

Operationele procesverbetering bij het graven van een telecomnetwerk

Levertijd beheersing in een Engineer-to-Order bouwomgeving

Robbert van der Sprong

Erasmus Universiteit

Rotterdam School of Management

Diploma:	Master of Science in Business Administration / Bedrijfskunde
Instelling:	Rotterdam School of Management, Erasmus Univesiteit
Programma:	Operational Excellence
Auteur:	R.A.N. van der Sprong
Student nummer:	502307
Coach:	Niels Agatz
Meelezer:	Harwin de Vries
Bedrijfssponsor:	Jop van Veen
Juli 2020	

Scriptie Master opleiding

Master of Science in Business Administration Course Operational Excellence aan de Rotterdam School of Management (RSM), Erasmus Universiteit.

De auteur verklaart dat de tekst en het werk dat in deze Masterscriptie wordt gepresenteerd origineel is en dat er geen andere bronnen dan die welke in de tekst en de referenties worden genoemd, zijn gebruikt bij het maken van de Masterscriptie. Het auteursrecht van deze Masterproef berust bij de auteur. De auteur is verantwoordelijk voor de inhoud. RSM is alleen verantwoordelijk voor de educatieve begeleiding en kan niet aansprakelijk worden gesteld voor de inhoud.

Voorwoord

Het voorliggende rapport is de eindschriftie van mijn studie bedrijfskunde aan de Rotterdam School of Management in Rotterdam. Ik had deze scriptie niet kunnen maken zonder de steun van enkele mensen die ik wil bedanken.

Allereerst wil ik associate professor Niels Agatz en assistant professor Harwin de Vries van de afdeling Technology and Operations Management van de Erasmus universiteit bedanken voor hun inbreng, begeleiding en feedback. De aangename en inspirerende ontmoetingen met Niels hebben richting gegeven aan de scriptie, en het iteratieve en pragmatische karakter heeft me zeer aangesproken.

Verdere wil ik mijn gezin en in het bijzonder mijn vrouw Cindy bedanken voor de ondersteuning en het begrip tijdens het schrijven van deze scriptie en gedurende de periode die ik de afgelopen twee jaar aan de studie heb besteed.

Een speciaal dank aan mijn medestudenten Quintin van Mildert, Rachid el Ousrouti en Hanneke van Dijk voor de nauwe samenwerking en het teamwerk tijdens de studie. Ik zal de bijzondere reis naar Zuid-Afrika niet snel vergeten.

Dankbaarheid gaat uit naar de aannemer en in het bijzonder naar Jop van Veen om mij de kans te geven dit onderzoek binnen het bedrijf uit te voeren. Ik hoop dat de uitkomsten van het onderzoek bijdragen tot een verdere groei en professionalisering van het bedrijf.

Robbert van der Sprong

Gouda, juli 2020

Samenvatting

Dit ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek zoekt naar interventies in het fabrieksontwerp van een aannemer die de infrastructuur aanlegt voor telecomnetwerken. Het doel is om de achterblijvende prestatie van de aannemer te verbeteren. De onderzoeksdoelstelling van deze scriptie is het verbeteren van de dienstverlening van de aannemer aan zijn klanten in termen van leverbetrouwbaarheid en doorlooptijd. Zodoende gaat het hiermee om het verhogen van de efficiëntie van een Engineer-to-Order (ETO) supply chain die de infrastructuur voor telecomnetwerken aanlegt. De onderzoeksvraag heeft betrekking op het diagnostische deel van het onderzoek: "Welke factoren bepalen de doorlooptijd en de leverbetrouwbaarheid van een ETO-telecommunicatienetwerk supply chain". Hierbij is de ontwerpvrage: door welke interventie in de werking van de supply chain kan de aannemer de doorlooptijd en leverbetrouwbaarheid verbeteren. Deze vraag wordt ondersteund met vier subvragen: Wat zijn de huidige prestaties? Hoe is het proces vormgegeven en welke knelpunten beïnvloeden de prestaties? Welke relevante trends en ontwikkelingen zijn te vinden in de academische literatuur? En wat is de beste manier om de telecomnetwerk supply chain te organiseren en hoe kan de impact van de maatregelen worden gekwantificeerd?

De achterliggende prestatie van de aannemer is gediagnosticeerd met behulp van een kwantitatieve analyse waarbij gebruik is gemaakt van brongegevens uit de workflow management systemen van de aannemer en de klant. Deze data is middels meervoudige en logistische regressie analyse geanalyseerd waarbij het resultaat gevonden is dat doorlooptijd en leverbetrouwbaarheid inderdaad significant achter blijven bij de doelstelling. De doorlooptijd wordt negatief beïnvloed door een langere doorlooptijd van de engineering fase, het noodzakelijk zijn van gestuurde boring-techniek in de uitvoeringsfase, een hoger dan gemiddelde begroting van het project en bij een niet-schone order. De leverbetrouwbaarheid wordt negatief beïnvloed door een lange levertijd, een te lage orderstroom per week en paradoxaal genoeg een korte doorlooptijd van de engineering fase. Dat laatste lijkt te verklaren door de kwaliteit van de output van de engineeringfase welke lager lijkt als deze fase (te) snel doorlopen wordt.

Met het veldprobleem als uitgangspunt is literatuuronderzoek gedaan op de thema's productie strategie, orderacceptatie, levertijdbepaling, planning en controle, de menselijke factor en tenslotte de samenwerking in de keten. De inzichten uit de literatuur zijn in het ontwerp van de oplossing gekoppeld aan de praktijk. Dat leidt tot een eerste aanbeveling dat de aannemer zijn proces moet opsplitsen in kleinere meer beheersbare procestappen. De eerste, belangrijke klantbezoek-stap dient door een gespecialiseerde monteur uitgevoerd te worden om de schaarse engineering capaciteit zich te laten richten op het maken van een ontwerp voor een project en het vaststellen van een levertijd. Deze focus zal tot een kortere engineering-doorlooptijd leiden. De aannemer moet daarnaast niet aarzelen een order af te wijzen als deze praktisch onmogelijk realiseerbaar is binnen de gestelde termijn. Een simulatie-analyse heeft het positieve effect van deze maatregelen op de doorlooptijd, werkvoorraad en betrouwbaarheid aangetoond.

De levertijd kan middels een formule op basis van de hierboven genoemde variabelen vastgesteld worden. Door middels de Slack-levertijdbepaling-methodiek rekening te houden met de te verrichten werkzaamheden en een marge (slack) in te bouwen kan een betrouwbare leverdatum berekend worden. Een nieuw integraal systeem ondersteunt de realtime planning en controle van het proces. Tenslotte zijn

er twee factoren die aandacht verdienen, maar eerst nader onderzocht dienen te worden. Hoe kan de aannemer de werkdruk van de medewerkers dusdanig optimaliseren dat de output van deze werknemers maximaal is, en hoe kan samen met alle spelers in de supply chain de integrale prestatie zo verbeterd worden dat iedereen in de supply chain profiteert.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Inhoudsopgave	6
1 Introductie en onderzoeksopzet	8
1.1 Motivatie	8
1.2 Probleembeschrijving	8
1.3 Onderzoeksdoelstelling	10
1.4 Onderzoeksvragen en ontwerpdoelstelling	10
1.5 Onderzoeksopzet en scriptiestructuur	11
2 Probleemdiagnose	13
2.1 Markt voor telecommunicatienetwerken in Nederland	13
2.2 Samenstelling van het product en het proces	14
2.2.1 Product toelichting	14
2.2.2 Proces toelichting	15
2.3 Kwantitatieve analyse van de prestaties	18
2.3.1 Key Performance Indicators	18
2.3.2 Ontwikkeling orderstroom en werkvoorraad	20
2.3.3 Meervoudige lineaire regressie analyse op levertijd	22
2.3.4 Logistische regressie analyse op de leverbetrouwbaarheid	24
2.4 Kwalitatieve analyse van de prestaties	25
2.5 Conclusie probleem analyse	28
3 Literatuur onderzoek	31
3.1 Productie strategie	31
3.2 Orderacceptatie	32
3.3 Levertijdbepaling	33
3.4 Planning en controle	34
3.5 De menselijke factor	36
3.6 Samenwerking in de supply chain	37
3.7 Conclusie literatuur onderzoek	39
4 Ontwerp van de oplossing	40
4.1 Orderacceptatie	40
4.2 Engineeringfase en levertijdbepaling	41
4.3 Uitvoeringsfase	42
4.4 Systeem ondersteuning planning & controle	42
4.5 Verandering in de manier van werken	43
4.6 Samenwerking in de supply chain	43
4.7 Ontwerp validatie	44

	4.7.1	Actueel proces	44
	4.7.2	Gewijzigd proces.....	45
	4.7.3	Resultaten van de simulatie	46
5		Aanbevelingen en beperkingen.....	48
	5.1	Aanbevelingen	48
	5.2	Beperkingen	49
6		Referenties	50
7		Bijlagen.....	53
	7.1	Bijlage 1 Belangrijke quotes interviews, geclusterd per thema.....	53
	7.2	Bijlage 2 Dashboard simulatie huidig en gewijzigd proces.....	58

1 Introductie en onderzoeksopzet

1.1 Motivatie

In mijn 20-jarige carrière in de telecomsector, waarbij ik werkte voor de 2 grootste telecombedrijven in Nederland, KPN en VodafoneZiggo, viel het me op dat veel klanten bij de levering van netwerkverbindingen ontevreden zijn over de lange doorlooptijd en beide partijen een negatieve NPS score realiseren (Computable, 2020; Customer.guru, 2020). Daarnaast zijn er ook andere redenen waarom de ontevredenheid hoog is. Dit kwam naast de lange doorlooptijd bijvoorbeeld door het gebrek aan leverbetrouwbaarheid en het niet in één keer goed opleveren van netwerkverbindingen bij klanten. De aannemers, aan wie de fysieke aanleg van de telecomkabel- en glasvezelnetwerken is uitbesteed door de telecombedrijven, zijn een belangrijke schakel in de supply chain. Bij de behandeling van de ontevredenheid van de klanten werd door KPN en VodafoneZiggo vooral naar hen gewezen, als oorzaak van de slechte prestatie. Als aanvullend punt van zorg werd, wanneer een levering niet tijdig of niet in één keer goed uitgevoerd kon worden, bovendien door verschillende partijen in de supply chain extra werk verzet en extra kosten gemaakt om de levering alsnog te realiseren. Zulke omstandigheden leggen druk op de keten, de prestaties en verwachtingen van de klanten. Ik heb me altijd afgevraagd waarom het voor de supply chain en vooral voor deze aannemers zo moeilijk is om hun deel van de aanleg (het fysieke graven) van telecomnetwerken betrouwbaar, op tijd en in één keer goed op te leveren.

Toen ik medio 2019 bij een van de grootste aannemers in Nederland aan de slag ging, merkte ik dat géén van de afdelingen in staat was om de afspraken met klanten over levertijd en leverbetrouwbaarheid na te komen. Dat bevestigde het beeld dat ik bij KPN en VodafoneZiggo had opgebouwd. Maar ook zeven andere aannemers, die als onderdeel van twee consortia twee respectievelijke klanten bedienden en wiens prestaties gedeeld werden in de consortia, bleken niet in staat om tijdig en betrouwbaar te leveren. Bovenop deze schijnbare ondermaatse prestaties die leiden tot klantontevredenheid en extra kosten zijn de aannemer en de telecombedrijven ook nog eens voortdurend op zoek naar verkorting van doorlooptijden en verdere kostenverlagingen om daarmee verbetering van de cashflow en winst te realiseren.

