

Check Produceerbaarheid

Door: Mirjam Zijderveld, Edwin v Noort en Jenny Coenen, 2022.

Afnemers en leveranciers van productiediensten creëren synergie door een geslaagde match van kansen en capaciteit. Startende ondernemingen ontwikkelen doorgaans innovatieve ideeën, zijn flexibel en wendbaar, bereid om risico's te nemen en streven naar groei, maar omdat zij nieuw en klein zijn ontbreekt het hen echter vaak aan de nodige middelen, mogelijkheden en kennis. Leveranciers van productiediensten hebben de middelen, vaardigheden en ervaring die hen in staat stellen efficiënt te werken (Hora, 2018). Voor New Product Design bedrijven lijken de voordelen van het werken met een "Manufacturing-as-a-Service" voor de hand te liggen, zoals (Chiu, 2022) schrijft consolideren ze de kosten in één enkele uitbestedingsovereenkomst, hebben ze lagere overheadkosten en ze hoeven zich geen zorgen te maken over het gebruik van de productiecapaciteit."

Voor fabrikanten die meer en meer dienstverleners worden, kunnen de voordelen alleen worden gerealiseerd wanneer zij inderdaad de configuratie van hun productiesysteem snel kunnen wijzigen om producten geheel naar wens van de klant te produceren en hun unieke mogelijkheden beschikbaar kunnen stellen aan een brede klantenkring (Chiu, 2022). Het Manufacturing-as-a-Service model brengt onvermijdelijk met zich mee dat (sommige) risico's in verband met New Product Design (NPD) en produceerbaarheid op het bordje van de dienstverleners komen te liggen. Hoe houden zij deze risico's beheersbaar? In dit artikel wordt ingegaan op de risico's ten aanzien van produceerbaarheid en de variabelen die deze risico's bepalen; daarnaast worden "maturity checks" voorgesteld om deze risico's te verminderen.

De ontwikkelings- en productiekosten van een eerste productiebatch kunnen stijgen en vertragingen oplopen (Chiu, 2022). Dit wordt meestal veroorzaakt door:

Complexiteit van het product: Complexiteit heeft betrekking op het aantal systemen en componenten in een product, en het aantal en de aard van de relaties tussen de systemen en componenten. **Ontwerp(on)rijpheid:** dit type rijpheid wordt gekenmerkt door de precisie ten aanzien van welke ontwerpoplossing aan de eisen zal voldoen, met voldoende inzicht in materiaalgebruik en kosten, alsmede ten aanzien van de kwaliteit en technische mogelijkheden van de leveranciers. **Productie(on)rijpheid:** dit type rijpheid heeft betrekking op het hebben van voldoende inzicht in de productieprocedure & technische mogelijkheden van apparatuur en middelen die voor de productie van dit product worden gebruikt. De onrijpheid van ontwerp en productie houdt vaak verband met de **uniekheid van het product** (maatwerk, of zeer kleine series, of prototype van een product). Tabel 1 vat de bijkomende risico's voor de productie in verband met deze factoren samen.

Hoge complexiteit	Bijkomend risico (Stasiuk-Piekarska, 2021) (Kalpakjian, 2020)
Groot aantal systemen/componenten, met veel deelasssemblages, een stuklijst (BOM) met heel veel niveaus	Veel onbekende factoren, meer ontwerpfouten in de oplossing
Grote afhankelijkheid van relaties tussen systeem en componenten, veel raakvlakken (ook meetkundig, in de vorm van ruimtebeperkingen)	De mate waarin fouten doorwerken gaat ver en herbewerking is nodig in geval van een onhaalbare oplossing

