel werk op voor dienstverlenende bedrijven en soms wel met een factor 2, dat wil zeggen voor elke baan in de industrie één extra in de omgeving.

In Oost-Nederland bestaat de een Pieken-in-de-Deltaprogrammering rond het thema van technologie. In het kader van deze piek worden allerlei projecten aangejaagd en in gang gezet. Het platform MAIN (MANufacturing Innovation Network), waarin onder andere Syntens, STODT, FME,

Metaalunie, Oost NV, VMO en Innovatieplatform Twente deelnemen, wil een lans breken voor de fabricagebedrijven van de toekomst. Fabricagebedrijven hebben door nieuwe technologie nieuw bestaansrecht en in de ogen van het platform is dat vaak onbekend bij niet-ingewijden. Het platform wil graag een bijdrage leveren aan het bekend maken van die mogelijkheden.

In dit boekje zal de toekomst van de maakindustrie worden beschreven. Dit boekje is bedoeld voor mensen die zich interesseren voor de (maak)industrie in Nederland en toont het belang aan van de toekomstige kansen voor deze sector. Daarnaast is dit boekje bedoeld voor mensen uit de (maak)industrie zelf, en het poogt een blik in de toekomst te geven die ook voor ingewijden interessant zal zijn.

In het eerste hoofdstuk wordt het verschil tussen de 'oude' en de 'nieuwe' maakindustrie (Future Factories) beschreven. Het tweede hoofdstuk toont het belang van de maak-

industrie aan voor de welvaart en het welzijn van Nederland. In het derde hoofdstuk wordt uitgelegd hoe innovatie een rol speelt bij bedrijven in het algemeen en bij Future Factories. Het vierde hoofdstuk geeft een overzicht van de technologieontwikkeling die voor ingewijden interessant zal zijn. In het vijfde en laatste hoofdstuk worden de continuering van de ontwikkeling naar Future Factories en de rol van de overheid daarin beschreven.



# 1. Oude en nieuwe maakindustrie

Het beeld dat nog veel mensen hebben bij industrie is dat het zich kenmerkt door smerige, vervuilende processen en zwaar lichamelijk werk (De kranige mensch). Iedereen kent het beeld van oude fabrieken op verlaten fabrieksterreinen, waar honderden mensen werken en die – na het gaan van de sirene – massaal met de fiets huiswaarts keren. Dit is wat wij noemen de ‘oude maakindustrie’.

De ‘nieuwe maakindustrie’ maakt ook nog steeds producten, maar wel op een veel schonere, duurzamere en kennisintensievere wijze. In Nederland zijn steeds meer (ook MKB) fabricagebedrijven actief die steeds meer hoogopgeleide werknemers in huis nemen. Ze weten de nieuwste fabricageprocessen optimaal te verbinden met de nieuwe ICT-mogelijkheden. Naast de automatisering van fabricageprocessen kunnen ook verschillende werkvoorbereidende stappen, zoals offerte- en orderintake via webportals, geregeld worden en kan er steeds meer virtueel in de gehele productieketen worden samengewerkt. Door ICT-techno-

logie zijn er daardoor complete nieuwe businessmodellen mogelijk. De fabriek van de toekomst, de Future Factory, zal er dan ook compleet anders uit komen te zien.

## 1.1 FUTURE FACTORIES-CONCEPT

De Future Factories kenmerken zich door vooruitstrevende product- en procesengineering en productiesystemen die kostenefficiënte, high performance- en duurzame producten voortbrengen. En dat in een context van toenemende productvariabiliteit en continu veranderende productievolumes. Productielijnen zullen steeds verder worden geautomatiseerd en steeds meer productieprocessen zullen naast bewerken ook meten, kwaliteit controleren en reinigen. Er wordt dus steeds meer geïntegreerd in één machine(lijn). Daardoor zal de Future Factory steeds meer ‘onbemande’ processen kennen. Er is dan juist veel hoogwaardige kennis nodig om dit soort fabrieken aan te sturen, denk aan ICT (embedded systems en automatisering rond het productieproces) en



productietechnologie (mechatronica en nano-elektronica). De Future Factory is dus een kennisintensieve organisatie die voortdurend product- en procesinnovaties realiseert.

### Additive Manufacturing

Additive Manufacturing is een nieuwe productietechnologie die goed past in het Future Factories-concept. Het begon met Rapid Prototyping (RP), werd toen Rapid Manufacturing (RM) genoemd en wordt nu voornamelijk aangeduid als Additive Manufacturing (AM). AM is een productietechnologie waarbij producten laagje voor laagje 3D worden opgebouwd, rechtstreeks uit een computerfile. Er komt geen mal meer aan te pas. Er vallen verschillende productietechnologieën onder de noemer AM, zoals 3D-printing, SL (Stereo Lithografie), LS (Laser Sintering), FDM (Fused Deposition Moulding) en bovendien kunnen zowel plastic als metalen producten laagje voor laagje worden opgebouwd. Hoewel de techniek nog relatief jong is, wordt het steeds vaker gebruikt voor zowel prototypes (RP) als het maken van eindproducten (AM).

Het grote voordeel van deze technologie is dat er niet

meer geïnvesteerd hoeft te worden in tools (zoals een mal). Met name voor producten met lage volumes is AM een goedkopere productiemethode. Daarnaast kunnen met AM 3D-designs gemaakt worden die voorheen - met andere productietechnologieën - niet gemaakt konden worden. Deze 3D-'denktaal' biedt unieke, nieuwe mogelijkheden voor ontwerpers.

Hierdoor kunnen op een relatief eenvoudige en kostenefficiënte manier producten worden gemaakt die uniek zijn vormgegeven of aangepast aan iemands lichaam (customization), of producten die een klein volume kennen (long tale)<sup>1</sup> in vele verschillende markten.

Daarmee is dit een mooi voorbeeld van een productietechnologie voor de Future Factories. Met dit vrijwel volledig geautomatiseerde productieproces kunnen op een efficiënte manier unieke producten worden geproduceerd of veranderende productievolumes worden opgevangen (door on demand-productie).

Het Future Factories-concept is de manier waarop de Oost-Nederlandse, maar ook de Nederlandse en Europese industrie concurrent kunnen zijn. Aangezien de Future Factories sterk steunen op kennis en innovatie is het de manier om de kenniseconomie vorm te geven in Nederland en Europa.

### Factories of the Future

De Europese Unie wil de maakindustrie versterken door te investeren in het programma Factories of the Future (onderdeel van KP-7).

'De maakindustrie is nog steeds de drijvende kracht van de Europese economie en genereert indirect 90 miljoen banen in Europa. De EU investeert in de periode 2010-2013 ruim 600 miljoen euro om deze industrie duurzaam en competitief te maken.<sup>12</sup>

De Factories of the Future kennen duurzame(re) productieprocessen, zijn intelligenter door ICT, kennen een high performance en gebruiken nieuw ontwikkelde, hoogwaardige materialen<sup>3</sup>. Door gebruik van ICT zijn Factories of the Future slimmer, virtueel en digitaal:

De Factories of the Future zijn slimmer. Door steeds

meer vraag naar customization (speciaal vormgegeven producten voor een klant) zullen processen slimmer moeten worden. Dat betreft process automation control, planning, simulatie- en optimalisatietechnologieën, maar ook robots en nieuwe tools voor duurzame productie (en bijvoorbeeld toepassen van AM).

De Factories of the Future kunnen virtueel zijn. Door (wereldwijde) netwerken zal supply chain management steeds verder globaliseren, product-service linkages tot verbeterende en nieuwe oplossingen leiden en capaciteit door complexe ICT-systemen worden uitgebalanceerd tussen fabrieken.

De Factories of the Future zijn digitaal. Door toenemende kennis over het ontwerpen van productiesystemen zal de product-life cycle beter gemanaged kunnen worden door simulatie, modellering en kennismanagement van productontwikkeling tot productie, onderhoud en disassembly/recycling.

## 2. Het belang van de maakindustrie voor de welvaart van Nederland

Voordat verder wordt gekeken naar de toekomst van de maakindustrie (Future Factories), wordt in dit hoofdstuk het belang van de maakindustrie voor de welvaart in Nederland beschreven.

Kortgezegd is de maakindustrie van belang omdat het:

- veel economische waarde genereert
- onderdeel is van een kennisintensief cluster dat van wezenlijk belang is voor de (toekomstige) welvaart en het welzijn van Nederland
- een stuwend onderdeel is van de economie.

### 2.1 DE MAAKINDUSTRIE GENEREERT VEEL ECONOMISCHE WAARDE

De Nederlandse maakindustrie is een belangrijk onderdeel van de Nederlandse economie. De twee ‘maakindustrie’-sectoren zijn de rubber- en kunststof- en metaalproducten-industrie, waar primair producten en onderdelen worden geproduceerd. Deze twee sectoren genereren samen een aanzienlijke productie<sup>1</sup> en toegevoegde waarde<sup>2</sup> (meer dan 10% van de industrie en afgerond 2% van de totale Nederlandse economie). Dit cijfer is nog veel hoger als de ‘aanpalende

<sup>1</sup> De productiewaarde betreft alle voor verkoop bestemde goederen (ook de nog niet verkochte) tegen marktprijzen. Dit verschilt enigszins van de omzet, omdat bij de omzet ook opbrengsten uit vaste activa, kostprijsverhogende belastingen en overige bedrijfsopbrengsten worden meegenomen.

<sup>2</sup> De toegevoegde waarde betreft de productiewaarde min de inkoop, oftewel het intermediair verbruik (inkopen zoals aangekochte grondstoffen, halfabricaten en brandstoffen, maar ook diensten zoals communicatiediensten, schoonmaakdiensten en diensten van externe accountants).



sectoren' ook worden meegerekend. Dit zijn de sectoren machine-, elektrotechnische en transportmiddelenindustrie die primair het totaalproduct assembleren en verkopen, maar soms ook (een gedeelte) zelf produceren.