Wat maakt het zo moeilijk om in deze markt betrouwbaar te acteren en wat kan er aan gedaan worden? Zijn de contractuele afspraken tussen aannemer en telecombedrijven onhaalbaar en vragen de telecombedrijven het onmogelijke? Of is er sprake van structurele ondercapaciteit op de graafmarkt? Dit zijn veel gehoorde reacties van de aannemers op de vraag wat de oorzaak is dat men in de supply chain niet in staat blijkt de gemaakte afspraken te realiseren. Wat is hier echt aan de hand? Ik heb de gelegenheid gehad te onderzoeken welke factoren een rol spelen in het productieproces bij een aannemer van telecomnetwerken die ik in het vervolg van deze scriptie zal duiden als aannemer A. Dit onderzoek is de basis van deze scriptie waarin theoretische perspectieven worden gecombineerd met praktische procesinformatie en reële problemen.

1.2 Probleembeschrijving

Aannemer A is een Nederlandse aannemer die behoort tot de top van de markt op het gebied van de fysieke aanleg van telecommunicatienetwerken (A, 2019). Aannemer A biedt een compleet dienstenpakket aan dat de gehele supply chain van telecomnetwerken bevat: van ontwerp en detailengineering tot werkvoorbereiding en

bouw met daarnaast ook aanvullende diensten als projectmanagement, beheer van het netwerk en onderhoud. Aannemer A stelt dat het alle benodigde disciplines en expertise in eigen beheer heeft, zodat snel kan worden gereageerd en de processen optimaal kunnen worden beheerst. Jaarlijks legt aannemer A honderden kilometers glasvezel-, coax- en kopertelecommunicatienetwerken aan voor haar opdrachtgevers. Tot de opdrachtgevers van aannemer A behoren de grote telecombedrijven in Nederland. Het onderzoek dat voor deze scriptie is uitgevoerd is gericht op de orderstromen voor één van de telecombedrijven waar aannemer A diensten aan levert, hierna te duiden als klant B.

Klant B creëert waarde voor zijn zakelijke klanten door digitale connectiviteit te bieden die deze klanten in staat stelt hun core business uit te voeren (B, 2019). Hierbij valt te denken aan klanten op de business-to-business markt, zoals bedrijven, de overheid en universiteiten. Het gaat hier dus om de markt voor de digitale infrastructuur. Deze markt is dynamisch en onderhevig aan voortdurende verandering. Want ontwikkelingen op het gebied van 5G, domotica en Internet of Things staan niet stil. Sterker nog, aan de digitale infrastructuur ervan worden steeds meer eisen gesteld (Autoriteit Consument & Markt, 2019). Eisen die bijvoorbeeld gaan over de fijnmazigheid, capaciteit en veiligheid van het netwerk. Maar die eisen geven daarnaast ook een beeld van de substantiële groeimogelijkheden van de infrastructuur. Voor de aanleg van het glasvezelnetwerk - als fundament van de digitale infrastructuur - heeft deze klant een contract gesloten met een consortium van vier verschillende aannemers die deze glasvezelverbindingen leveren.

Aannemer A is één van deze vier aannemers. De contractomvang bedraagt circa 4.800 opdrachten per jaar, verdeeld over de vier aannemers en voor drie verschillende productcategorieën. Het contract kent een bonus/malus-constructie. Dit betekent dat het aantal opdrachten die een aannemer ontvangt en de prijs ervan afhankelijk zijn van de geleverde prestaties. Een slechte uitvoering van de leveringen kan een negatieve invloed hebben op de omzet voor de komende maanden. Uit een analyse die in het laatste kwartaal van 2019 bij aannemer A is uitgevoerd, blijkt dat de prestaties van A's supply chain voor de levering van telecomnetwerken aan deze klant onder druk staan. De belangrijkste prestatie-indicatoren laten lage scores zien: een leverbetrouwbaarheid (Grafiek 2) van 60 procent met een doelstelling van 85 procent en een te lange doorlooptijd waarbij slechts 33,9 procent aan de contractuele doorlooptijd van 12 weken voldoet (B, 2019). Interessant hierbij is dat in het contract met de klant deze indicatoren gekoppeld zijn aan de bonus-malusclausule. Er bestaat zodoende een reëel risico dat aannemer A in de malussituatie terechtkomt als de onderprestatie voortduurt, wat zich in het eerste kwartaal van 2020 daadwerkelijk voor gedaan heeft en heeft geleid tot een korting op de prijs (bijlage 1, q46). Daarnaast besteedt klant B extra projectmatige leveringen met een hoge omzetwaarde en hoge marge uit aan één van de aannemers op basis van de operationele prestaties op het reguliere contract. Deze extra orders bij goede prestaties maken geen deel uit van het contract. Tevens leidt een slechte operationele performance tot hoge kosten voor aannemer A, gerelateerd aan herstelkosten en een hoge werkvoorraad met een negatief effect op de financieringskosten. Een laatste reden om de operationele processen te verbeteren is de expliciete wens van de klant om de levertijd in 2020 verder te verkorten.

Een bijzonder kenmerk bij het graven van een telecomnetwerk is dat de exacte specificatie, configuratie en details betreffende de uitvoering van de klantorder niet bekend zijn bij de orderacceptatie, en deze veelal pas bekend worden na de

engineeringfase. Dit is kenmerkend voor een Engineer-to-Order (ETO) productiestrategie (Grabenstetter & Usher, 2013; Olhager, 2010). In paragraaf 2.2 is dit proces nader toegelicht en staat tevens het probleem in detail geanalyseerd.

1.3 Onderzoeksdoelstelling

De onderzoeksdoelstelling van deze scriptie is het verbeteren van de dienstverlening aan de klant in termen van leverbetrouwbaarheid en doorlooptijd. Zodoende gaat het hiermee om het verhogen van de efficiëntie van een Engineer-to-Order (ETO) supply chain die de infrastructuur voor telecomnetwerken aanlegt.

Het doel van een dergelijke supply chain is een stabiele stroom van orders met sterk uiteenlopende onderliggende kenmerken op een betrouwbare, snelle en efficiënte manier te verwerken. Onderliggende kenmerken die gedurende het leverproces helder worden. Het voordeel dat hiermee behaald wordt ligt deels bij de aannemer. Op deze manier voldoet de aannemer namelijk aan zijn contractuele verplichtingen tegenover de klanten, worden interne kosten beperkt en ontstaan kansen voor extra omzet. Het onderliggende doel is zodoende te valideren in hoeverre doorlooptijden en leverbetrouwbaarheid geschikte indicatoren zijn voor de beoordeling van de prestaties van een ETO-supply chain in de bouwcontext van de telecomnetwerksector.

De relevantie van dit onderzoek is dat waar veel studies zich richten op 'make-to-stock' of 'make-to-order' omgevingen er - naar mijn beste weten - geen onderzoek is gedaan naar het beheer van een ETO-supply chain specifiek in de telecomnetwerkbouwindustrie. De inzichten uit dit onderzoek bieden zo mogelijk een aanvulling op de academische kennis over dit onderwerp. Daarnaast is er ook een maatschappelijk relevantie. De aanbevelingen uit dit onderzoek kunnen voor de aannemer aanleiding zijn om zijn interne proces te wijzigen, een onderbouwde wijziging van het contract met zijn klanten voor te stellen of drastischer maatregelen te nemen. Denk hierbij aan het veranderen van de strategie en het stopzetten van bepaalde activiteiten of verleggen van activiteiten.

1.4 Onderzoeksvragen en ontwerpdoelstelling

Naar aanleiding van de onderzoeksdoelstelling is in deze scriptie gekeken naar het verkennen van normatieve kennis over hoe deze supply chain zou moeten werken, het vinden van manieren voor een aannemer om de aanleg van telecomnetwerken te verbeteren en in het algemeen voor bedrijven in een ETO-omgeving om de betrouwbaarheid en efficiëntie van hun supply chain te verbeteren.

De onderzoeksvraag heeft betrekking op het diagnostische deel van het onderzoek en de ontwerp vraag op het ontwerpgerichte deel (Aken, van & Andriessen, 2011). De onderzoeksvraag is: Welke factoren bepalen de doorlooptijd en de leverbetrouwbaarheid van een ETO-telecommunicatienetwerk supply chain. De ontwerp vraag is: door welke interventie in de werking van de supply chain kan de aannemer de doorlooptijd en leverbetrouwbaarheid verbeteren. Deze vragen zijn aanleiding voor meer verdiepende vragen. Hiermee komen de subvragen in beeld. De subvragen bij deze onderzoeks- en ontwerp vraag zijn:

- a. Wat zijn de huidige prestaties (betrouwbaarheid en doorlooptijd) van deze ETO supply chain?
- b. Hoe is het huidige proces vormgegeven en welke knelpunten zijn van invloed op de prestaties?

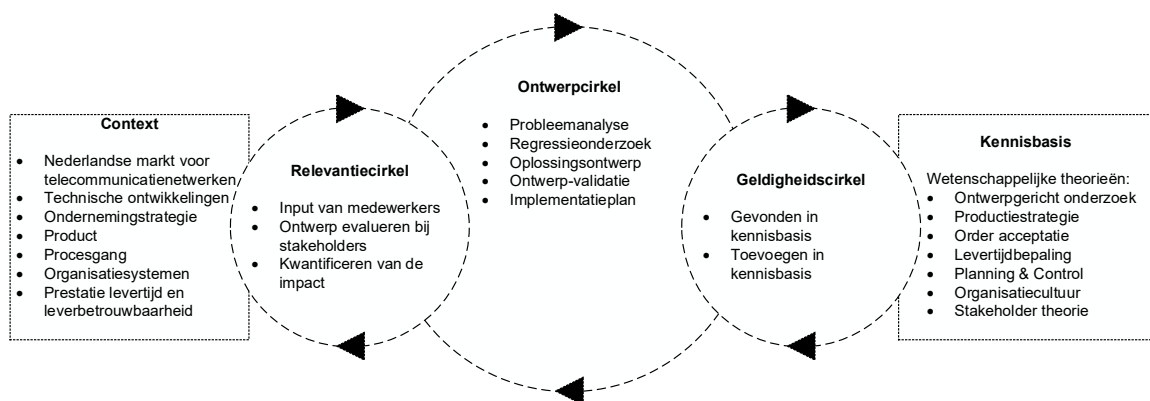
- c. Welke trends en ontwikkelingen binnen ETO supply chains en de gevonden knelpunten zijn te vinden in de academische literatuur?
- d. Wat is de beste manier om de telecomnetwerk supply chain te organiseren en hoe kan de impact van de maatregelen worden gekwantificeerd?

1.5 Onderzoeksopzet en scriptiestructuur

De onderzoeksopzet geeft een beschrijving van de verschillende stappen die ondernomen zijn om (1) de onderzoeksvraag en deelvragen te beantwoorden, en (2) het ontwerp te maken met daarbij een verantwoording van de gemaakte keuzes. Hierbij is aangegeven welke methodologische maatregelen zijn ingebouwd om te komen tot een valide en betrouwbaar resultaat.

Ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek is gericht op het ontwikkelen van generieke oplossingen voor veldproblemen (Aken, van & Andriessen, 2011; Wieringa, 2016). Het gaat om het aanbrengen van een verbetering waarbij het onderzoek bijdraagt aan het vinden van een oplossing met pragmatische validiteit. De onderzoeksmethode die in deze scriptie wordt gebruikt om deze pragmatische oplossing vast te stellen is de Design Science Research Cycle methodiek (Aken, van & Andriessen, 2011; Hevner, 2007; Wieringa, 2016). Deze methodiek verbindt de omgeving van het probleem met de kennisbasis aan de hand van drie cirkels: de relevantiecirkel, de ontwerpcirkel en de geldigheids-cirkel.

Figuur 1: Design Science Research Cycle Model (Hevner, 2007; Wieringa, 2016)



De (1) relevantiecirkel is de praktijkcomponent van het onderzoek en definieert de contextuele eisen voor het onderzoek. Deze cirkel wordt gebruikt voor veldproeven en definieert de acceptatiecriteria voor de evaluatie van de oplossing. Het veldprobleem is de start van dit onderzoek. De kennis en theoretische basis voor het ontwerp onderzoek wordt geïntroduceerd in de (2) geldigheids-cirkel, de wetenschappelijke component van het onderzoek. Kennis uit het verleden wordt via het literatuuronderzoek ingebracht om het ontwerp te bepalen. Hier komt creativiteit naar voren om theoretische inzichten uit de literatuur in het ontwerp onderzoek te brengen. De (3) ontwerpcirkel vormt het hart van dit onderzoek, en de kracht van het ontwerp is de verbinding tussen de andere twee cirkels. Deze cirkel van onderzoeksactiviteiten bevat de probleemanalyse, het oplossingsontwerp en de constructie van het model, de evaluatie daarvan en tenslotte de implementatie. De onderzoeksvraag, het ontwerpdoel en de deelvragen zijn te herleiden tot dit model van Hevner (2007). Figuur 1 toont een grafische weergave van de relaties.

Deze scriptie beschrijft het onderzoek dat in paragraaf 1.2 begint met een eerste inzicht in het veldprobleem. Dit wordt in hoofdstuk 2 voortgezet via een kwantitatieve,

empirische probleemanalyse van de huidige systemen en het proces binnen de casus. Hierbij wordt gebruik gemaakt van regressie analyse methodes en kwalitatieve informatie volgend uit interviews met betrokken medewerkers om middels deze verschillende onderzoeksmethodes triangulatie te vinden. In hoofdstuk 3 wordt de theorie uit het literatuuronderzoek gepresenteerd. Deze inzichten geven richting en suggesties voor het ontwerp van het oplossingsmodel. In hoofdstuk 4 worden verschillende ontwerpaanpassingen voorgesteld en aanbevelingen voor vervolgonderzoek waarna in hoofdstuk 5 concreet interventies worden aanbevolen en de beperkingen van dit onderzoek benoemd worden.

2 Probleemdiagnose

Het algemene beeld is dat variatie in glasvezelopdrachten en een gebrek aan flexibiliteit in de productiecapaciteit bij onderaannemers, de oorzaken zijn van de ondermaatse prestaties van de supply chain van de aannemer. Hoewel het vrij constante aantal wekelijkse orders binnen de contractuele afspraken tussen de opdrachtgever en de aannemer valt, verschillen de individuele orders en het type werk per order sterk. Dit komt onder meer tot uiting in het aantal te graven meters, het wel of niet gebruiken van complexe boortechnieken, de mate van grondvervuiling en het aantal en type vergunningen dat bij de regelgevende instanties moet worden aangevraagd. Daarnaast wordt het grootste deel van de variabelen pas duidelijk nadat de aannemer een onderzoek bij de klant ter plaatse heeft uitgevoerd. In dergelijke gevallen is het vaak te laat om de opdracht af te wijzen. Hoe beïnvloeden deze factoren de levertijd en leverbetrouwbaarheid? Wat is de mening van deskundigen? En wat vertelt een empirische analyse van de productiegegevens ons over het probleem en de achtergronden daarbij? Dit hoofdstuk begint met een gedetailleerde uitleg van de situatie in Nederland, het product en het proces bij de aannemer. Daarna volgt kwantitatieve analyse. In paragraaf 4 volgt een analyse van enkele gesprekken met deskundigen en in paragraaf 5 staat de conclusie van de probleemanalyse centraal.

2.1 Markt voor telecommunicatienetwerken in Nederland

“Glasvezel heeft de toekomst” is de letterlijke titel uit een marktstudie die de Rijksoverheid (Autoriteit Consument & Markt, 2019) in Nederland heeft uitgevoerd. De prestaties van alternatieve netwerken sluiten niet langer aan bij de stijgende behoefte in Nederland aan hogere bandbreedtes. De stijgende behoefte is gerelateerd aan technologische ontwikkelingen als Internet-of-Things, 5G en toepassingen als zelfrijdende auto's (Autoriteit Consument & Markt, 2019). Het marktaandeel van glasvezel is 16% en groeiende ten opzichte van kabel en DSL in de breedbandmarkt. In het rapport van de ACM komt het signaal naar voren dat de behoefte voor de uitrol van glasvezel in Nederland is toegenomen het laatste jaar. Er wordt aangegeven dat het een impuls is die ingegeven wordt door investeerders met veel bereidheid om kapitaal beschikbaar te stellen voor de uitrol van glasvezel. In 2019 is een groei van 100.000 aansluitingen gerealiseerd (Autoriteit Consument & Markt, 2020), waar in Nederland ongeveer 3,5 miljoen van de 8 miljoen huishoudens zijn aangesloten. Door het verhoogde animo om te investeren voorziet ACM een groei van 500.000 aansluitingen per jaar tot 2023, wat overeenkomt met de door ACM geschatte aanlegcapaciteit in de markt (Autoriteit Consument & Markt, 2019). Dat is een groeikans voor aannemers die deze telecommunicatie aansluitingen moeten realiseren (Autoriteit Consument & Markt, 2020).

Naast een hogere vraag heerst op de markt ook de behoefte aan kortere levertijden, de investeerders bij de telecombedrijven willen sneller een return on investment zien. Een onzekerheid die een negatief effect op de groeiverwachting kan hebben, heeft te maken met de conjunctuurgevoeligheid van de bouwsector, waar de aannemers onderdeel van zijn (Clahsen & Verbraeken, 2020). Naast PFAS- en stikstofproblematiek is de verwachting dat de corona-crisis en krimp in de economie als gevolg hiervan, flinke klappen zal geven in de bouw (Clahsen & Verbraeken, 2020). Het is de vraag of bedrijven zullen blijven investeren in telecomnetwerken nu het de vraag is hoe het werken in kantooromgevingen zich zal ontwikkelen. Dit terwijl de marges in de bouw onder druk staan (Doodeman, 2020). VolkerWessels kende in 2019 een nettowinstmarge van 2,2 procent, Heijmans 2,0 procent en BAM 0,2

procent. De afgelopen jaren hebben de grote bouwers - om hun portefeuille te vullen na de crisis - enkele risicovolle projecten geaccepteerd die zwaar drukken op de cijfers (Doodeman, 2020). Voorts heeft een partij als BAM in het infrastructuurdomein last van kostenoverschrijdingen, bij zowel grote als kleinere projecten. Cost leadership en Operational Excellence zijn daarom thema's die alle partijen terugkomen in de strategie (Doodeman, 2020).

Qua graaftechniek is een trend waarneembaar dat de aanleg, die grotendeels ondergronds gebeurt, steeds 'slimmer' wordt (NLConnect, 2019). Daarmee wordt bedoeld dat aannemers technieken en machines gebruiken waarmee sneller en goedkoper gewerkt kan worden en graafschade voorkomen kan worden. In het voorbereiden van de werkzaamheden wordt gebruik gemaakt van grondradar en automatische objectherkenning. Hiermee kan een 3D-weergave van de ondergrond worden gerealiseerd. Dit in combinatie met bijvoorbeeld freestechtechnieken met roterende borstels in plaats van de minigraafmachines, voorkomt graafschades en calamiteiten. Andere nieuwe technieken kennen tot de verbeelding sprekende namen zoals bodempersluchtraket, raketboor of horizontaal gestuurd boren (NLConnect, 2019). De gestuurde boring is een techniek die bij de in dit onderzoek onderzochte leveringen gehanteerd wordt en wat een reden voor vertraging is (zie paragraaf 2.3.3). Overigens staat de forse investeringen die gepaard gaan met de aankoop van dergelijk bouw materiaal een snelle, brede implementatie in de weg en zijn het vooral gespecialiseerde bedrijven die deze technieken inzetten en daarvoor ingehuurd worden door de aannemers (Tissink, 2020). Een andere ontwikkeling is het volledig gerobotiseerd graven wat een doorbraak zou kunnen worden in de branche, maar zich nog in de beginfase van de ontwikkeling bevindt (Balaguer, 2017). Nieuwe technologieën bieden kansen om interne processen te optimaliseren, maar zijn kapitaalintensief. Kapitaal dat door de geringe marges bij de aannemers op dit moment niet in ruime mate beschikbaar lijkt.

Er kan gesteld worden dat de bouwmarkt in Nederland, en meer specifiek het infra-segment hiervan waar de aanleg van telecomnetwerken onder valt, gevoelig is door margedruk en de conjuncturele economische ontwikkelingen. Mogelijkerwijs heeft SARS-CoV-2, ofwel het Coronavirus, ook een negatieve doorwerking op economische positie van deze sector (Clahsen & Verbraeken, 2020). Waar het op neer komt is dat bedrijven die actief in deze telecombranche nog nadrukkelijker aandacht zullen hebben voor kostenbesparende activiteiten en de wijze waarop ze een efficiënt intern proces kunnen hanteren. Daar tegenover staan ook kansen. Denk hierbij aan de verdere ontwikkeling van de vraag naar vernieuwing en verglazing van telecomnetwerken, maar ook aan nieuwe technieken die het proces efficiënter kunnen maken en de doorlooptijd verkorten.

2.2 Samenstelling van het product en het proces

Voordat de probleemanalyse plaatsvindt is het belangrijk vast te stellen welk product de aannemer exact levert en hoe dit product past in de supply chain van telecomnetwerken. Dit wordt hieronder toegelicht.

2.2.1 Product toelichting

De opbouw van een telecomnetwerk kan het beste worden toegelicht aan de hand van het zogenaamde OSI-model (MVPS.net, 2018). Dit is een ISO gestandaardiseerd model voor datacommunicatiestandaarden wat opgebouwd is uit verschillende lagen. De aannemer levert de fysieke laag, ofwel de koperen- of glasvezel kabel, die in de grond gegraven wordt. In het OSI-model wordt hieraan gerefereerd als laag 1.