De aard van de relaties tussen systeem en componenten kan gemakkelijk tot escalatie leiden (bijvoorbeeld de benodigde koelcapaciteit beïnvloedt de benodigde stroomvoorziening, hetgeen leidt tot een hogere vraag naar koelcapaciteit, enz.	De gevolgen die het doorwerken van fouten heeft, gaan ver en herbewerking is nodig in geval van een onhaalbare oplossing
Hoge nauwkeurigheid vereist	Hogere kans op fouten en tekortschietende testcondities
Onrijp ontwerp	Bijkomend risico
Onnauwkeurige definitie van de probleemstelling rondom het ontwerp, waaronder blinde vlekken van de ontwikkelaars	Hogere kans op fouten en tekortschietende testcondities
Behoeften van de klant veranderen (nog steeds) en/of ongemerkte uitbreiding van de scope	Hogere waarschijnlijkheid en grotere gevolgen van herbewerking (kan vergaande gevolgen hebben als de onderlinge afhankelijkheid groot is)
Productvereisten komen (nog steeds) niet overeen met marktonderzoek, problemen in de toeleveringsketen, wettelijke vereisten	Hogere waarschijnlijkheid en grotere gevolgen van herbewerking (kan vergaande gevolgen hebben als de onderlinge afhankelijkheid groot is); problemen bij de levering van materiaal en onderdelen doordat te laat actie wordt ondernomen
Producten worden niet goed getest; product wordt verkocht voordat het is gemaakt; geen analyse, productkwaliteit wordt pas gecontroleerd nadat het product is gemaakt	Hogere waarschijnlijkheid en grotere gevolgen van herbewerking (kan vergaande gevolgen hebben als de onderlinge afhankelijkheid groot is), bijvoorbeeld doordat een ongeschikt productieproces wordt gekozen; de mogelijke noodzaak tot andere of aanvullende afwerkings- en oppervlakbehandelingen
Er wordt geen analyse of productiesimulatie verricht, productkwaliteit wordt pas gecontroleerd nadat het product is gemaakt	Hogere waarschijnlijkheid en groter gevolgen van herbewerking (kan vergaande gevolgen hebben als de onderlinge afhankelijkheid groot is), ook voor bijvoorbeeld productiegereedschappen, matrijzen, gietvormen, patronen, mallen, spaninrichtingen, enz.
Lage Productierijpheid	Bijkomend risico
Gebrek aan benodigde specifieke mogelijkheden	Grotere kans dat een niet-optimaal productieproces wordt gekozen; meerdere orders tegelijk uitvoeren met minder focus, langere omschakeltijd, minder steile leercurve
Testen vinden te laat plaats, lange ontwikkelings- en feedbackcyclus, prototype = eindproduct; er wordt niet proefgedraaid	(Moghaddam, 2018)Productie vertraagd door ontwerpfouten in de oplossing, al voltooide producten of een al voltooide batch moet(en) mogelijk aangepast worden of dure secundaire bewerkingen (boren, draadtappen, oppervlakbehandelingen enz.) ondergaan.
Geen procesoptimalisatie (bijvoorbeeld voor bewerkingsprocessen: niet-optimaal materiaalgebruik en geen systematische vermindering van de snijtijd)	Hogere productiekosten dan nodig
Uniekheid van het product	Bijkomend risico
Geen duidelijkheid over hoeveelheid/grootte van productreeksen	Investeren in productieprocessen en technologie die kostentechnisch niet optimaal zijn wegens verkeerde veronderstellingen over kostendekkende investeringen in apparatuur, gereedschappen, matrijzen, gietvormen, patronen, enz.
Terugvallen op een bestaand flexibel maar ook duurder productiesysteem, automatiseringsniveau van productie is laag	Hoge productiekosten omdat er hoger geschoolde arbeidskrachten nodig zijn

Tabel 1 Productierisico

Tabel 2 geeft vervolgens een overzicht van welke informatie doorgaans in welke productontwikkelingsstadium nodig is om deze risico's te verminderen. In het Manufacturing-as-

a-Service model is de feedback-loop van productie naar ontwerp niet vanzelfsprekend; als ontwikkelaars van nieuwe producten geen advies inwinnen tijdens de ontwerp- en productiestadia kunnen afwegingen ten aanzien van het ontwerp, materiaal, cruciale punten in de toeleveringsketen, kostenramingen, veronderstellingen over het productieproces en overeenstemming met de ontwerpeisen onjuist of ontoereikend zijn. Fabrikanten missen kansen om de produceerbaarheid te verbeteren en productierisico's te verminderen als er geen aanvullende controles en waarborgen ten aanzien van de onderwerpen uit Tabel 2 ingebouwd worden.