TABEL Economische kengetallen industrie Nederland

	TOTAAL BEDRIJFS- TAKKEN	INDUSTRIE	RUBBER- EN KUNSTSTOF- INDUSTRIE	BASIS- METAAL- INDUSTRIE	METAAL- PRODUCTEN- INDUSTRIE	MACHINE- INDUSTRIE	ELEKTRO- TECHNISCHE INDUSTRIE	TRANSPORT- MIDDELEN- INDUSTRIE
<b>Productiewaarde (€ mld) 2009</b>	1.091.179	247.143	6.353	6.160	17.601	19.016	18.218	11.801
<b>Toegevoegde waarde (€ mld) 2009</b>	509.619	64.087	2.133	1.659	5.819	6.086	3.749	2.616
<b>Aantal werkzame personen (x1.000) 2009</b>	8.630	909	32	21	97	94	81	50
<b>R&amp;D-uitgaven (€ mln) 2007</b>	5.495	4.010	46	57	52	580	1.442	161
<b>Productiewaarde (groei 1999-2009)</b>	50%	30%	19%	17%	33%	38%	-5%	-13%
<b>Toegevoegde waarde (groei 1999-2009)</b>	48%	19%	13%	14%	26%	43%	-18%	-20%
<b>Aantal werkzame personen (groei 1999-2009)</b>	9%	-12%	-9%	-19%	-10%	0%	-19%	-12%
<b>R&amp;D-uitgaven (groei 2002-2007)</b>	21%	16%	21%	-31%	-10%	21%	2%	0%

Bron: CBS/bewerking Berenschot

De maakindustrie is nog steeds een belangrijke werkgever gezien het aantal werkzame personen (meer dan honderd-duizend) en bijna vierhonderdduizend als de aanpalende sectoren worden meegerekend.

Als de aanpalende sectoren worden meegerekend, is de maakindustrie koploper in investeringen in R&D (meer dan 42% van de alle investeringen in Nederland).

Maar de belangrijkste bijdrage van de maakindustrie, en de industrie in het algemeen, is de grote bijdrage aan de export. De export in Nederland die noodzakelijk is voor een goede handelsbalans aangezien er ook veel producten worden geïmporteerd, wordt voor het grootste deel (bijna 70%) gerealiseerd door goederen (en dus slechts 30% door diensten)<sup>4</sup>. De industrie genereert meer dan 80% van die goederen. De maakindustrie (met bijna 7%) en zeker inclusief de aanpalende sectoren (met bijna 40%) maken daar een wezenlijk deel van uit.

## 2.2 DE MAAKINDUSTRIE IS ONDERDEEL VAN HET SLEUTELGEBIED HTSM

De maakindustrie maakt deel uit of staat in sommige definities synoniem voor het cluster HighTech Systems & Materials (HTSM). De kern van dit cluster bestaat uit drie sectoren die hiervoor aanpalende sectoren werden genoemd, namelijk machine-, elektrotechnische en transportmiddelenindustrie.

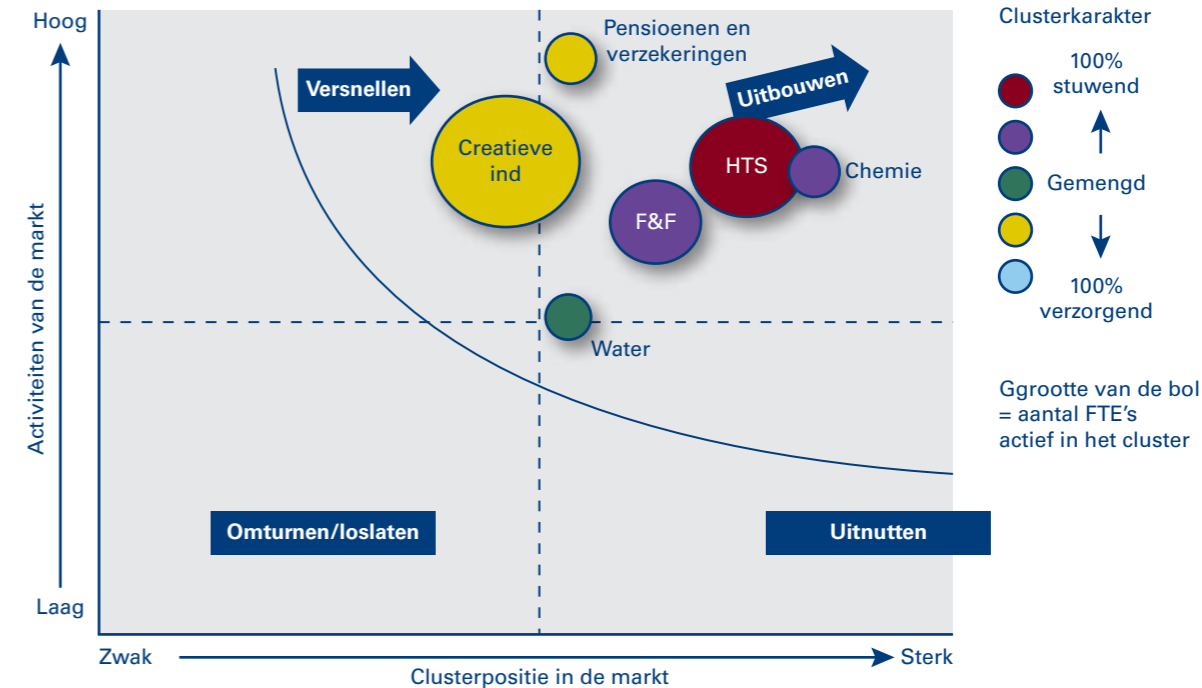
Het cluster HTSM een zeer belangrijke sector voor de welvaart en het welzijn van Nederland. Het is een cluster dat economisch van groot belang (zie volgende tabel), kennisintensief en innovatief is en een grote bijdrage levert aan maatschappelijke opgaven zoals gezondheid, mobiliteit en duurzaamheid.

TABEL Economische kengetallen HTSM<sup>5</sup>

HTSM TOTAAL	2008	GROEI % (10 JAAR)	OPMERKING
Productiewaarde (€ mld)	74	38,8%	Grote groeisector
Export (€ mld)	42	46,8%	Grootste exporterende cluster
Toegevoegde waarde (€ mld)	20	33,1%	Voor belang voor het BBP
R&D (€ mld, jaartal 2007)	2,3	7,8%	Cluster met hoogste R&D-investeringen

Het economisch belang van de HTSM blijkt uit het feit dat de HTSM is gekozen als een van de zes sleutelgebieden van Nederland. Dit zijn de zes clusters in Nederland die nu en in de toekomst de belangrijkste sectoren zijn voor de competitiviteit van de Nederlandse economie. Zowel HTSM als chemie, als het grootste gedeelte van het sleutelgebied Food & Flowers, zijn onderdeel van de Nederlandse industrie. Uit onderstaande figuur blijkt dat de HTSM (rode bol) na de chemie de beste clusterpositie kent van de sleutelgebieden<sup>6</sup>.

## DE OVERZICHTSFOTO



### Onderbouwing van clusterpositie HTSM

Het cluster HTSM is qua aantal werkzame personen een groot cluster. Het cluster heeft bovendien hoge exportcijfers, een hoge productiewaarde en een grote toegevoegde waarde. De eindmarkten zijn divers en behalve grote wereldspelers behoren ook veel MKB-bedrijven tot dit cluster. Dit cluster beschouwt zich als de meest innovatieve sector van Nederland. In hoog tempo worden nieuwe en betere producten ontwikkeld, waarmee de marktpositie op de wereldmarkt wordt verbeterd. Dat gebeurt meestal in nichemarkten met een mondiaal karakter. Het is een cluster dat het meest investeert in R&D en innovatie, en ook de kennisdynamiek is hoog. Het cluster kent een hoge innovativiteit, clusterstructuur en marktoriëntatie, maar kan ook nog sterk verbeteren in innovatie van organisatie en marketing en samenwerking.

Naast economisch belang is de HTSM ook belangrijk voor het oplossen van maatschappelijke vraagstukken:

- Gezondheid door medische systemen van Philips Healthcare, Nucletron, FEI en PANalytical (Oost-Nederland).
- Duurzaamheid door energiezuinige systemen: energiezuinige lampen (LED-lampen, Philips Lighting), energiezuinige voertuigen (DAF, Stork Fokker en VDL), energiezuinige printers (Océ).
- Veiligheid door radarsystemen van Thales (in Oost-Nederland).
- Verbetering mobiliteit door bedrijven als TomTom en door chips in auto's (NXP, ook deels in Oost-Nederland).

Essentieel voor dit cluster is de aanwezigheid van productiefaciliteiten in Nederland. Van bijvoorbeeld ASML, maar ook veel andere al reeds genoemde bedrijven, is bekend dat het vele toeleveranciers in de buurt heeft die onderdelen voor hun eindproducten (systemen) maken. Er is ook een groot aantal van deze toeleveranciers gevestigd in Oost-Nederland. Het in de omgeving gevestigd zijn van deze toeleveranciers is een voordeel, omdat dit de samenwerking in veel gevallen vergemakkelijkt. Met name voor de strategische toeleveranciers die ook een deel van de product- en procesontwikkeling van deze klanten overnemen (zie ook bijlage I voor NEVAT-classificatie). Door aanwezigheid van vooruitstrevende (productie-/)proceskennis in Nederland, die vertaald is in hoog gespecialiseerde proces suppliers, is het totale cluster sterker en completer.

### 2.3 DE MAAKINDUSTRIE IS EEN STUWEND ONDERDEEL VAN DE ECONOMIE

De maakindustrie als onderdeel van de HTSM is een zogenaamd stuwend cluster. Een stuwend cluster kent een hoge exportquote (ook naar mondiale markten), maar is tevens een impuls voor andere bedrijvigheid. De (maak)industrie heeft niet alleen indirecte werkgelegenheid tot gevolg (voor banken en zakelijke dienstverlening zoals accountant, uitzend- en schoonmaakkbureaus) zoals elk bedrijf dat heeft, maar nog extra voor de sterke outsourcing naar de dienstensector (van vele functies zoals productontwikkeling, logistiek en marketing/communicatie). Daarmee is het een banen- en omzetgenerator voor andere sectoren.

## 3. Innovatie cruciaal voor Future Factories

Innovatie speelt bij de Future Factories een cruciale rol. In dit hoofdstuk wordt verder beschreven hoe innovatie een rol speelt bij bedrijven in het algemeen en bij Future Factories.