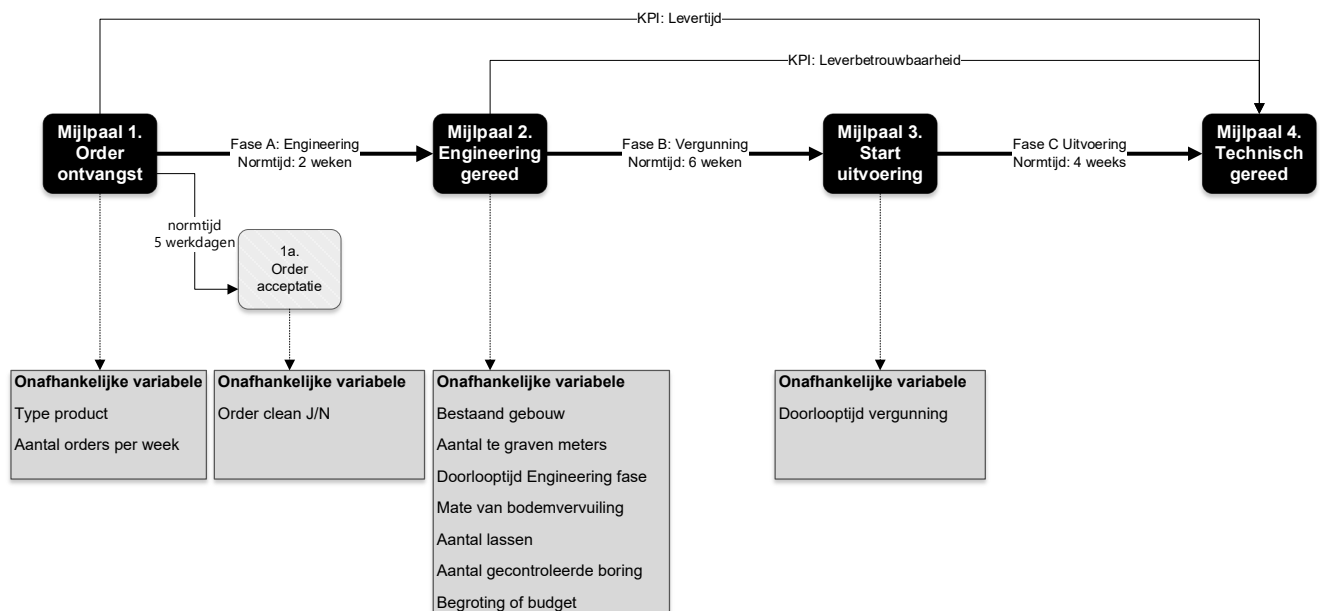
De klanten van de aannemer zijn telecombedrijven als KPN, VodafoneZiggo, Tele2 en Eurofiber. Deze telecombedrijven realiseren de connectiviteitsdienstverlening aan hun eindklanten over de fysieke telecommunicatie infrastructuur ofwel de kabels die de aannemer levert. Zij stellen bedrijven en consumenten in staat te communiceren met elkaar en met het internet. Over het algemeen draagt de aannemer het eigendom van de fysieke infrastructuur, die ingegraven wordt, over aan de klant na de oplevering. Het verdienmodel van de aannemer is gebaseerd op de eenmalige vergoeding die hij aan de klant in rekening brengt voor het graven en installeren van de fysieke netwerkkabels. Deze eenmalige vergoeding wordt per verbinding vastgesteld, na acceptatie van de order, aan het einde van de engineeringfase (zie figuur 2) op basis van standaardprijzen die vastgelegd zijn in een raamovereenkomst.

Een laatste element dat van belang is bij het product dat de aannemer levert is de differentiatie tussen 'onnet' en 'offnet' leveringen. Bij een onnet levering is sprake van de realisatie van een verbinding met een locatie waar reeds telecommunicatie infrastructuur aanwezig is. Bij deze levering moet de aannemer, meestal in pandig, montage werkzaamheden verrichten. Dit onderzoek richt zich juist op offnet-activiteiten waar de aannemer daadwerkelijk grondwerk moet verrichten om de netwerkkabels in de grond te graven en de aan te sluiten locatie te bereiken. De aannemer levert twee varianten van deze kabels, namelijk zogenaamde dark fibre- en ethernet-verbindingen. Het verschil tussen deze twee is gerelateerd aan de apparatuur die de aannemer op beide einden van de verbinding plaatst.

2.2.2 Proces toelichting

Figuur 2 is een stapsgewijze visualisatie van het proces om fysieke telecommunicatie infrastructuur te leveren. Het uitgangspunt voor dit onderzoek is dat er graafwerkzaamheden vereist zijn. Het proces kent vier verschillende mijlpalen en drie verschillende fasen. Deze fasen worden hieronder afzonderlijk toegelicht.

Figuur 2 Proces van de levering van een netwerkverbinding



Fase A: Engineering

De eerste fase is de engineeringfase en start met de ontvangst van een order. De order dient gecontroleerd te worden of deze alle vereiste elementen bevat en clean

is. Het contract met de klant kent een clean order bijlage waarin de voorwaarden beschreven zijn om een order af te wijzen, waarbij het vooral om de aanwezigheid van de gegevens gaat en niet om de kwaliteit. Parallel aan deze controle start de engineeringfase, welke een normtijd van tien werkdagen of twee weken kent. Gedurende de engineeringfase wordt een bezoek gebracht aan de op te leveren locatie (het zogenaamde site survey of schouw bezoek), wordt het tracé dat gemaakt moet worden onderzocht en wordt het ontwerp van de verbinding gemaakt met behulp van digitale tekenprogramma's zoals Autocad. Tenslotte wordt een begroting gemaakt waarvoor akkoord wordt gevraagd bij de klant.

Fase B: Vergunning

Na het akkoord van de klant op het ontwerp en de begroting worden vergunningen aangevraagd bij regelgevende instanties en start de tweede fase, de vergunningfase. De normtijd van deze fase is op zes weken gesteld.

Fase C: Uitvoering

Nadat deze voorbereidende werkzaamheden zijn afgerond kan de uitvoering en het daadwerkelijke realiseren van de infrastructuur aanvangen. Deze derde en laatste fase kent een normtijd van vier weken. De levering wordt afgesloten met een "technisch gereed" mijlpaal, wat het oplevermoment is richting de klant. Na deze fase volgen nog enkele administratieve stappen waaronder facturatie, die in dit onderzoek nadrukkelijk buiten beschouwing worden gelaten omdat dit geen onderdeel is van de contractuele prestatie-indicatoren van de aannemer.

De prestatie-indicatoren, die in het contract met de klant vastgesteld zijn en waar het onderzoek zich op richt, zijn in Figuur 2 bovenaan weergegeven. De betrouwbaarheid van het opleverproces wordt gemeten met twee "Key Performance Indicatoren" (KPI): levertijd en leverbetrouwbaarheid. Levertijd is het verschil tussen de order ontvangst datum en de technisch gereed datum. De leverbetrouwbaarheid geeft aan of een verbinding is geleverd (technisch gereed datum) op of voor de als eerste aan de klant bevestigde leverdatum. Deze datum wordt afgegeven aan het eind van de engineering fase, en de normtijd is 12 weken. Indien een beoogde leverdatum op een later moment wordt verschoven wordt bij deze indicator alsnog rekening gehouden met de eerst afgegeven datum. Deze twee KPI's zijn de afhankelijke variabelen in het regressie onderzoek in paragraaf 2.3 en staan centraal in dit onderzoek.

In Figuur 2 worden tevens onafhankelijke variabelen of voorspellers vermeld waarvan invloed op de prestatie indicatoren vermoed wordt. Deze voorspellers zijn bij aanvang van het leverproces ten dele bekend. In het figuur is aangegeven op welk moment in het proces de variabelen bekend worden. De onafhankelijke variabelen zijn geselecteerd op basis van de beschikbaarheid van de gegevens en de door medewerkers en onderzoeker verwachte relevantie voor de afhankelijke variabelen. Er is gekozen om de variabelen in drie groepen te segmenteren, zoals die hieronder toegelicht worden: (1) de variabelen die samenhangen met het product dat besteld is, (2) de variabelen die specifiek zijn voor de order en de klantlocatie en (3) de variabelen die te maken hebben met het proces bij de aannemer.

Productvariabelen

De enige onafhankelijke variabele die direct gerelateerd is aan het product is het producttype. Er zijn twee varianten: dark fibre of ethernet. Het onderscheid heeft te maken met het plaatsen van apparatuur op de klantlocatie. Leidt dit onderscheid een verschil in levertijd of leverbetrouwbaarheid?

Ordervariabelen

De tweede groep onafhankelijke variabelen heeft betrekking op de specifieke order en klantlocatie. Hoewel verschillende variabelen op het orderformulier vermeld zijn wordt de informatie gevalideerd na een bezoek aan de aan te sluiten locatie gedurende de engineering fase. Bij het bezoek aan de aan te sluiten locatie wordt het te graven tracé vastgesteld, wordt de situatie binnen in het pand vastgesteld en kan het aantal te graven meters bepaald worden. Er wordt geconstateerd of het gebouw dat aangesloten moet worden reeds gebouwd en de serverruimte operationeel is. De persoon ter plaatse besluit of er speciale technieken toegepast moeten worden waar onderaannemers voor ingezet moeten worden zoals gestuurde boringen. Deze specifieke technieken betreffen schaarse resources en kunnen invloed hebben op de prestatie indicatoren. Met hulpmiddelen als Google Earth is tijdens het desk research reeds veel vast te stellen. Er is echter altijd het risico met verouderde informatie te werken, met alle gevolgen van dien. In de engineeringfase vindt het bodemonderzoek plaats, waarin vastgesteld wordt in welke mate de grond waarin gegraven moet worden vervuild is en of er daarmee speciale voorzieningen vereist zijn om de werkzaamheden te kunnen uitvoeren. Al deze gegevens zijn input voor een begroting van de te verrichten werkzaamheden en benodigde materialen. De omvang van de begroting is een indicatie voor de complexiteit en omvang van het project. Daarbij is op voorhand te verwachten dat hoe hoger de begroting, des te complexer het project en hoe langer de doorlooptijd. Deze groep ordervariabelen is minder makkelijk te beïnvloeden door de aannemer maar lijkt een belangrijke voorspellende waarde te hebben voor de doorlooptijd en leverbetrouwbaarheid.

Procesvariabelen

De laatste groep onafhankelijke variabelen heeft betrekking op het productieproces bij de aannemer. Deze groep variabelen lijkt het meest te beïnvloeden door de aannemer en daarmee interessant voor dit onderzoek. De procesdoorlooptijden van de engineering fase en de vergunningfase zijn twee onafhankelijke variabelen die de eerste twee productiefasen beslaan. Vooral voor de engineeringfase geldt dat hoe sneller deze fase doorlopen is, hoe sneller de daadwerkelijke uitvoering kan beginnen en des te korter de levertijd. De normtijd voor deze engineeringfase in het productieproces is 2 weken, terwijl het gemiddelde over 495 leveringen in dit onderzoek 6,2 weken is (zie tabel 2), ruim drie keer zoveel. De veronderstelling is dat orders met een lange doorlooptijd niet als “clean” geclassificeerd zijn bij acceptatie van de order. Het opvallende is dat juist veel orders door de aannemer als ‘clean’ geclassificeerd zijn, maar de prestaties alsnog achter blijven.