	Uniekheid [A]	Complexiteit [B]	Ontwerprijsheid [C]	Productie Rijpheid [D]
Conceptueel/ basisontwerp [1]	Redelijke inschatting van de omvang van de reeks	Redelijke inschatting van het aantal componenten, systemen, geheel van de product breakdown structure en aantal interfaces; ontwerpeisen zijn geëvalueerd	Ideeën over materialen; compromissen in het ontwerp zijn vastgesteld; technische eisen zijn geëvalueerd; eerste beoordeling van problemen in de toeleveringsketen; eerste beoordeling van regelgevingskwesties	Technologische behoeften; productieconcepten; prestatiedoelstellingen die de productie-opties bepalen zijn bekend; kostenelementen zijn bekend; redelijke raming ten behoeve van het investeringsbudget voor de productie; cruciale productieprocessen zijn bekend; nieuwe vaardigheden of gespecialiseerde faciliteiten zijn vastgesteld
Basistechniek [2]	Realistische inschatting van de omvang van de reeks	Aantal componenten, systemen, geheel van de product breakdown structure en aantal interfaces zijn bekend	Beoordeling van produceerbaarheid gebruikt als selectiecriteria voor ontwerpconcept; Form-Fit-Function is duidelijk; kostenbepalende factoren voor materiaalvereisten zijn bekend; onderzoek naar bronnen in de toeleveringsketen is voltooid; procedures en criteria voor producttest zijn bekend	Lacunes/risico's voor voorkeursconcept zijn bekend; benaderingen voor productiemodellering en productiesimulatie zijn vastgesteld; vaardigheden voor productie zijn vastgesteld; gereedschapsvereisten zijn bekend; vereisten voor veilige productie zijn bekend.
Techniek in detail [3]			Klaar voor voorlopige ontwerpbeoordeling; essentiële gegevens voor (sub)systeem prototyping zijn bekend, alle hoeveelheden en levertijden van onderdelen zijn bekend; denken over opschaling is in gang	Verdere inspanningen op het gebied van productietechnologie; prestaties ten opzichte van produceerbaarheid is geanalyseerd; definitieve materiaalspecificaties, toleranties, enz. zijn in de kostenmodellen inbegrepen;

			gezet; lijst met cruciale leveranciers is opgesteld; productontwerp is stabiel	kwaliteitsrisico's en werkwijzen zijn vastgesteld
Productietechniek [4]			Produceerbaarheid is verbeterd; ontwerpwijzigingen hebben geen invloed op de produceerbaarheid; materiaalspecificatie is stabiel, initiatief tot inkoop met lange levertijd is genomen	Continue procesverbetering voor de productie;
Prototyping [5]			Overeenstemming en conformiteit is aangetoond	Kostenmodel ten opzichte van werkelijke kosten is bevestigd; materiaal wordt gecontroleerd volgens specificatie; risico's van beschikbaarheid van materiaal wordt beheerst; simulatiemodel is bevestigd; productievaardigheden zijn geverifieerd

Tabel 2 Risicobeheer [vereenvoudigd overzicht, gebaseerd op (Kalpakjian, 2020)].

Op het gebied van Advanced Manufacturing & Digital Manufacturing Technologies wordt vooruitgang geboekt richting het automatisch vergelijken van gevraagde en aangeboden mogelijkheden en het communiceren daarvan via gestandaardiseerde protocollen (Moghaddam, 2018). Een match tussen beschikbare productiemiddelen en vereiste productiestappen wordt gemaakt op basis van vaardigheden (Pfrommer, 2014). Voor het opslaan en communiceren van de vaardigheidsbeschrijvingen wordt AutomationML gebruikt. Momenteel worden verschillende instrumenten voor automatische matchmaking op basis van dit principe ontwikkeld. De succesfactor hierin is natuurlijk het op uniforme wijze kunnen beschrijven van processen en vaardigheden.