### 3.1 WAT IS INNOVATIE?

Innovatie wordt in het Van Dale Groot woordenboek van de Nederlandse taal kort, maar doeltreffend omschreven: 'invoering van iets nieuws'. Innovatie gaat om het omzetten van (nieuwe) kennis in verbetering of ontwikkeling van nieuwe producten, diensten, processen, organisatie-methoden (waaronder levering aan een klant) of (on)geschreven gedragsregels. Kortom: innovatie is vernieuwing.

In bijlage II is een verdere beschrijving van het innovatieproces en zijn de verschillende soorten innovatie opgenomen.

### 3.2 EERSTE- EN TWEEDE-ORDE-INNOVATIE

Innovatie begint met prikkels. Die prikkels kunnen veelzijdig zijn, bijvoorbeeld groei-doelstelling van het bedrijf, afnemende markt-vraag, veranderende vraag bij consumenten, bezoek aan een beurs, toenemende concurrentie en prijsdruk, ontwikkeling van nieuwe kennis bij universiteiten, kennisinstellingen of bij bedrijven en nieuwe machtspositie in de keten.

Alle innovaties die voortkomen uit deze prikkels hebben, bij bedrijven, uiteindelijk tot doel om óf de kosten te verlagen óf de omzet te verhogen. Dit noemen wij:

- eerste-orde-innovatie: innovaties die gericht zijn op het verlagen van de kosten (door dezelfde dingen goedkoper te doen)



- tweede-orde-innovatie: innovaties die gericht zijn op het vergroten van de afzet (door nieuwe dingen te doen).

### Eerste-orde-innovatie

Eerste-orde-innovatie is het goedkoper maken van bestaande producten, bijvoorbeeld door het kopen van een nieuwe CNC-machine die nog sneller en goedkoper kan frezen. Vaak betreft het proces- en/of organisatorische innovaties. Eerste-orde-innovatie is zeer belangrijk om financieel rendement te behouden. Door middel van eerste-orde-innovatie kan prijserosie uit de markt opgevangen worden. Een mooi voorbeeld daarvan is Norma UPS.

### Norma UPS

Norma UPS maakt fijnmechanische producten tot een tolerantie van 0,001 mm en assembleert complexe modules. De automatisering van het productontwikkelings- en productieproces is vergevorderd door CAD/CAM- en PDM-software die direct zijn gekoppeld aan CNC-machines. Het machinepark bestaat ook uit robots en er wordt 24/7 in twee ploegen gewerkt. Net zoals

veel toeleveranciers heeft Norma UPS zich toegelegd op kleine series. Door het modulair opdelen van werkblokken kunnen producten gemakkelijk worden ontwikkeld en geproduceerd. Vergaande automatisering uitmondend in 24/7 automatische productie (waarbij mensen alleen nog om het productieproces heen werken) kan er mogelijk voor zorgen dat grotere volumes die nu zijn geoutsourcet terug komen naar Nederland. Daarvoor is standaardisatie van uitgangsmaterialen, gereedschappen en processen een voorwaarde, net als een optimale besturing van de keten. Dit heeft ook een organisatorische innovatie tot gevolg; mensen moeten anders leren werken. In plaats van aan de machine zal er achter een computer gewerkt worden. Door verdergaande innovatie in proces en organisatie kan Norma dus dezelfde producten op een goedkopere manier maken. Dit kan ook tweede-orde-effecten hebben; de kosten van bestaande productie verlagen (eerste orde), kan tot gevolg hebben dat er weer producten gemaakt kunnen worden die eerst werden geoutsourcet, waardoor de omzet stijgt (tweede orde).

Veel toeleverende maakbedrijven zijn vaak (te) zeer gefocuseerd op alleen eerste-orde-innovatie en vergeten ze dat ze ook kunnen investeren in tweede-orde-innovatie.

Tweede-orde-innovatie Tweede-orde-innovatie is het ontwikkelen van nieuwe, waardevolle functies in nieuwe en bestaande product en/of diensten. Door tweede-orde-innovatie kan men meer afzet creëren. Een voorbeeld van tweede-orde-innovatie in de maakindustrie is Tailorsteel.

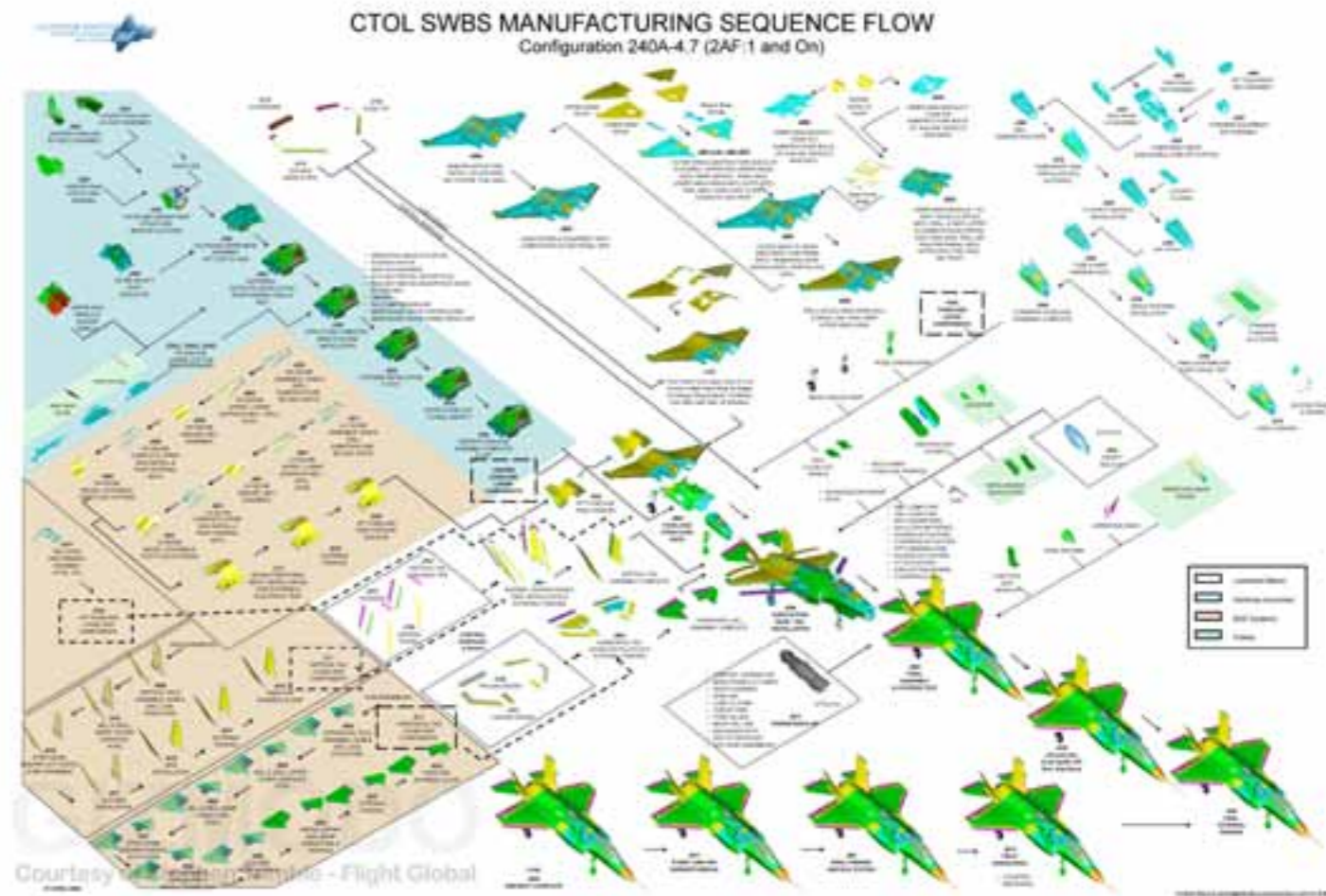
### Tailorsteel

Tailorsteel is een hooggeautomatiseerde plaatwerkwerker. Tailorsteel heeft alle interne processen zo ver als (nu) mogelijk is, geautomatiseerd. Alle herhalingswerkzaamheden zijn geautomatiseerd (inclusief calculatie en offertes aanmaken). In de productiehal rijden AGV's (Automatic Guided Vehicle; manloze voertuigen) de stalen platen naar de lasersnijmachines die automatisch alle onderdelen uitsnijden. Alleen bij het inpakken komen er handen aan te pas.

Maar het meest vooruitstrevende is de automatisering

van de 'voorkant'. Een klant kan na installatie van de software van Tailorsteel het eigen product dat gemaakt moet worden, uploaden. De rekencentrale laat in slechts twee minuten de offerte zien met de kosten en levertijden. Zoals ze het zelf noemen: offertes automatisch binnen twee minuten met alle details! Door geheel geautomatiseerd te produceren, zijn efficiëntie, stipte levering en hoge productkwaliteit standaard. Op deze manier kan er 24/7 besteld worden met directe reactie. Tailorsteel levert met name 'specials', en dus niet de hoge-volume producten die vaak goedkoper op een traditionele manier geproduceerd worden. Echter, ook aan deze vorm van customization zitten grenzen. Binnen een bepaalde afmetingen is bijna alles mogelijk, maar daarbuiten wordt het moeilijk. Wat complexere productie betreft, biedt Tailorsteel een 'multiple choice' designtool aan, waarmee klanten kunnen kiezen uit enkele opties (voor bijvoorbeeld de manier van bevestiging). Op deze manier levert Tailorsteel nieuwe functies aan zijn klanten. Er is als het ware een dienst ontwikkeld (24/7 open en direct een offerte) rond het eigen sterk geautomatiseerde proces.

Waardevolle functies kunnen ook liggen in het uiterlijk, het design. Een mooi voorbeeld daarvan is de significant hogere verkoop van BMW's, toen de nieuwe modellen op de markt kwamen. Ook de uitstraling van het imago van een bepaald product kan waarde toevoegen. Wie kent niet iemand die trots vertelt een Hästensbed gekocht te hebben (ik ben rijk!). Of, net als vroeger, weer een 2CV-classic rijdt (ik ben een oude hippie!). Tweede-orde-innovatie is dé manier om te voldoen aan de (nieuwe) wensen van de klant en om uniciteit voor het eigen bedrijf te creëren.