De laatste variabele in deze categorie is het aantal orders dat in een bepaalde week binnenkomt bij de aannemer. Hoe hoger het aantal orders in een bepaalde week, des te groter is de druk op de organisatie en de verwachting is dat dit een negatieve invloed heeft op de prestatie indicatoren. Er is een limiet aan het aantal orders dat per week kan worden ingelegd. Deze limiet is gebaseerd op een prognose die deel uitmaakt van het contract tussen de klant en de aannemer en iedere maand besproken wordt. De doorlooptijd van de vergunning varieert sterk regionaal en per stad en zou behoorlijk vertraagd kunnen worden (Autoriteit Consument & Markt, 2019). Indien dit daadwerkelijk het geval is kan dat een reden zijn voor levertijddifferentiatie. Het weer, - of meer specifiek vorst - als variabele om de levertijd te vertragen, is niet opgenomen. Navraag bij de betrokken afdeling leert dat deze situatie zich niet heeft voorgedaan in 2018 en 2019.

Wat is de impact van de onafhankelijke variabelen op de prestaties van de supply chain van telecomnetwerken bij de aannemer? Dit proces wordt geanalyseerd door regressieanalyse uit te voeren op het effect van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke KPI's levertijd en leverbetrouwbaarheid. Er worden 2 soorten regressieanalyse uitgevoerd, namelijk: een meervoudige lineaire regressieanalyse en een logistische regressieanalyse. De keuze van de ene of de andere analyse wordt bepaald door de aard van de afhankelijke variabele (Field, 2017). Logistische regressie wordt gebruikt wanneer de afhankelijke variabele binair van aard is, in ons geval de KPI: leverbetrouwbaarheid. Een levering is ofwel betrouwbaar, waarbij de initieel bevestigde leveringsdatum wordt gehaald, ofwel niet betrouwbaar. Daarentegen wordt lineaire regressie gebruikt wanneer de afhankelijke variabele continu van aard is en de regressielijn lineair is. In dit onderzoek is de meervoudige lineaire regressiemethode gehanteerd bij de afhankelijke variabele levertijd, omdat er meer dan één onafhankelijke variabele wordt gebruikt.

2.3 Kwantitatieve analyse van de prestaties

De dataset die voor de kwantitatieve analyse wordt gebruikt, is een extract van de twee meest recente volledige productie jaren uit het door de contractant gebruikte workflowmanagementsysteem. De gegevens zijn op 15 maart 2020 geëxtraheerd. De dataset is ingekaderd met de volgende criteria: (1) offnet verbindingen, waarvan de bestelling (2) tussen 01/01/2018 en 31/12/2019 is geplaatst en de (3) levering is voltooid voor 15/03/2020. Speciale projecten (4) zijn uitgesloten. De gegevens uit deze periode vertegenwoordigen de normale bedrijfsomstandigheden. De kwaliteit van de dataset is mede afhankelijk van de discipline die de medewerkers aan de dag leggen bij het zorgvuldig invullen van het workflowmanagement-systeem. Dit is een beperking, blijkt ook uit een interview met een manager (bijlage 1 – q27). Om de kwaliteit te toetsen en valideren is een vergelijk gemaakt met de dataset van het workflowmanagement-systeem dat de klant gebruikt. Vierentwintig projecten met significante afwijkingen tussen de beide systemen zijn uit de dataset verwijderd.

De steekproefgrootte, n , komt daarbij op 495 geleverde offnet aansluitingen, wat voldoende is voor het onderzoek. De berekening van de steekproefgrootte voor logistische regressie is een complex probleem, maar op basis van Peduzzi, Concato, Kemper, Holford, & Feinstein (1996) kan de volgende richtlijn voor een minimum aantal waarnemingen worden voorgesteld. Indien p de kleinste van de verhouding tussen de negatieve of positieve gevallen in de populatie is en k het aantal onafhankelijke variabelen, dan is het minimum aantal waarnemingen via de formule van (Peduzzi et al., 1996) te berekenen. In dit onderzoek worden 11 onafhankelijke variabelen gehanteerd en het aandeel positieve gevallen in de populatie is .41. In 41% van de leveringen was de levering niet betrouwbaar. Het minimum aantal vereiste gevallen is $n = 10 \times 11 / 0,41 = 268$. Daarmee is 495 een dataset die voldoet aan het minimum aantal waarnemingen voor een logistische regressieanalyse. De dataset is ingelezen in 'IBM SPSS Statistics 25 voor statistische analyses' waarmee de regressieanalyses gedaan zijn.

2.3.1 Key Performance Indicators

Zoals vermeld is in de inleiding zijn de prestaties van de aannemer op de twee contractueel overeengekomen performance indicatoren structureel onder de doelstelling. De definitie van de prestatie indicatoren is toegelicht in paragraaf 2.2.2. Hieronder wordt de feitelijke prestatie in 2018 en 2019 weergegeven. De bijgevoegde grafieken 1 en 2 tonen de scores op de prestatie indicatoren over deze periode.

In 2018 en 2019 zijn respectievelijk 258 en 350, in totaal 608 orders ontvangen (zie tabel 1). Deze orders waren op 15 maart 2020 nog niet allemaal succesvol opgeleverd. Van de orders uit 2019 was 71% opgeleverd, wat betekent dat voor 29% de levering nog aan de gang is of de order geannuleerd is. Dit is van belang bij de beoordeling van de KPI's naar het einde van de onderzoeksperiode toe.

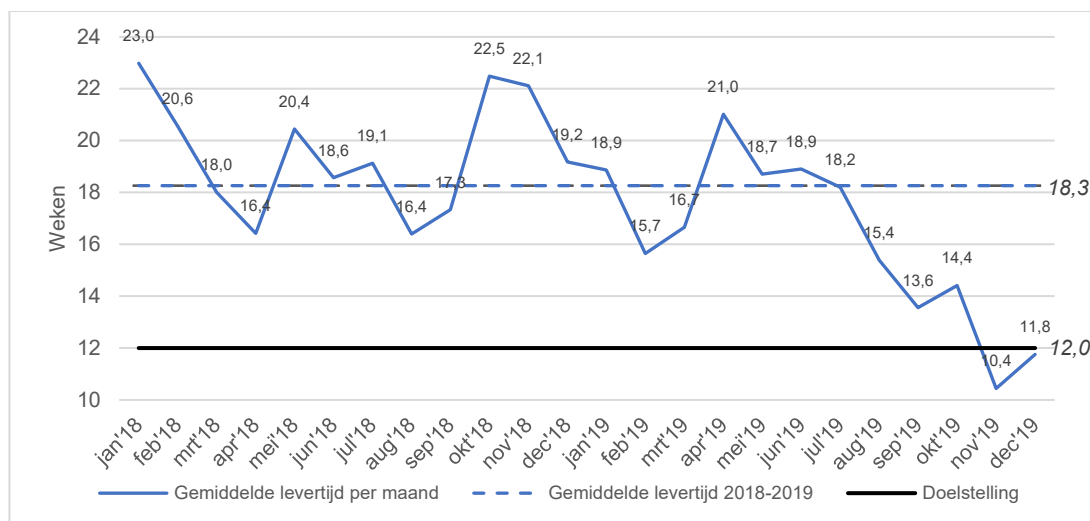
Tabel 1 onderzoekspopulatie

Jaar	Aantal ontvangen orders	Waarvan succesvol opgeleverd	Succesvol opgeleverd procentueel
2018	258	247	96%
2019	350	248	71%
Totaal	608	495	81%

Levertijd

De eerste KPI, de gemiddelde doorlooptijd van de levering van een offnet telecomnetwerk over 2018 en 2019, scoort 18,3 weken. Dit is 53% hoger dan de contractuele doelstelling van gemiddeld 12 weken. Er kan niet vastgesteld worden of de prestatie in 2018 beter is dan in 2019 omdat de verbindingen waarvan de levering nog gaande is zonder uitzondering een lange levertijd kennen en daarmee een negatief effect op de doorlooptijd-KPI zullen hebben. Deze projecten hebben op 15/03/2020 bijna allen een levertijd die langer is dan de gemiddelde levertijd van 12 weken en zullen de gemiddelde levertijd verder verhogen. De leveringen die nog niet afgerond zijn verklaren de schijnbaar positieve trend van afnemende levertijd vanaf augustus 2019 in grafiek 1.

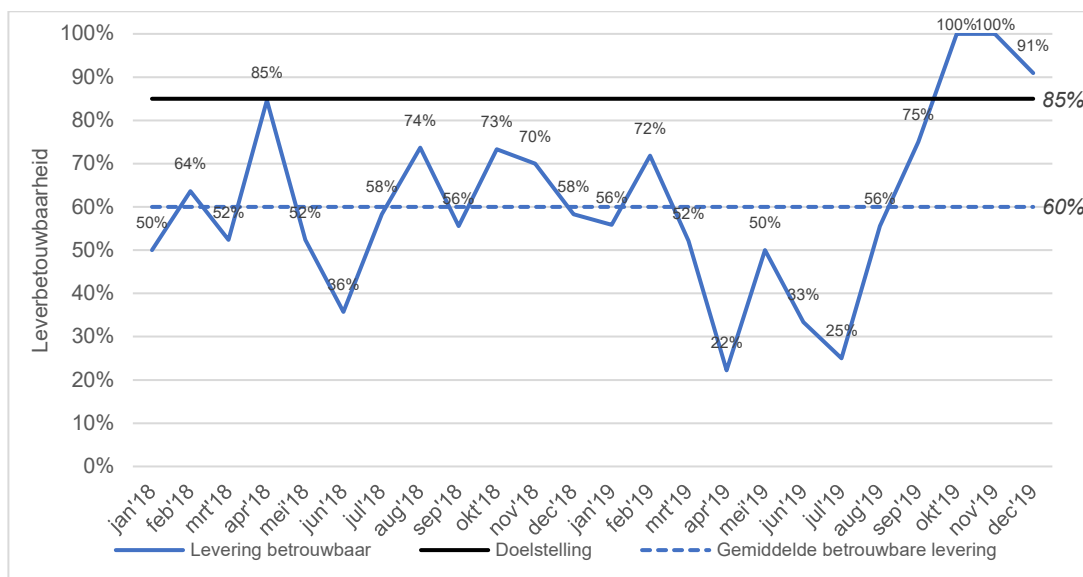
Grafiek 1 Gemiddelde levertijd per maand, inclusief het totale gemiddelde 2018 - 2019



Leverbetrouwbaarheid

De scores op leverbetrouwbaarheid (grafiek 2) gaan net als bij de KPI levertijd uit van de order inlegdatum, en niet de uiteindelijke technische opleverdatum. Hier is bewust voor gekozen omdat het doel van dit onderzoek is bij orderinleg de levertijd betrouwbaar vast te stellen en de orderinleg daarom als uitgangspunt hebben gekozen. De betrouwbaarheid scores vertonen een even negatief beeld als de levertijden. Over 2018 en 2019 is de gemiddelde leverbetrouwbaarheid 60%, met een doelstelling van 85%. Ook hier is het effect van de nog niet voltooide projecten in de scores eind 2019 zichtbaar. Deze projecten met een langere doorlooptijd zullen een negatief effect op de leverbetrouwbaarheid hebben (zie 2.3.4).