Het onderwerp fabricagerisico werd ook besproken in de SMITZH-scans zoals beschreven in (Coenen, 2022). De belangrijkste opmerkingen die bedrijven maakten, betroffen: - het belang van veiligheidsvoorraden, - inwisselbare onderdelen/componenten (dus in totaal minder onderdelen in de productportefeuille en de geïnstalleerde basis); - investeren in bewerkingsmogelijkheden (tegen lage programmeringskosten) zodat complexe, unieke producten kunnen worden gemaakt; - tracking/tracing van onderdelen en de status gedurende het gehele proces; - productconfiguratoren om parametrische productmodellen te verkrijgen die een analyse van het effect van gecontroleerde veranderingen mogelijk maken; - hergebruik van techniek en minder (nieuwe) producten in de productportefeuille; - selectie van voldoende flexibele apparatuur die toch een redelijke inzetbaarheid heeft.

In gesprek over Produceerbaarheid

Hieronder een vragenlijst, die gebruikt kan worden om in een vroeg stadium meer te weten te komen over de produceerbaarheid van een gevraagd product.

Communicatie met klant over de technische vraag/klantwens:

- Hoe ziet het proces eruit van checken of jullie kunnen voldoen aan klantwens?
- Wat voor documenten krijg je binnen? Waar check je die op? Welke informatie is meest belangrijk? Welke informatie mist vaak? Waarom is dat vervelend?
- Welke info heb je nodig om het met je machine park en mensen te kunnen maken? Krijg je die info altijd? Wat ontbreekt er en hoe vul je dat in? Moet je inschattingen maken?
- Hoe check je of de klant wel weet wat ie wil; hoe maak je vertaalslag naar concrete technische informatie? Hoe vraag je door? Hoe wissel je dat en tekeningen uit? Zijn er afspraken over vaste formaten/formats? Hoe leg je de afspraken met de klant vast? bestek/contract/PVE etc? Hoe structureer je dat? Hoe maak je dat 'fixed'?
- In hoeverre houdt een klant rekening met jullie specifieke proces?

Inzoomen op eigen capabilities:

- Wat zijn jullie belangrijkste technische mogelijkheden en beperkingen? Is dat bepalend voor wel of niet accepteren order? Als jullie het zelf niet kunnen, ga je dan uitbesteden? Of zelf nieuw proces ontwikkelen? Hoe ligt die verhouding? En wat is daarbij jullie afweging (innovatie of ontwikkelingsmotivatie? Nieuwe markt?)?
- Wat zijn jullie belangrijkste productiemiddelen en welke (technische) checks doe je vooraf om te bepalen of je het kunt maken? Hoe liggen de eigenschappen van je machines vast? Ben je in staat om een check voor je hele proces te doen, of alleen per machine? Doen jullie samples of prototypes?
- Stel je wil automatisch een aanvraag beoordelen? Kun je de vraag matchen op jouw mogelijkheden? Wat heb je dan nodig van de klant en hoe zou die dat idealiter aanleveren? Wat zijn belangrijke interpretatie problemen? Waar zou je oplossing zoeken? In standaardformaten, bv. voor data uitwisseling of werken met standard bestekken, of zou een webshop achtige order formulier
- Wat zijn voor jullie nu expliciete of impliciete beoordelingscriteria voor het risico dat je loopt
- Wat heb je nodig om een betrouwbare levertijd te kunnen bepalen
- Wat voor risico's loop je als je de doorlooptijd niet haalt?
- Zijn er aanvullende investeringen nodig voor technology development? Als er sprake is van nieuwe technologieën, zijn er aanwijzingen/voorbeelden van producibility
- Vraagt het product specifieke skills van de operators en zijn die skills beschikbaar?