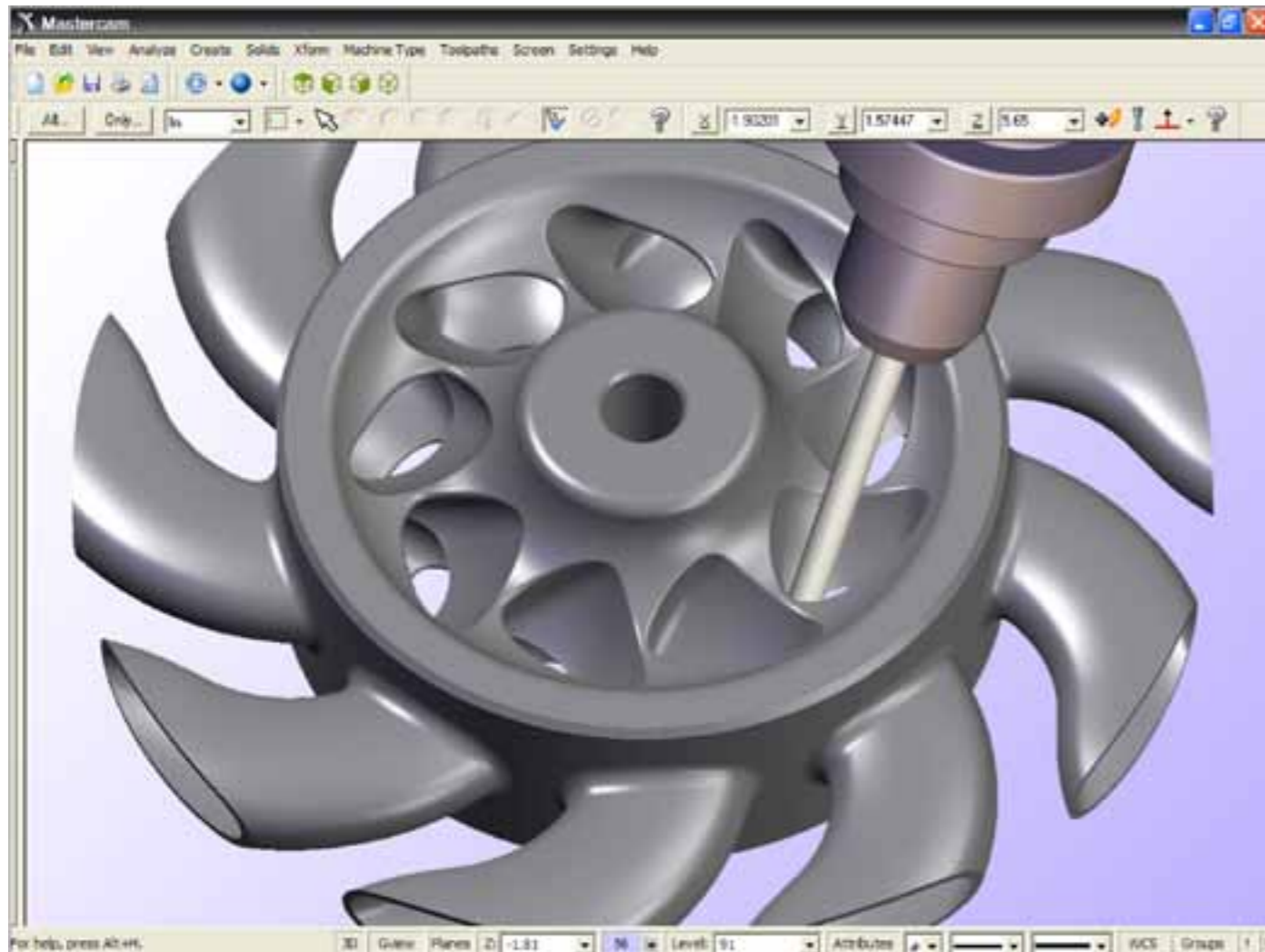


## 4. Technologieontwikkeling voor de Future Factories

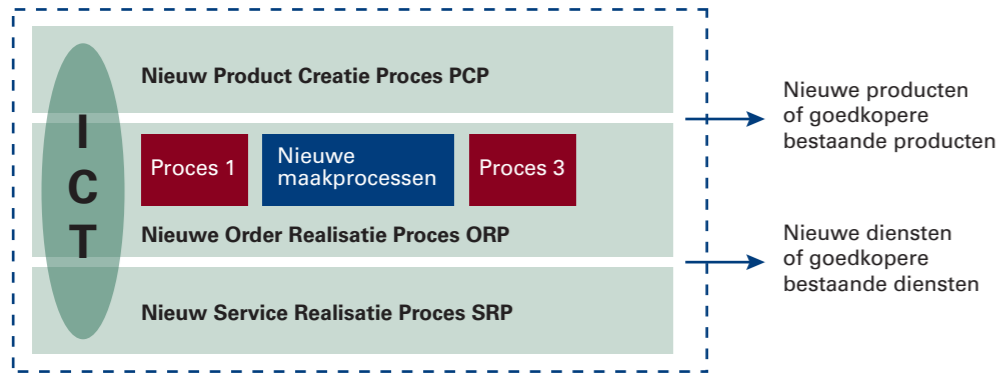
In dit hoofdstuk worden de eerste- en tweede-innovatietrends beschreven voor de maakbedrijven die vandaag de dag voorop lopen. De veelheid aan voorbeelden van technologieontwikkeling geeft een goed beeld van de mogelijkheden voor de Future Factory om zich als kennisintensieve organisatie te ontwikkelen.

In paragraaf 4.1 worden de nieuwste ontwikkelingen beschreven als het gaat om maakprocessen en machines als werkcel. Paragraaf 4.2 behandelt de eerste-orde-innovatietrends op het gebied van ICT bij het Order Realisatie Proces (ORP). Sommige bedrijven hebben ook een Product Creatie Proces (PCP) in huis; eerste-orde-ICT-innovatietrends op dit gebied worden beschreven in paragraaf 4.3. Vaak leveren bedrijven ook nog een bijdrage aan het in stand houden van

systemen in de markt (bijvoorbeeld door het maken van reserveonderdelen of onderhoud), het zogenaamde Service Realisatie Proces (SRP). Paragraaf 4.5 geeft de laatste trends op het gebied van eerste-orde-ICT-innovatie weer. In paragraaf 4.6 worden verschillende innovatietrends weergegeven op het gebied van tweede-orde-innovatie van producten en diensten.



In het volgende plaatje is dit weergegeven:



Elk bedrijf heeft minstens één van de primaire competenties in huis waar eerste-orde-innovatie kan plaatsvinden:

- PCP: Product Creatie Proces: het ontwerpproces van nieuwe producten.
- ORP: Order Realisatie Proces: het maak- of realisatieproces van een order.
- SRP: Service Realisatie Proces: het maak- of realisatieproces van een service rond een (geïnstalleerd) product.

#### 4.1 FUTURE FACTORIES INVESTEREN IN NIEUWE FABRICAGETECHNOLOGIE

In de HighTech Systems-wereld wordt globaal gebruikt gemaakt van zestig verschillende processen om tot complete eindproducten te komen.

Fabricagetechnologie is onder te verdelen in verschillende soorten technologie en per soort worden één of meerdere voorbeelden gegeven om de categorie te verduidelijken:

- Wegneemtechnologie: frezen, Electrochemical Machining (ECM), etc. Hierbij wordt materiaal weggenomen.
- Opbrengtechnologie: opdampen, printen, etc. Hierbij wordt materiaal aangebracht.
- Vormtechnologie: spuitgieten. Hierbij wordt materiaal in een vorm gebracht.

- Transitietechnologie: uitharden, gloeien, etc. Hierbij wordt de chemische structuur van het materiaal veranderd.
- Reinigingstechnologie: uitdampen, beitsen. Hierbij worden materialen/componenten schoongemaakt.
- Meettechnologie: Ultrasoon (US), röntgen, etc. Hierbij worden allerlei metingen gedaan aan de componenten.
- Verbindingstechnologie: solderen, lassen, etc. Hierbij worden twee of meer componenten definitief met elkaar verbonden.
- Samensteltechnologie: picking, placing. Hierbij worden twee of meer componenten samengesteld.

Een compleet fabricageproces van een eindproduct is dus een optelsom van vele fabricageprocessen.

Future Factories moeten continu kijken of dit soort ontwikkelingen hen voordeel biedt. Investeren in nieuwe tech-

nologie is continu een strategische afweging waarmee veel investeringsgeld is gemoeid. Fout investeren betekent vaak het einde van een bedrijf.

Hoofdtrend is dat in toenemende mate wordt geautomatiseerd in complete, combinatieprocessen in plaats van in één bewerking. Toch zijn er belangrijke trends in de verschillende soorten fabricagetechnologieën:

#### Wegneemtechnologie

- Steeds meer seriële processen met zo min mogelijk objecthandling in één machine (frezemeten-slijpen). Trend ligt in toenemende mate op het compleet bewerken van producten.
- Contactloos en droog bewerken (bijvoorbeeld laserfrezemeten), vooral voor elektronische, fotonische, optische en biomedische componenten.
- Toename mixed processen: gelijktijdige combinaties van processen (zoals ECM-frezemeten).

- Automatiseren van eenvoudige maaddelen met een laag repeterend karakter, tot zelfs manloos produceren.

#### Opbrengtechnologie

- Naast wegneemtechnologie zijn er steeds meer opbrengtechnologieën (roepnaam Rapid of Additive Manufacturing) voor directe toepassingen, doordat de technische en economische haalbaarheid van toepasbare materialen steeds beter worden. Doorbraak kan het kwalitatief juist doseren voor printen/jetten van metaal zijn.
- Met Additive Manufacturing kan men snel een complex product maken (korte doorlooptijd, geen mallen); dit wordt steeds beter geschikt voor het produceren van grote aantallen. Andere voordelen zijn: meer vormvrijheid, geen tooling en in principe nauwkeuriger.
- Fiber Placement (automatiseren in plaats van handmatige lay-up) bij composietproductie.