Grafiek 2 KPI Levertrouwbaarheid 2018 - 2019



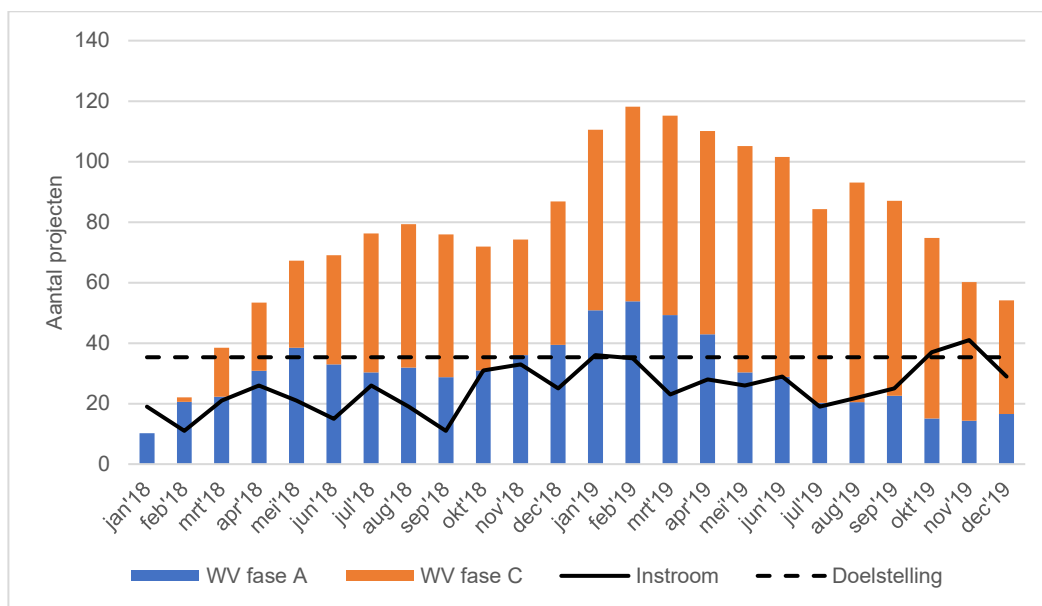
De projecten die nog niet zijn opgeleverd zijn een beperking van de dataset . Daarbij is het doel van deze paragraaf aan te tonen dat de prestaties van de leverstraat significant onvoldoende zijn op de vastgestelde prestatie indicatoren. Gezien de bovenstaande analyse is de conclusie gerechtvaardigd dat er sprake is van een structurele ondermaatse prestatie op het gebied van de beoogde levertijd en de beoogde leverbetrouwbaarheid.

2.3.2 Ontwikkeling orderstroom en werkvoorraad

Het aantal orders dat de leverstraat ingaat en de werkvoorraad die een leverstraat op een bepaald moment kent zijn vanzelfsprekend van invloed op de prestaties van een leverstraat. Bij een stabiele productiecapaciteit zal de combinatie van een hoge instroom en hoge werkvoorraad tot werkdruk bij de medewerkers en opstoppen in de supply chain kunnen leiden, met vertragingen en fouten als gevolg. In deze paragraaf wordt inzicht gegeven in het aantal orders dat per maand geplaatst is in 2018 en 2019, en de werkvoorraad die de leverstraat kent in de fase engineering (A) en de uitvoeringsfase (C) (zie grafiek 3). De vergunningsfase (B) wordt hier niet getoond omdat deze fase niet bij iedere order op gelijke wijze verloopt en bij 176 (36% van het totaal) projecten reeds afgerond was voordat de engineeringfase (A) gereed was. Navraag op de betrokken afdeling leert dat dit complexere engineeringtrajecten zijn waarbij de vergunning tijdens deze fase al aangevraagd is. Bij 12 (2%) projecten is de vergunning pas ontvangen na de technisch gereed datum. Hier lijkt administratief iets niet in orde.

Gedurende 2018 en 2019 lag de contractuele prognose van de instroom op acht offnet orders per week, 35 orders per maand. Gemiddelde realisatie in deze periode is 25 orders per maand met een maximum van 41 orders in november 2019.

Grafiek 3 Ontwikkeling instroom en werkvoorraad (WV) fase A-engineering en fase C-uitvoering



Een instroom van totaal 608 orders over twee jaar geeft een gemiddelde van 5,8 orders per week. Indien de gemiddelde normtijd van een levering op 12 weken gesteld is, betekent dit dat de werkvoorraad onder normale omstandigheden, zonder marge, rond 70 orders moet liggen. Over de gehele periode ligt de werkvoorraad gemiddeld op 76 orders, waarbij opgemerkt moet worden dat de werkvoorraad in het begin en einde van de periode onder dit niveau lag en rond de jaarwisseling 2018-2019 op 120 orders. De variatie is groot. Een beperking die in dit licht genoemd moet worden is dat er geen inzicht is welke capaciteit beschikbaar is in een bepaalde periode.

Tabel 2 geeft de gemiddelde doorlooptijden van de verschillende fases weer. De gemiddelde doorlooptijden van de opeenvolgende fases kunnen niet zomaar opgeteld worden tot een totale doorlooptijd vanwege overlappende fases. In de tabel worden tevens de minimale, maximale waarden en de standaard deviatie weergegeven.

Tabel 2: Doorlooptijden per fase in weken

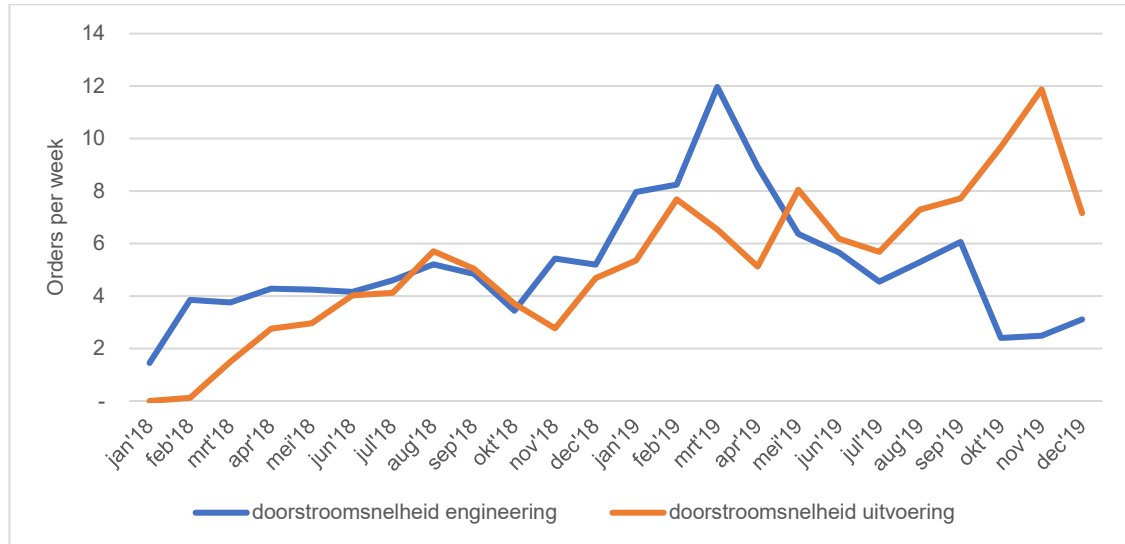
	Gemiddelde doorlooptijd	Normtijd	min	Max	Standaard deviatie
Fase A: engineering	6,2	2	0,4	41,9	4,9
Fase B: vergunning	4,2	6	0	27,6	3,4
Fase C: uitvoering	10,3	4	0	60,4	7,2
Totale doorlooptijd	18,3	12	0,4	69,4	9,1

De standaard deviatie bij de scores is aanzienlijk, wat betekent dat er grote verschillen tussen de individuele scores per fase zijn en voorzichtigheid betracht moet worden ten aanzien van de interpretatie van de scores. Een aantal uitschieters kan namelijk de scores beïnvloeden. Als voor de totale doorlooptijd 15 van de 495 uitschieters met een doorlooptijd van meer dan 40 weken niet meegenomen wordt daalt de gemiddelde doorlooptijd met 1,1 week naar 17,2 weken met een standaard deviatie van 6,6 in plaats van 7,2.

Wanneer de doorlooptijden en het onderhanden werkniveau vastgesteld is, is de wet van Little te hanteren (J. Little, 2011). Little stelt namelijk dat de output of doorstromingsnelheid van een proces vastgesteld kan worden door het onderhanden

werk te delen door de doorlooptijd. De doorstroomsnelheid is een indicator die binnen Lean6Sigma veel gebruikt wordt om de voortgang van verbeteringen te monitoren. Vooral uitvoering laat een positieve ontwikkeling in doorstroomsnelheid zien (zie grafiek 4).

Grafiek 4 Doorstroomsnelheid engineering en uitvoering (Little's law)



De conclusie van de werkpakketanalyse is dat de instroom van nieuwe orders niet significant boven de in het contract voorspelde waarden is. Wat opvalt is dat de werkvoorraad in de supply chain gestaag gestegen is tot het 1^e kwartaal van 2019. Dit is het moment dat de aannemer aan de klant gevraagd heeft de instroom met 50% te beperken om de leverstraat onder controle te krijgen (van der Sprong, 2020). Het valt op dat de leverbetrouwbaarheid in de maanden na deze periode met hoge werkvoorraad laag scoort. In de doorlooptijden van de verschillende fases valt de lage doorlooptijd van de vergunningsfase positief op (4,3 weken) in vergelijking met de normtijd. Zowel de engineering- als de uitvoeringsfase scoort in realiteit een significant langere doorlooptijd dan de normtijd.

2.3.3 Meervoudige lineaire regressie analyse op levertijd

De conclusie van paragraaf 2.3.1 is dat de prestaties van de aannemer achterblijven op de doelstellingen. In de volgende paragrafen wordt met behulp van regressieanalysemethoden bepaalt welke variabelen de meeste invloed heeft op het achterblijven van deze prestatie en of de hypothesen die in paragraaf 2.2.2 geuit zijn over de invloed van de onafhankelijke variabelen, door de analyse kan worden bevestigd. De analyse resulteert in een model waarmee de levertijd kan worden voorspeld op basis van de waarden van de onafhankelijke variabelen (Field, 2017). In de analyse is de levertijd de afhankelijke variabele waarvoor de onafhankelijke variabelen zijn gedefinieerd zoals in Figuur 2 is aangegeven. De lineaire regressieanalyse is uitgevoerd met behulp van IBM SPSS Statistics 25. Daarbij is rekening gehouden met multicollineariteit, waarop de onafhankelijke variabele "aantal te graven meters" uitgesloten is van de analyse. Hoewel deze keuze een specificatie bias tot gevolg kan hebben, is deze afweging gebaseerd op de opmerking van deskundigen (van der Sprong, 2020) dat het aantal te graven meters beperkte invloed heeft op de doorlooptijd ("enkele dagen", wat relatief beperkt is ten opzichte van doorlooptijden van gemiddeld 18,3 weken) en deze variabele ook gereflecteerd is in de begroting (vanwege de multicollineariteit).