Inzoomend op product:

- Wat zijn belangrijke criteria voor jullie om jullie productie en inkoop proces efficiënt te doen:
- Assembly volgorde/aantal onderdelen/poke yoke/bewerkingstijd (inc materiaalkeuze)?
- Benodigde toleranties? Gevraagde accuraatheid?
- Voor intern/extern transport en verpakkings/opslag eenheden?
- Mate van toegankelijkheid en 'passing' op een specifiek workstation?
- Rekening houden met standard inkoop maten/voorraden/levertijden/leveringsrisico?

- Modulaire opzet van het product?
- Productiemethode past bij seriegrootte?
- Wat maakt voor jullie een product complex?
- Tot welk punt zijn wijzingen (al dan niet in samenspraak met klant) nog mogelijk? Hoe communiceer je daar over? Wat kost het jullie als er in een later stadium nog wijzigingen zijn? Wie loopt dan het risico?
- Welke vragen/onbekenden zijn er bij het calculeren van de kostprijs

Capaciteit en productietijd;

- Heb je voldoende zicht op realistische levertijden (en wat moet je daarvoor weten om een goede schatting te kunnen geven)? (bij aanlevering van materiaal en componenten, maar ook voor je eigen productie en levering aan klanten)
- Is die informatie beschikbaar binnen de organisatie en wordt die ook gebruikt (concreet; houdt verkoop rekening met productieplanning). Tijdig, voldoende nauwkeurig?
- Wordt het proces veel verstoord door spoedorders en waarom krijgen die prioriteit
- In hoeverre heb je genoeg inzicht in je lopende orders en orderportefeuille? Analyseer je ook historische data van projecten en wat leer je daar van?
- Hoe gemakkelijk kun je flexibel capaciteit bijschakelen; op welke manieren doen jullie dat

Je eigen productiemiddelen en de rol daarvan

- High risk machines (wat vaker storingen en stilstand); de ervaring en beschikbaarheid van bepaalde mensen?
- Is alle benodigde tooling beschikbaar

De supply chain:

- High risk materialen en toeleveranciers; hoe vind je vervangende materialen en/of componenten; hoe ga je om met prijsverschillen/verschillen; en met levertijd schommelingen en/of schaarste
- Is het duidelijk wat de long lead items zijn

Bronnen

- Chiu, Y. J. (2022). Identifying Key Risk Factors in Product Development Projects. *Mathematics*, 10(8), 1295.
- Coenen, J. F. (2022). Lessons-learned on articulating and evaluating I4.0 developments at SME manufacturing companies. *The 4th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing - ISM 2022 (in voorbereiding)*.
- Department of Defense US. (2020). *www.dodmrl.com*. Opgehaald van <https://www.dodmrl.com/MRL%20Deskbook%20V2020.pdf>
- Hein, A. S. (2020). Digital platform ecosystems. *Electronic Markets* 30 (1), 87-98.
- Hora, W. G. (2018). David and Goliath: causes and effects of coopetition between start-ups and corporates. *Rev Manag sci* 12, 411-439.
- Kalpakjian, S. S. (2020). In *Manufacturing-Engineering and Technology*. Pearson.
- Moghaddam, M. C. (2018). Reference architectures for smart manufacturing: A critical review. *Journal of manufacturing systems*, 49, 215-225.
- Pfrommer, J. S. (2014). Modelling and orchestration of service-based manufacturing systems via skills. In *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)* (pp. 1-4). IEEE.
- Silva, H. S. (2020). From Digital Platforms to Ecosystems: A Review of Horizon 2020 Platform Projects. *Boosting Collaborative Networks 4.0. PRO-VE 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 598 (pp. 111–120). Springer, Cham.

Stasiuk-Piekarska, A. W. (2021). Organizational Risk in Custom Manufacturing of Complex Products. *Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham. .

Working Group 'Digital Business Models' of Plattform Industrie 4.0. (2021). *Digital Platforms in Manufacturing Industries*. Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).

Dit overzicht werd gemaakt door het lectoraat [Smart Sustainable Manufacturing](#), De Haagse Hogeschool, in het kader van het [SMITZH project](#).