#### Omvormtechnologie

- Vanuit Computer Aided Design (CAD-)model automatisch genereren van buigprogramma's voor kantbanken.
- Omvormen, in proces meten, automatisch toetsen met CAD-model en in proces bijstellen.

#### Reinigingstechnologie

- In proces reinigen. Reiniging van producten zal in toenemende mate worden geïntegreerd in geautomatiseerde productieprocessen.
- Reinigen is steeds meer nodig vanuit medische, hygiënische of precisietechnologieoverwegingen. Naast bewerken, is schoon afleveren steeds belangrijker, dus steeds vaker moet de integrale afweging gemaakt worden tussen afneem-/opbreng- en reinigingstechnologie.

#### Meettechnologie

- Geautomatiseerde terugkoppeling en verwerking van meetgegevens in het proces.
- Contactloos meten, hetgeen meetfouten voorkomt.
- Volledig manloos meetrapporten genereren (bewijsvoering).
- Processturing door middel van sensoren in de machine, waardoor meten van eindproducten overbodig wordt.
- Industrieel toepassen van camerameetsystemen. Snelheid en betrouwbaarheid van 3 dimensionaal (3D-) metingen neemt hiermee toe.

### Verbindingstechnologie

- Manarm en malloos lassen door middel van maatwerk gerobotiseerde productiecellen in combinatie met slimme ‘maakbare’ gestandaardiseerde product- en verbindingsoptwerpen.
- Geautomatiseerd lassen van kunststoffen en composieten.
- Vereenvoudiging van klink-/lijmverbindingen.

### Assembleren

- Minimaliseren werkinhoud.
- Voorkomen van assembleren door gebruik van integrale onderdelen.
- Reductie van componenten door meer integratie en vereenvoudiging.
- Vervangen van handwerk door robotisering.

## 4.2 FUTURE FACTORIES INVESTEREN IN WERKCELINNOVATIES

De hoofdtrend van Future Factories: het in toenemende mate automatiseren van complete, combinatieprocessen in plaats van het automatiseren van één bewerking, heeft tot gevolg dat er steeds meer wordt geïntegreerd in de werkcel.

Niet alleen in het hart van de machine ziet men allerlei trends, maar ook in de handling van werkstukken en in het wisselen van werkstukken en gereedschappen vindt veel automatisering plaats. Hiermee wordt een machine meer een complete werkcel, waarin ook de additionele hulpprocessen zijn geoptimaliseerd.

Trends op het gebied van een werkcel zijn:

- geautomatiseerd inspannen van ruw materiaal in een productdrager (palletsysteem) voor snelle wisselingen
- 0-puntspansystemen voor snelle wisselingen

- Implementatie van centraal systeem van spaanafvoer met palletisering van spanen en terugwinning van koelvloeistof (minder onderbrekingen)
- snelwisselsystemen
- voorkomen van menselijke fouten door middel van camera's, etc. (minder onderbrekingen)
- voorkomen van fouten door middel van poka yoke (eenvoudige controlemiddelen).

### Aeronamic

Aeronamic levert, als single source, diverse systemen voor verschillende typen vliegtuigen, van air turbine-starters tot air coolingmachines. Ze hebben sterk ingezet op werkcelinnovaties: draai-/freesmachines, snellere machining, grotere gereedschapmagazijnen, kortere omsteltijden, breukdetectie, 0-puntspansysteem, voor-/nafreesstrategieën en constante kwaliteittooling. Door CAD/CAM-integratie laden de programma's sneller en is

er EPC (eerste-productcontrole) per batch door bevroren routes (luchtvaart!). Voor testen gebruiken ze een collision-programma en 3D-meetprotocol. Totdat de routes bevroren zijn, is er veel invloed/inventiviteit van operators mogelijk en gewenst om het eindproduct tot de gewenste kwaliteit te brengen. De productieplanning is ook sterk geoptimaliseerd door een pullsysteem en kent een hoge verticale integratie. Door deze innovaties is Aeronamic in staat aan de hoge eisen van de vliegtuig-industrie te voldoen en dat tegen steeds lagere kosten.

## 4.3 FUTURE FACTORIES INVESTEREN IN MATERIAL HANDLING-INNOVATIES

Producten gaan van processtap naar processtap. Soms moeten producten ook tijdelijk worden opgeslagen in een (tussen)magazijn. De logistiek van het verplaatsen en opslaan van (tussen)producten noemt men material handling. Rondom deze processen, die geen waarde toevoegen, is ook een automatiseringsslag gaande.

Trends op het gebied van material handling:

- Het proces proberen toch enige toegevoegde waarde te geven, door bijvoorbeeld gebruik te maken van de transporttijd en daarin bijvoorbeeld het product te inspecteren.
- Automatische magazijnen, waarbij door middel van robots, pallets met producten op een efficiënte ruimtelijke wijze worden opgeslagen. Vaak worden deze magazijnen high rise-magazijnen genoemd. Het magazijn kan weer gekoppeld worden aan een werkcel, zodat productie onbemand in de nacht of het weekend kan plaatsvinden.
- Automatisch transport van producten door middel van een monorailsysteem of automatisch geleide voertuigen (AGV).

#### 4.4 VOORBEELDEN VAN EERSTE-ORDE-INNOVATIE BIJ ORP

Bij ORP gaat het erom hoe de maakprocessen (werkcellen) met elkaar verbonden worden tot één werkend totaal maakproces. Door te investeren in automatisering zijn grote kostenvoordelen mogelijk door bijvoorbeeld:

- *Automatische calculatie*, ook voor complexere producten. Door het werken met vaste bouwstenen kan men snel en automatisch calculaties maken die als onderdeel van een offerte kunnen dienen.
- *Real life checken* ten opzichte van het calculatiemodel zorgt ervoor dat de kostenbewaking gedurende het maakproces veel nauwkeuriger te volgen is. Door middel van draadloze (RFID-)chips is continu te volgen waar de producten zijn.
- *Metten van eigenschappen* van het proces tot continue procesverbetering (met een simulatiemodel als referentie). Door het overzicht van de kostenposten kan men continu met verbeterwerkgroepen de kosten reduceren.

- *Standaardisatie* van uitgangsmaterialen en gereedschappen, en processen in plaats van producten.
- *Afstemmen toelevering* van materiaal en gereedschappen afstemmen op het gewenste productprofiel (afroepvoorraad, kanban, etc.). Hiermee worden enorme voorraadreducties mogelijk en daardoor worden de kansen op fouten en kapitaalbeslag positief beïnvloed.
- *Productie van kleine volumes* kriskras door elkaar is mogelijk. Door ICT kunnen ook vele kleine orders verwerkt worden. Menselijk denkvermogen is niet langer de bottleneck. Vertrouwen in het ICT-pakket moet wel groot zijn.
- *Configuratiebewaking*. De integratie van CAD en Manufacturing Execution Systems (MES) garandeert 100% configuratiebewaking en traceability.
- *Zelflerende* plansystemen en calculatiesystemen. In productieplanning (MES) optimaliseren naar: materiaalverbruik, energieverbruik, omsteltijden en het

zelflerend maken. Door de grote hoeveelheid data kan men trends automatisch interpreteren en invloed laten hebben op de volgende orders.

#### Smart Factory-project Fokker Hoogeveen

Het project, genaamd 'Smart Factory voor de maak-industrie' gaat technologie ontwikkelen om complexe productieprocessen op een hele andere manier aan te sturen dan op dit moment gebeurt. De bedrijven gaan overal in het proces sensoren (meetinstrumenten) plaatsen, waarmee permanent wordt bijgehouden wat er allemaal gebeurt. De kennis die dat oplevert, wordt met moderne wiskundige technieken omgezet in computermodellen. Gaandeweg worden deze modellen steeds gedetailleerder, zodat ze exact kunnen voorspellen wat er staat te gebeuren. Hierdoor kan er al worden bijgestuurd voordat er eventuele fouten optreden. Het eindresultaat is een stabiel en foutloos productieproces. Dit principe van 'zelflerende' productiebesturing wordt door een consortium voor het eerst ontwikkeld, toegepast en getest in de fabriek van Fokker in Hoogeveen.

- *Vervallen van eindinspectie.* Bij automatisering van product naar proces (inclusief logistiek) en het bewaken van de processen komt er altijd een goed product uit wat niet meer gecontroleerd hoeft te worden.
- *Waste-reductie.* Door automatisering kan men bijvoorbeeld het nesten van materiaal of het combineren van batchgewijze productieprocessen optimaal uitnutten waardoor een minimale verspilling van materiaal/energie plaatsvindt.
- *ICT-interfaces met de klant.* Door dit soort automatisering is het steeds meer mogelijk om ook interfaces te maken met de ICT-systemen van de opdrachtgever die bijvoorbeeld goedkeuring van de opdrachtgever automatiseren of de laatste wijzigingen in de planning automatisch doorgeven.

### **Tecnovia**

Tecnovia is een one-stop-shop voor hoogwaardige modulebouw, precisiecomponenten mechanisch en plaatwerk en verspaningsdelen, vooral voor kleinere series. Er is net een nieuwe hooggeautomatiseerde fabriek in Foxhol geopend. Daarin worden kleine series 24/7 volledig automatisch vervaardigd. In de hal zijn twee spoorlijnen waarin de metalen (plaat)delen automatisch worden aangevoerd door robots, vervolgens bewerkt tot eindproduct en weer afgevoerd. Aan de spoorlijntjes staan tien computergestuurde bewerkingsmachines, die door vakmensen worden geprogrammeerd. Nadat de machines zijn geprogrammeerd en de gereedschappen voor de machines zijn ingesteld (dat vlot verloopt door standaardisering van CAD/CAM/ERP/CNC en gereedschappen), verloopt het productieproces volautomatisch. Er wordt automatisch een ideale productmix gegenereerd (korte en lange bewerkingen door elkaar heen). Zodra het product gereed is, wordt het door de robot uit de machine gepakt en in een reinigingsmachine geplaatst. Vervolgens wordt het product voor maatcontrole en het maken van een meetrapport

op een volautomatische meetmachine gezet. Tot slot brengt een robot het product naar een magazijn van waaruit het naar de klant wordt verstuurd. Een belangrijke voorwaarde voor een sterk geautomatiseerde fabriek is dat de cultuur ook is aangepast op vooral hoofdwerk en 24/7-oproepbaarheid. Ook monitoring en repair op afstand (thuis) behoren tot de mogelijkheden. In de toekomst zullen herbewerkingen mogelijk ook volledig automatisch kunnen worden uitgevoerd.