De relatie tussen de levertijd en de onafhankelijke variabelen kan worden opgeschreven in een algebraïsche formule: $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_{11}X_{11}$. Hier is Y de afhankelijke variabele, a is de intercept, b_1-11 zijn de richting en de kracht van de variabelen en X_1-11 zijn de onafhankelijke variabelen of voorspellers. Deze formule voorspelt de levertijd van een verbinding met behulp van 11 voorspellers. Daartoe moet vastgesteld worden of de resultaten van de lineaire regressieanalyse significant is. Dit kan aan de hand van drie elementen: (1) De verklarende kracht van dit model wordt bepaald door de waarde van de R-kwadraat toets, welke 31,5% is. Dit betekent dat de correlatie tussen de onafhankelijke en de afhankelijke variabelen bestaat, maar niet sterk is. Dit roept de vraag op of een belangrijke variabele gemist is, die niet is vastgelegd in het workflow management systeem. Hier komen twee zaken uit naar voren: de beschikbare capaciteit in de uitvoering welke niet vastligt in de systemen, maar wel als reden voor vertraging genoemd wordt en het feit dat de geraadpleegde systemen geen accurate informatie bevatten over vooral de variabele of een pand of serverruimte beschikbaar is op het moment van de order. Hier wordt later op teruggegrepen in de kwalitatieve analyse. (2) Elke variabele heeft een relatief voorspellend belang ten opzichte van de andere variabelen. Dit belang wordt weergegeven in de kolom "Importance" in tabel 3. De doorlooptijd van de engineering fase is de belangrijkste variabele (0,673). Budget en het aantal benodigde gestuurde boringen zijn twee andere belangrijke variabelen. (3) Tot slot is het belangrijk vast te stellen of een relatie significant is door te kijken naar de p-waarde (zie tabel 3, kolom Sig.) van de onafhankelijke variabelen. Hiervoor moet deze p-waarde lager dan 0,05 zijn.

Met andere woorden, een voorspeller met een lage p-waarde is waarschijnlijk een zinvolle aanvulling op het model omdat veranderingen in de waarde van de voorspeller significant gerelateerd zijn aan veranderingen in de responsvariabele. De hiervoor genoemde voorspellers alsmede de kwalificatie of een order niet clean is kwalificeren zich hiervoor.

Tabel 3 Coëfficiënten belangrijkste voorspellers afhankelijke variabele Y1 Levertijd

Modelbegrip		Coëfficiënt	Sig.	Importance
Intercept		6,906	,000	
Doorlooptijd Engineeringfase	X_3	0,975	,000	0,673
Budget	X_{11}	0,242	,000	0,211
Gestuurde boring	X_9	1,768	,005	0,060
Geen clean order	X_7	3,519	,036	0,033

Concluderend kan gesteld worden dat de verklarende kracht gering is maar dat de voorspelling van de levertijd vastgesteld kan worden met de volgende formule:

$$Y_1 = 6,9 + (0,98 * X_3) + (0,24 * X_{11}) + (1,77 * X_9) + (3,5 * (1 - X_7))$$

Dit betekent dat elke extra week die nodig is om de Engineering van het project af te ronden bijna één op één (0,98) bij de levertijd komt. In 2018 en 2019 was gemiddeld 6,2 weken nodig om deze fase in het proces af te ronden in plaats van de standaard van 2 weken. Dat betekent dat er 4,2 weken * 0,96 = 4,0 weken extra bij de levertijd opgeteld dient te worden. Daarnaast zorgt elk opstap in het budget van 1.000 euro voor een verlenging van de levertijd met 0,24 weken en elke gestuurde boring resulteert in een extra levertijd van 1,77 weken. Als een bestelling tenslotte bij orderinleg niet schoon is, kan er 3,5 week extra aan de levertijd worden toegevoegd.

Het is voor dit onderzoek - en tevens voor mogelijke suggesties ter verbetering - relevant om te bepalen welke variabelen door de aannemer kunnen worden

beïnvloedt. De engineeringtijd is een variabele die beïnvloed kan worden door zowel de engineering capaciteit als de manier van werken binnen het bedrijf. Het budget van een project of het al dan niet nodig hebben van een gestuurde boring ligt niet binnen de invloedssfeer van de aannemer, hoewel de contractuele voorwaarden met de externe onderaannemer die de gestuurde boring uitvoert kunnen worden herzien. Bij de beoordeling of een opdracht schoon is of niet vallen twee dingen op: ten eerste is het effect op de totale doorlooptijd groot, maar daartegenover lijkt het percentage niet-schone opdrachten onrealistisch klein (4%). Daarom is onderzocht hoe deze variabele kan worden beïnvloed. Dit komt ter sprake in de kwalitatieve analyse. Een laatste opvallend punt is dat de hoogte van het onderhanden werk (WIP, zie paragraaf 2.3.2) geen significante invloed op de doorlooptijd heeft.

2.3.4 Logistische regressie analyse op de leverbetrouwbaarheid

Logistische regressie wordt gebruikt om de waarschijnlijkheid dat een gebeurtenis voorkomt te voorspellen. In dit onderzoek betreft dat de gebeurtenis dat de technische levering van de telecomnetwerkaansluiting wel op de eerste, aan de klant verstrekte leveringsdatum plaats heeft en daarmee betrouwbaar is. Dit is de tweede afhankelijke variabele in dit onderzoek en is een belangrijke indicatie voor de betrouwbaarheid van de aannemer. Tenslotte is dit een prestatie-indicator in het contract met de klant.

Het specifieke van een logistische regressie is dat het binaire output data analyseert, waarbij de output variabele het wél optreden van de gebeurtenis (de levering is betrouwbaar) of het niet optreden van de gebeurtenis (de levering is niet betrouwbaar) weergeeft. Logistieke regressie bepaalt de invloed van onafhankelijke variabelen (voorspellers) op de waarschijnlijkheid van het optreden van de gebeurtenis.

Het uitvoeren van de logistische regressie in SPSS 25 geeft de hieronder vermelde uitkomsten. Allereerst blijkt dat de *Chi*-kwadraat score (152,606) aangeeft dat het model statistisch significant is. Daarna kan bij een logistische regressie vastgesteld worden in hoeveel procent van de gevallen het model dat gemaakt is de juiste score kon voorspellen: zal de levering betrouwbaar zijn of niet (zie tabel 4): dat is in 83,3% van de gevallen binnen de steekproef. Er is een beperkt verschil dat het model beter is in het voorspellen van de betrouwbare levering (88,7%) in tegenstelling tot de niet-betrouwbare levering (76,1%), maar er is een algemene goede voorspellende waarde van het model (Crownson, 2020).

Tabel 4 Classificatie-tabel (within sample)

		Voorspelde leverbetrouwbaarheid		Percentage correct
		0	1	
Leverbetrouwbaarheid	0	86	27	76,1%
	1	17	134	88,7%
Overall percentage				83,3%

Nu vastgesteld is dat het model een voorspellende waarde heeft is het van belang vast te stellen welke variabelen een significante invloed hebben op de leverbetrouwbaarheid. De levertijd die in de vorige paragraaf de afhankelijke variabele is, is in deze analyse als onafhankelijke variabele opgenomen. De *Sig.* of *p*-waarde moet lager zijn dan 0,05 om een significant verband aan te tonen. Alleen levertijd, doorlooptijd van de engineering fase en het aantal orders per week komen hiervoor in aanmerking (zie tabel 5).

Tabel 5 Variabelen in de vergelijking

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Levertijd	-0,461	0,063	52,820	1	0,000	0,631	0,557	0,714
Doorlooptijd Engineering	0,431	0,072	35,330	1	0,000	1,539	1,335	1,773
Aantal orders per week	0,170	0,077	4,920	1	0,027	1,185	1,020	1,377
Constant	5,283	1,458	13,135	1	0,000	197,044		

De regressiecoëfficiënt (tabel 5, kolom *B*) geeft de richting en kracht van de relatie weer, hoewel deze niet de exacte kwantitatieve verandering in de waarschijnlijkheid van een betrouwbare levering aangeeft. De kans op een betrouwbare levering neemt toe of af met de factor in deze kolom, afhankelijk van de positieve of negatieve factor in de eerste kolom: *B* (Crownson, 2020). Een positieve regressiecoëfficiënt kan over het algemeen geïnterpreteerd worden als een indicatie van de waarschijnlijkheid van het verhogen van een betrouwbare levering en omgekeerd. Een langere levertijd zal resulteren in een kleinere kans op een betrouwbare levering. Aan de andere kant resulteert een langere periode voordat de engineering klaar is in een grotere kans om de levering betrouwbaar af te ronden.

De conclusie van deze analyse is dat een verlenging van de totale levertijd met een week een negatief effect zal hebben op de waarschijnlijkheid van een betrouwbare levering. Alle inspanningen die worden geleverd om de levertijd te verkorten zullen een positief effect hebben op de leverbetrouwbaarheid. Aan de andere kant valt op dat een langere engineering fase tot een meer betrouwbaardere levering leidt. Dit lijkt logisch, want hoe meer tijd er is om het project voor te bereiden in de engineering fase, hoe kleiner de kans dat er iets over het hoofd wordt gezien en hoe meer tijd er is om risico's en onzekerheden uit te sluiten. Tot slot valt op dat hoe meer orders per week ontvangen worden, hoe groter de kans is dat een levering betrouwbaar wordt afgerond. Hier is op voorhand geen verklaring voor aan te dragen, dit is een onverwachte uitkomst die in de interviews met de medewerkers van de aannemers besproken zal worden. In paragraaf 2.2.2 is reeds vastgesteld dat de levertijd en de duur van de engineeringsfase grotendeels het resultaat zijn van het proces bij de aannemer en daarmee beïnvloed kunnen worden. Het aantal bestellingen per week en het verhogen hiervan kan in mindere mate beïnvloed worden.

2.4 Kwalitatieve analyse van de prestaties

Om de inzichten van de kwantitatieve analyse te duiden in de context van dit onderzoek zijn twee semigestructureerde interviews gehouden met deskundigen (subject matter experts) die werkzaam zijn bij de aannemer. SME-1 is sinds april 2020 de manager van de betrokken afdeling die telecomnetwerk infrastructuur voor deze klant levert en SME-2 is de manager van de afdeling Service Management, de afdeling die verantwoordelijk is voor processen, verbetermanagement en inkoop. Relevante quotes uit deze interviews zijn vermeld in bijlage 1. Voorts is gebruik gemaakt van de inzichten van een onderzoeksrapport dat in de 2^e helft van 2019 is opgesteld door middel van interviews met meerdere medewerkers in het proces op deze afdeling (van der Sprong, 2020). De vraagstelling van dit specifieke onderzoek was hoe de productie verdubbeld kan worden naar aanleiding van een concrete vraag van de klant om op de productie te schalen.

De inzichten van de kwalitatieve analyse zijn in drie onderdelen opgedeeld.

Procesbeheersing

Het eerste onderdeel betreft interne procesbeheersing. Zowel SME-1 als SME-2 bevestigen dat de prestaties van leveringen van de telecomverbindingen onder de maat zijn op het gebied van leverbetrouwbaarheid en levertijd en dat dat zorgen baart. Uit de interviews en het rapport wordt duidelijk dat er geen eenduidig proces met procesbewaking wordt toegepast. SME-1 stelt: “Er zat geen processtructuur in, er werd gemaakt wat op tafel kwam en de rest niet. Er werd geen prioriteitstelling gedaan op orders” (bijlage 1, q1). SME-2 gaat nog verder: “als je binnen die club binnenkomt, dat je gewoon ziet dat er chaos is” (bijlage 1, q2).