### **4.5 VOORBEELDEN VAN EERSTE-ORDE-INNOVATIE BIJ PCP**

Bij PCP gaat het om hoe de ontwerpprocessen met elkaar verbonden worden tot een werkend totaal creatieproces, maar ook hoe het creatieproces en het orderproces elkaar positief kunnen beïnvloeden. Door te investeren in automatisering zijn grote kostenvoordelen mogelijk door bijvoorbeeld:

- *meer productieprocesinformatie vast te leggen* in tekening. Een voordeel daarvan is dat men wordt gedwongen om het ontwerp en de voorbereiding zo uit te voeren (blijven testen) dat de productie foutloos is. Aan de voorkant alles goed inregelen, zodat operators geen aanpassingen hoeven te doen (daarmee wordt ook de kennis van de operators gedigitaliseerd).
- *interfaces tussen ontwerp en productie.* Concreet betekent dat een koppeling tussen Product Data Management (PDM), lees: de automatische productstuklijst, en Enterprise Resource Planning (ERP), lees: de automatische productiestuklijst en machinebesturing. Van CAD-model (inclusief werkinstructies) naar automatische maakprocessen. Voorbereiding op de machine kan offline, zodat maximale productietijd beschikbaar is, minder foutkansen optreden en manloos genereren van gegevens tot de mogelijkheden behoort.
- *machineonafhankelijke werkvoorbereiding.* Een product heeft vaak een levensduur van 10-40 jaar;

productiemachines niet. Werkvoorbereiding op procesniveau voorkomt het overdoen van werk.

- *CAD-systemen* (Computer Aided Design) die zorgen voor productiviteit van engineers. Er wordt onderscheid gemaakt tussen 2D-, 2½D- en 3D-systemen. De 2D-systemen worden gebruikt om technische tekeningen te maken, de 2½D-systemen zijn een uitbreiding met diepte voor CNC-gestuurde machines (CAM) en de 3D-systemen werken met draad-, oppervlakte-, volume- of solid-modellen. Er zal dus steeds meer in 2½D- en 3D-systemen gewerkt moeten worden om de link tussen ontwerp en productie te automatiseren.
- *webbased tools* dievoor het eerst echte co-design mogelijk maken: het samen ontwerpen van één product op twee locaties in CAD.
- *automatisch generen van 2D-tekeningen*. Met webbased tools kunnen bij sommige implementaties ook weer min of meer volledige 2D-tekeningen worden gegenereerd, hetgeen heel veel uren bespaart.

- *simuleren door middel van Computer Aided Engineering (CAE-)systemen*. Deze vergroten de snelheid waarmee de juiste productkwaliteit of maakprocessen worden gerealiseerd door virtueel testen.

#### **AWL-Techniek**

AWL is een systeemintegrator en levert machines aan fabricagebedrijven. Zijn machines zorgen voor eerste-ordebesparingen bij klanten, maar zijn tweede-orde-innovaties vanuit het eigen perspectief. Met name aan de productontwikkelingskant is sterk geïnvesteerd. Er wordt steeds meer in modulaire systeemarchitectuur gewerkt, waarbij nieuwe machines voor een groot deel uit bestaande componenten worden opgebouwd. De link tussen CAD/PDM/ERP/E-drawing wordt voortdurend verbeterd, mede door standaardisatie. Investeren in softwareontwikkeling is voor een machinebouwer ook om een andere reden belangrijk: de softwarekant van machines (de besturing) is een steeds belangrijker onderdeel van de machine geworden. Ook de kennis die door de designers/engineers is opgebouwd in data-

banken en fabriekssimulaties wordt vermarkt door de verkoop van uren. Met een proeffabriek en veel vrijheid voor het ontwerp worden de kennis en creativiteit van deze werknemers optimaal gebruikt.

#### **4.6 VOORBEELDEN VAN EERSTE-ORDE-INNOVATIE BIJ SRP**

Bij SRP gaat het erom hoe de processen met elkaar verbonden worden tot een werkend totaal-SRP, maar ook hoe het PCP en het SRP elkaar positief kunnen beïnvloeden. Door te investeren in automatisering zijn grote kostenvoordelen mogelijk door bijvoorbeeld:

- *volledige automatisering van tracking en tracing*. Elk product heeft een uniek identificatienummer (UID) met directe link naar PDM. Hierdoor is het altijd mogelijk om de historie van dit product te volgen en ook de consequenties van het falen van een product te vertalen in recallacties

- *remote monitoring*. Dit maakt het mogelijk om zonder te reizen naar de klant (waar ook ter wereld) te kijken hoe het systeem ervoor staat en of het systeem bijvoorbeeld toe is aan (extra) onderhoud.
- *direct spares met Rapid Manufacturing*. Ter plekke maken van (gecertificeerde) onderdelen als ze nodig zijn. Kleine aantallen produceren en leveren met tussenvoorraad nul in de keten.
- *FMEA-database* (Failure Mode and Effect Analysis); storingskennisopbouw versus automatische instructie voor operators.

#### **Itter**

Itter is gespecialiseerd in het bewerken van aluminium, met name profielen. Het logistieke model van Itter is een stabiel proces, zowel on demand als repeat (met vastgelegde afloopcurves). Orders worden automatisch opgehaald uit planningssystemen van klanten. Deze dienst wordt door veel klanten erg gewaardeerd. De fijn-

planning wordt door lter zelf geregeld. Het verschil van lter ten opzichte van concurrenten zit hem met name in de omgang met klanten en toeleveranciers. De medewerkers van lter bezoeken vaak hun klanten en toeleveranciers en zo kan de productieservice nog beter worden afgestemd op de wensen van de klant.

#### 4.7 VOORBEELDEN TWEDE-ORDE-INNOVATIE BIJ PRODUCTEN EN DIENSTEN

Tweede-orde-innovatie betekent bij producten nieuwe of sterk verbeterde productfuncties en -eisen realiseren. Voorbeelden hiervan zijn:

- *nieuwe eisen realiseren* door bijvoorbeeld producten te produceren die veel kleiner, lichter en/of nauwkeuriger zijn. Tegenwoordig wordt duurzaamheid ook een belangrijke extra eis, lees: energiezuinig, materiaal recyclebaarheid, etc.

- *integrale producten*. Doordat functies gecombineerd worden in een product, worden steeds vaker hybride producten geproduceerd, bijvoorbeeld een kunststof tandwiel met een metalen jasje, of hard-zachtcombinaties bij kunststof (denk aan de zachte grip op een elektrische tandenborstel).
- *desktopproductie*. Door de ontwikkeling van Additive Manufacturingmachines is het straks mogelijk om kleine producten in de winkel of zelfs thuis te maken. Denk bijvoorbeeld aan een bril die bij de opticien ter plekke geprint kan worden, of het printen van schroeven en spijkers zodat men niet elke keer naar de Gamma hoeft te gaan.
- *productontwerpen in CAD* (3D-tekeningen) verkopen. Door het verkopen van 3D-informatie voor ontwerpbibliotheken worden steeds meer bij het ontwerpproces standaardproducten toegepast.

Tweede-orde-innovatie betekent bij diensten nieuwe of sterk verbeterde dienstfuncties en eisen. Voorbeelden hiervan zijn:

- *automatisch calculatie/offerte aanbieden*. Via geautomatiseerde systemen een productconfigurator aanbieden met hieraan een calculatiesysteemgekoppeld.
- *24/7 open*. Via portal gelinkt aan het ERP-systeem de klant de mogelijkheid geven om altijd (repeat-) productieorders in te 'schieten'.
- *Facility Sharing* van 3D-tools en machines tussen de toeleveranciers onderling waarmee hun virtuele fabriek groter wordt
- *vermarkten productiekennis*. Door engineeringkennis te verkopen of integraal op te nemen in de kostprijs.
- *altijd en overal traceability* (UID-nummer). Deze kennis is vaak als een extra dienst te vermarkten. In

sommige industriesectoren een standaardvoorwaarde (bijvoorbeeld bij defensie of in de vliegtuigbouw).

- meer diensten voor system integrators die ook tot en met *end-of-life* verantwoording kunnen nemen door remote sensing en goede traceability
- *3D virtuele mock-up*. Het kunnen laten zien van de klant hoe het eindontwerp er uit komt te zien door middel van visuele, dynamische projectie. Het is zelfs mogelijk om de klant door het product te laten lopen, of te laten zien hoe het werkt en vanuit deze beleving kunnen aanpassingen worden gedaan.
- *3D-productontwerp mede vormgeven met klant*. De klant kan via een website een deel van zijn consumentenproduct zelf vormgeven en door CAD/CAM is dat makkelijk te maken. Bijvoorbeeld het maken van avatars (gamefiguur) is een succesvolle businesscase. Het concept wordt ook steeds meer business-to-business toegepast.

- *Online storingsanalyse c.q. oplossen van storingen* door machineproducenten bij klanten waardoor men zelf minder specialisten in dienst hoeft te hebben: 24/7 instandhouding (onderhoud en service aan modulen of systemen).

Door al deze innovaties is het werken in een Future Factory natuurlijk veel veiliger en minder fysiek zwaar vergeleken met de historie. Bovendien hebben bedrijven die hun processen onder controle hebben, beduidend meer tijd voor strategische taken.

#### 4.8 HOE ZIT HET MET DE FACTOR MENS?

Door genoemde voorbeelden van eerste- en tweede-orde-innovaties lijkt het wel of de fabriek van de toekomst zonder mensen kan. Niets is minder waar. Al deze innovaties zijn natuurlijk ook mensenwerk en het naadloos laten functioneren van een dergelijk complex samenspel van technologie, organisatie en denkkraft geeft aan dat er absoluut plaats is voor moderne, opgeleide nieuwe medewerkers.

Het betekent wel dat pure vakmanschap naar de achtergrond gaat. Daarvoor in de plaats komen meer procesoperators, programmeurs, CAD-tekenaars, etc. Een nieuw soort vakmanschap gaat ontstaan.

#### **Nogmaals Itter**

Itter is gespecialiseerd in het bewerken van aluminium, met name profielen. Door de hoge automatiseringsgraad komen de indirecte taken van de medewerkers veel meer naar de voorgrond. Itter werkt dan ook met zelfplannende teams. Teams krijgen alle vrijheid om met elkaar de weekplanning te organiseren en realiseren. Ook worden door de teams regelmatig werkbezoeken aan klanten gebracht zodat ze alle inzichten krijgen van de functie van de producten die men maakt en er ook een goede relatie ontstaat met de klant. Deze laatste zaken zijn natuurlijk nooit te automatiseren, maar wel van doorslaggevend belang.

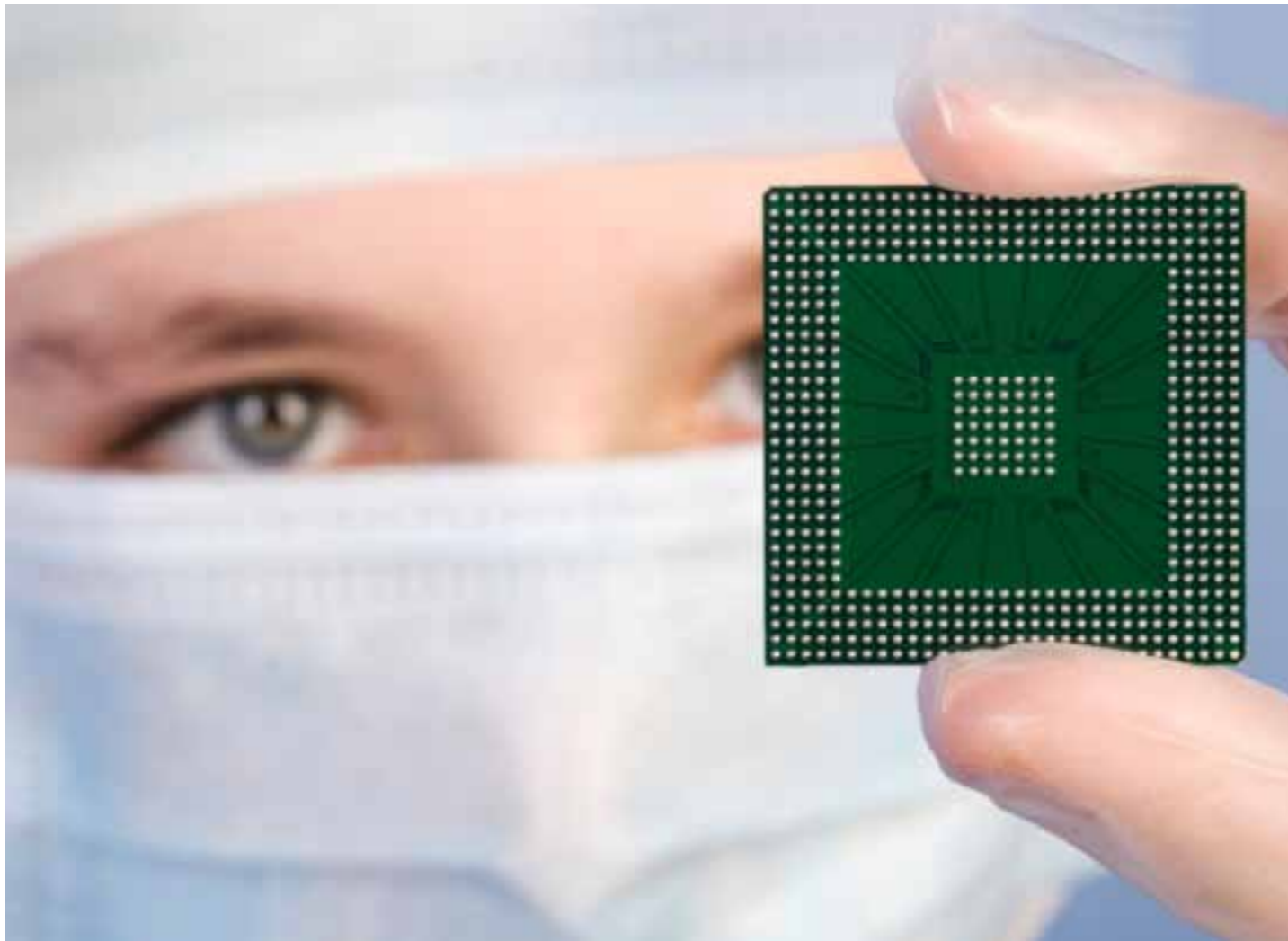


## 5. Hoe de ontwikkeling van de Future Factories continueren?

De Future Factories hebben een toekomst in Nederland. Door de veel schonere, duurzamere en kennisintensievere fabricagewijze past de Future Factory in het beeld van Nederland als een kenniseconomie die welvaart en welzijn voor haar inwoners genereert. En hoewel het belang van de industrie vaak wordt onderschat, is in hoofdstuk 2 aangetoond dat onze toekomstige welvaart en toekomstig welzijn voor een deel ook afhangen van de maakindustrie. De rol die de maakindustrie speelt, als cruciaal onderdeel van het ecosysteem HTSM, wordt daarmee behouden.

Maar dan moet de ontwikkeling die al veel fabricagebedrijven hebben ingezet - waarvan verschillende voorbeelden in de kaders zijn beschreven - worden gecontinueerd.

Allereerst vraagt dat wat van de fabricagebedrijven. Het betekent inzetten op innovatie. Voorbeelden daarvan hebben in de voorgaande hoofdstukken de revue gepasseerd. Dit vergt van bedrijven een langetermijnvisie die wordt vertaald in kortetermijnactiviteiten. Daarbij moet het meest optimale concept op bedrijfsniveau worden gekozen en dus geen optimalisatie en innovatie in deelgebieden alleen. Daarnaast kunnen de manier van samenwerken en de mate waarin nu wordt samengewerkt nog sterk verbeteren. Dat kan op het gebied van innovatie door verbetering van het imago van de industrie en daardoor het aantrekkelijk maken van de industrie voor werknemers. Kortom, genoeg te doen voor de kennisintensieve bedrijven!



Kennis is de bron voor innovatie. Daarom is aansluiting van kennisinstellingen en universiteiten op de maakindustrie van het grootste belang. Kennisinstellingen en universiteiten zouden aan de ene kant hun internationale excellentie moeten uitbouwen (wellicht door te clusteren), maar aan de andere kant hun bereikbaarheid voor (ook MKB-)maakbedrijven kunnen vergroten. Dat kan worden versterkt door ook aandacht te schenken aan praktische en eenvoudige toepasbaarheid van nieuwe kennis.

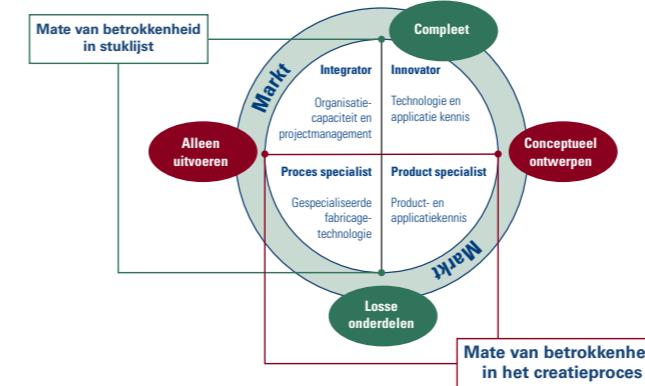
De ontwikkeling van de Future Factories kan niet los worden gezien van het technologisch ecosysteem waarin bedrijven, kennisinstellingen en universiteiten samenwerken en ook de overheid een grote rol speelt. De steun van de overheid was en blijft onmisbaar op de volgende punten:

- Gemeenschappelijke technologieprogramma's (waaronder platform Main) en bevordering van netwerken en ketens die de samenwerking binnen het ecosysteem faciliteren en de opstap kunnen vormen naar deelname in Europese technologieprogramma's.

- Ondersteuning van innovatie, ook door beleid te formuleren op het gebied van financieringsconstructies (niet alleen subsidies), en daarmee de voorwaarde te scheppen voor de multinationals van de toekomst.
- Goed technologisch onderwijs blijven stimuleren (waaronder platform Bètatechniek).
- Ondersteunen in de verbetering van de beeldvorming van de industrie, als cruciale plek voor bevordering van de welvaart en het welzijn van Nederland (trots op onze engineers!), om daarmee ook de aantrekkelijkheid als werkgever te vergroten.
- Optreden als 'launching customer' om doorbraken mede te realiseren om maatschappelijke uitdagingen op te lossen.

## Bijlage I: NEVAT-classificatie toeleveranciers

Hieronder volgt een overzicht van vier mogelijke ketenrollen (integrator, innovator, processpecialist, productspecialist) van toeleveranciers.



Het classificatiemodel

Het classificatiemodel gaat uit van twee assen. De verticale as geeft de betrokkenheid in de stuklijst aan. In dit geval betekent de stuklijst de stuklijst van het (de) totale product(familie). Onder aan de as mag men losse onderdelen leveren, bovenaan levert men een compleet assortiment.

De horizontale as geeft de betrokkenheid in het PCP aan. Compleet rechts worden nieuwe concepten of delen daarvan ontworpen en compleet links maakt men alleen producten/onderdelen volgens tekening.

Door deze twee assen krijgt men vier kwadranten en in elk kwadrant kan men een archetypewerol benoemen. Er zijn dus vier rollen:

- *Innovator*: op een hoog stuklijstniveau werkend aan de creatiekant.
- *Integrator*: op een hoog stuklijstniveau werkend aan de maakkant.
- *Processpecialist*: op een laag stuklijstniveau werkend aan de maakkant.
- *Productspecialist*: op een laag stuklijstniveau werkend aan de creatiekant.

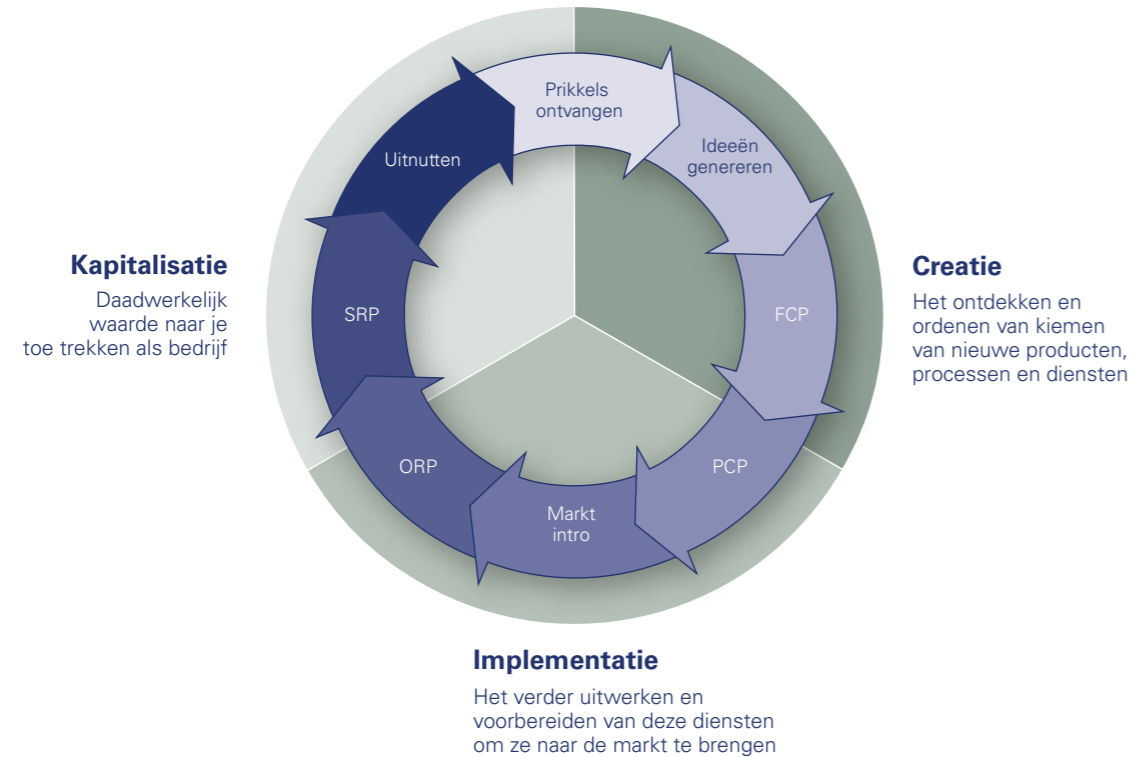
Deze classificatie vervangt de oude classificatie van main supplier (meedenkende toeleverancier) en jobber (capaciteitsleverancier) en doet meer recht aan de unieke posities van toeleveranciers in de keten.

### Doorgroeirichtingen

Doorgroeirichtingen van een processpecialist zouden er als volgt uit kunnen zien:

1. De huidige rol handhaven, maar wel kiezen voor het specialisme van tempo, snelheid. Dit vertaalt zich in een korte levertijd, veel flexibiliteit in vraag kunnen handelen door het optimaliseren van interne processen op veel variatie.
2. De huidige rol handhaven, maar dan kiezen voor een kwaliteitsspecificatie. Streven naar optimale kwaliteit van de afgeleverde producten in combinatie met goede kwaliteitsprocessen intern.
3. De huidige rol handhaven en kiezen voor de kostenspecialist. Vaak kiezen deze specialisten voor manloos produceren om de factor arbeid te minimaliseren. Bij meer handenarbeid doorschuiven van activiteiten naar lagelonenlanden (eigen vestiging of vaste partnerships).

4. De huidige rol, maar dan ook service leveren. Het helpen van de klant bij het onderhoud van de geïnstalleerde installaties door ultrakorte doorlooptijden voor reservedelen/reservevoorraad houden of speciale serviceworkshop in de fabriek.
5. Technologieleadership. Door de juiste combinaties van de modernste technologieën ervoor zorgen dat klanten graag bij de processpecialist komen. Vaak laatste stand van de technologiemachines in huis.
6. Overstappen naar de rol van productspecialist. Ontwikkelen van eigen producten (portfolio/specificatie), eigen productengineering en marketing.
7. Overstappen naar de rol van integrator. Op een hoger stuklijstniveau leveren door assembleren (= schroevendraaier), eigen aansturing van supply chain, inkoop en projectmanagement. Dit is eigenlijk de rol van een toeleverancier zonder ontwerpfunctie.
8. Eigenlijk geen doorgroeirichting, maar een stapje terug: een jobber verkoopt capaciteit c.q. machine-uren. In hoogtijdagen kan dat zeker lucratief zijn, op andere momenten juist niet.



## Bijlage II: Innovatieproces, soorten innovatie en innovatiegraad

### Innovatieproces

In veel bedrijven is innovatie in meerdere of mindere mate georganiseerd en geformaliseerd. Op hoofdlijnen bestaan de meeste innovatieprocessen uit een creatie-, implementatie- en kapitalisatiefase. Een innovatieproces begint altijd met externe of interne prikkels. Dit is het begin van de creatiefase.

Door ideeën te genereren en die verder uit te werken, oftewel te vertalen in haalbare functies tijdens het Functie Creatie Proces (FCP), wordt de eerste stap gezet. Ook wordt in deze fase de haalbaarheid (technisch, economisch, organisatorisch) getoetst. In de tweede fase, de implementatiefase, worden nieuwe producten, diensten, processen of organisatie methoden verder uitgewerkt, mogelijk door

een prototype te maken (dit is het Product Creatie Proces, PCP). Daarnaast wordt in deze fase de marktintroductie, Order Realisatie Proces (ORP) en Service Realisatie Proces (SRP) voorbereid. In deze fase wordt de haalbaarheid (technisch, economisch/markt, organisatorisch) steeds duidelijker, bijvoorbeeld ook door het testen van de innovatie bij potentiële klanten of gebruikers. Na deze fase is het innovatieproces ten einde en wordt het nieuwe product of de nieuwe dienst in de markt gezet of wordt een nieuw proces of nieuwe organisatie methode geïmplementeerd. Dit is het begin van de kapitalisatiefase; de innovatie zal extra opbrengsten of verlaging van de kosten moeten genereren om de investering terug te kunnen verdienen.

**Soorten innovatie**

Er zijn verschillende vormen van innovatie, die allemaal belangrijk zijn. Uiteraard kunnen deze diverse dimensies tegelijkertijd in één bedrijf voorkomen.



<b>Productinnovatie</b>	Innovatie met betrekking tot fysieke eindproducten
<b>Dienstinovatie</b>	Innovatie met betrekking tot niet-fysieke eindproducten, bijvoorbeeld een serviceconcept of het aanbieden van een geautomatiseerd intakeproces
<b>Procesinnovatie</b>	Innovatie met betrekking tot de technisch-fysieke voortbrengingsprocessen, bijvoorbeeld lassen, verspanen en spuitgieten
<b>Organisatorische innovatie</b>	Innovatie met betrekking tot de secundaire processen en organisatiestructuur, zoals de processen rond productcreatie, facturering en verkoop
<b>Sociale innovatie</b>	Innovatie met betrekking tot de (on)geschreven spelregels in bedrijven en sociale netwerken, zoals de wijze waarop gewenst gedrag - zoals klantgerichtheid - wordt opgeroepen

Bij toeleverende maakbedrijven is proces- en/of organisatorische innovatie in veel gevallen de meest voorkomende vorm van innovatie. Product- en dienstinnovaties worden voornamelijk gerealiseerd bij bedrijven die een eigen product of dienst hebben. Echter, er zijn door automatisering ook veel mogelijkheden om product- en dienstinnovaties te realiseren bij toeleverende maakbedrijven.

**Innovatiegraad: vernieuwen en verbeteren**

Innovatie wordt meestal gedefinieerd als een beoogde sprongwijze verandering. Maar een verandering kan ook incrementeel en hoogfrequent zijn: dan is sprake van continu verbeteren. Verbeteren komt dan neer op het steeds in kleine stapjes realiseren van kleine veranderingen. Dit is uiteraard relatief: wat voor het ene bedrijf een incrementele innovatie is, kan voor het andere een radicale verandering zijn.

Als bedrijven erin slagen om een barrière te doorbreken, zien ze er daarna wezenlijk anders uit. Dat gebeurt bijvoorbeeld bij de overstap van het efficiëntiedenken (optimale batches) naar het effectiviteitsdenken: maken wat de klant wil, ook al is het in seriegrootte één.

Vernieuwingen komen op een andere wijze tot stand dan verbeteringen:

VERNIEUWINGEN	VERBETERINGEN
Doorbraaksgewijs	Projectmatig
Zoekprocessen	Stapsgewijs
Druk van buiten	Ambitie van binnen
Andere spelregels	Zelfde spelregels

## BRONNENLIJST

1. *Customization, rapid manufacturing en de toekomst van marketing*, Martijn Laar (Berenschot/Custom Fit), Constructuer, 2007
2. [www.agentschapnl.nl](http://www.agentschapnl.nl)
3. *Factories of the Future PPP*, Strategic Multi-annual Roadmap, Ad-hoc Industrial Advisory Group, 2010
4. Bron: CBS, Nationale rekeningen 2009
5. *Visiedocument*, HighTech Systems & Materials, 2010, HTS bestaat uit: 100% Machine-industrie, Elektrotechnische industrie en Transportmiddelenindustrie, 50% Basismetaal, 25% Rubber- en kunststofindustrie, Metaalproductenindustrie en Speur- en ontwikkelwerk, 10% Computerservicebureaus
6. *Foto sleutelgebieden*, Berenschot in opdracht van het Innovatieplatform, 2008

Berenschot Groep B.V.  
Europalaan 40  
3526 KS Utrecht  
T +31 (0)30 291 69 16  
E [contact@berenschot.nl](mailto:contact@berenschot.nl)  
[www.berenschot.nl](http://www.berenschot.nl)