SME-1 brengt hier vanaf april verandering in aan en stelt dat het fundament van een gecontroleerde levering de planning is: “Wat is de basis van het hele verhaal? Dat is planning” (bijlage 1, q6). Een planningsmethodiek wordt niet toegepast, een order gaat van het ene station naar het volgende station zonder dat iemand het totale overzicht bewaakt. Doordat zaken niet in één keer goed gaan, is men vooral druk met correctieve acties en is de focus gericht op de zeer korte termijn, de dag van morgen in plaats van de komende weken. Om planning en control te kunnen toepassen is inzicht en transparantie in de actuele status van een order in de leverstraat belangrijk. Dat inzicht is verbeterd in april en mei 2020: “De inzichten waren ook niet om dit [de controle te verbeteren] te kunnen doen, nu heb je inzicht” doordat “ik heb er gewoon een dashboard overheen gebouwd, het zijn niet meer de eigen excelletjes die ze allemaal zelf bij houden” (bijlage 1, q29, q30). De transparantie is van groot belang omdat “de methodiek... is datagestuurd”, waarmee de kwaliteit van de administratie een nog belangrijker punt wordt (bijlage 1, q27), iets dat niet op orde is nu en een limitatie van de kwantitatieve analyse in dit onderzoek is. Daarop aanvullend worden onderaannemers aangestuurd via gezamenlijke Dropbox schijven en free format e-mails, een foutgevoelige werkwijze die door iedere medewerker op een verschillende wijze wordt ingevuld en de eenduidigheid van het proces niet ten goede komt (van der Sprong, 2020).

Het faciliteren van de processen met een nieuw ICT-systeem ter vervanging van het huidige verouderde systeem is een onderwerp dat reeds op de agenda staat. SME-2 stelt: “En als we ICT technisch die dingen kunnen bieden, dan willen we ook naar die zaken toe gaan pakken om dit verder te gaan automatiseren, te gaan volgen, te gaan monitoren” (bijlage 1, q32).

Een laatste punt op het gebied van procesbeheersing is de merkwaardige constatering dat de leverbetrouwbaarheid als er 5 orders per week binnen komen lager is dan als er 10 orders binnen komen. SME-2 vermoedt dat “dat ontstaat omdat de mensen bij ons het fijnste werken onder druk en daardoor ook juist meer specifiek opletten wat er allemaal moet gebeuren en daardoor ook meer actiever bezig zijn met hetgeen waar ze mee moeten bezig zijn. Daar komt het vandaan” (bijlage 1, q16). De werkdruk lijkt te laag. Er zijn twee signalen in het interview met SME-2 die duiden op juist hoge druk vanuit management op de medewerker, namelijk de ogenschijnlijk eenzijdige financiële sturing (bijlage 1, q23) en de opmerking “ik denk dat sommige mensen ook in het [passieve] gedrag zijn geduwd door hoe ze behandeld zijn [door het bedrijf]” (bijlage 1, q17).

Procesinhoud

Naast procesbeheersing zijn er een aantal procesinhoudelijke opmerkingen die aansluiten bij de bevindingen van de kwantitatieve analyse. Op de vraag of er wel eens een order afgewezen is komt de reactie: “Ik denk het nog nooit. Binnen heel aannemer A niet” (bijlage 1, q18). Dat lijkt ook niet te passen bij aannemer A omdat

“het van ons een kernwaarde is dat wij flexibel zijn en dat we alles altijd proberen om het probleem van de klant op te lossen”(bijlage 1- q20). Er loopt een programma binnen de organisatie om de kernwaarden opnieuw te definiëren (van der Sprong, 2020). Uit de kwantitatieve analyse kwam logischerwijs naar voren dat het clean order percentage heel hoog is, maar anderzijds als een order niet clean is een grote invloed op de levertijd heeft, namelijk 3½ week extra doorlooptijd. In het contract blijkt een bijzondere bepaling over deze variabele te staan: “een order die niet clean is, mag alleen maar niet clean bestempeld worden als hij niet juist ingevuld is, maar de inhoud maakt niet uit. Dus met andere woorden als zij [de klant] zeggen het is een offnet order in Amsterdam en het is eigenlijk een onnet in Utrecht, is hij toch clean volgens het contract” (bijlage 1, q33).

Een andere procesvariabele is de huidige doorlooptijd van 2 weken om de engineering fase te voltooien welke als niet reëel wordt beschouwd (bijlage 1, q4), en met een gemiddelde van 6,3 weken niet gerealiseerd werd in 2018 en 2019. Het belang van deze indicator volgt uit de kwantitatieve analyse en wordt onderkent: “hoe meer je stuurt om je site survey [en de engineering fase af te ronden] in die 10 [werk]dagen te doen, hoe meer tijd je bespaart op de rest van je bouwlijn” (bijlage 1, q5) en integraal je doorlooptijd korter maakt. Voorts geeft SME-1 aan dat de capaciteit op engineering sterk teruggeschroefd is maar de output meer voorspelbaar is de afgelopen maand, dat komt o.a. door een nieuwe KPI die is ingevoerd waarbij engineering “twee weken voor RFO [leverdatum] een start uitvoering op te leveren” (bijlage 1, q43). SME-2 bevestigde dat er tekort is aan “goede engineers die dit soort dingen zouden kunnen oppakken”. (bijlage 1, q13) en bovendien kent de afdeling een hoog verloop met een smalle basis (slechts één ervaren engineer). De engineers in de afdeling nemen de volledige engineeringfase voor hun rekening, inclusief relatief eenvoudige taak als het bezoeken van de klantlocatie. Andere afdelingen zetten voor deze activiteit speciale monteurs in, een minder kritische resourcesgroep (van der Sprong, 2020).

Qua planning en levertijden wordt er nu met standaard doorlooptijden gepland (bijlage 1, q43) en moet de planner zorgen dat “drie weken vooruit, ten alle tijden de capaciteit op de order zit”, oftewel gereserveerd is. Dat betekent dat er geen capaciteitsbottleneck in de uitvoering verondersteld wordt zoals in het eerdere onderzoek genoemd werd (van der Sprong, 2020). Ten aanzien van deze capaciteit bij de onderaannemer wordt in beide interviews bevestigd dat dit “geen probleem” is (bijlage 1, q34, q51). De gestuurde boring, wat aanleiding is voor 1,8 weken levertijdvertraging lijkt niet als verstoring ervaren te worden door SME-1 maar SME-2 bevestigt dat dit wel tot vertraging leidt: “Dat klopt, die bottleneck [gestuurde boring] is er, er is gewoon te weinig capaciteit bij de boorders om boor profielen te maken en dat soort zaken waardoor je een vertraging oploopt”(bijlage 1, q13).

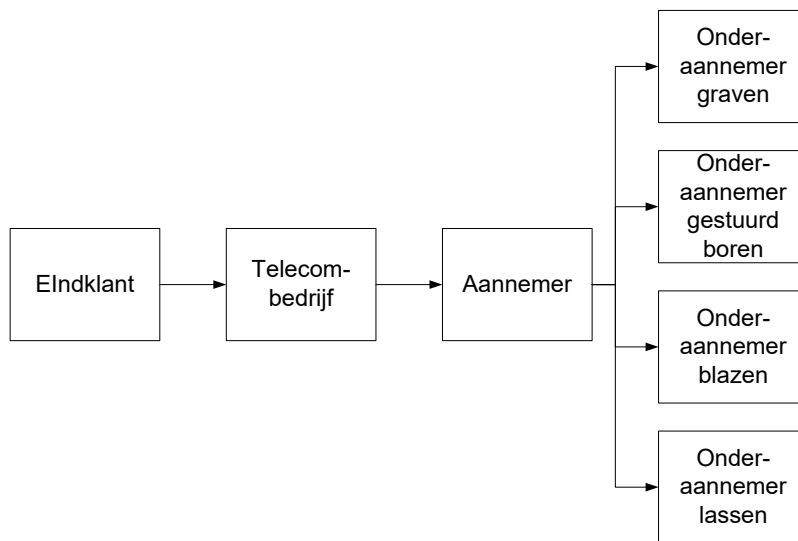
Een laatste procesvariabele is het aanwezig zijn van een gebouw of serverruimte. Deze variabele wordt niet goed geadministreerd, maar een handmatige check van SME-1 geeft al indicatie dat dit een belangrijke invloed heeft. De aannemer kan namelijk zogenaamde lever-issues aanmaken als er belemmeringen zijn die tot vertraging leiden. SME-1 bevestigt dat hij “laatst alle 100 issues doorgenomen [heeft] en 70 daarvan waren dat de server ruimte niet gereed was bij de klant. Allemaal leuk en aardig, maar dan had die order niet bij mij ingeschoten moeten worden.” (bijlage 1, q10), een duidelijke relatie met de clean order variabele.

Relaties supply chain en organisatie

Het laatste deelgebied betreft de relaties tussen eindklant, telecombedrijf (klant van

de aannemer), aannemer en onderaannemers en de samenwerking bij deze leveringen (zie figuur 3 ter illustratie). De oorsprong van het contract (zie paragraaf 1.2) tussen de klant en de vier aannemers is een gezamenlijke prikkel om de kwaliteit te verbeteren en klanten beter te bedienen. Echter, de conclusie van SME-1 is dat er “onvoldoende verbeterssystematiek [is] ingericht met de klant” en “nu wordt alles [de oorzaak van de ondermaatse prestaties] bij ons [de aannemer] neergeknald, zijnde onze schuld” (bijlage 1, q10). De eerder aangehaalde definitie van het concept clean order is een voorbeeld van een bepaling die getuigt van een slechte samenwerking. Binnen aannemer A zelf staat verbetermanagement ook nog in de kinderschoenen zegt SME-2 (bijlage 1 – q15).

Figuur 3 Relaties bij levering telecommunicatienetwerk



Voorts blijkt dat de klant op basis van ondermaatse prestatie van de aannemer een contractuele korting heeft afgedwongen, want uit een van de interviews komt naar voren dat “ze een korting [hebben] afgedwongen omdat wij onze KPI’s niet gehaald hebben” (bijlage 1, q25). Bij SME-1 voelt dit als een “strafmaatregel” en niet als een middel om het proces te verbeteren. Tegelijkertijd verhardt de opstelling van de aannemer naar haar onderaannemers: “Wij zijn er niet voor de werkvoorziening, geven geen garanties.” (bijlage 1, q52). SME-2 claimt de dialoog te gaan zoeken met de klant om de interpretatie van de bepalingen van het contract te bespreken (bijlage 1, q49), maar het is de vraag of de klant daarvoor open staat.

Concluderend bevestigen de interviews het gebrek aan eenduidigheid in de toepassing van de processen en de chaos die hierdoor ontstaat. SME-2 stelt dat een nieuw ICT-systeem zal moeten ondersteunen dit beter te beheersen, al is de discipline van het gebruik van zo een systeem door de medewerkers een niet te onderschatten factor. Het is opvallend dat nog nooit een order afgewezen lijkt te zijn en de aannemer dus zelfs moeilijk realiseerbare orders accepteert. Dit terwijl onderzoek van de aannemer aantoont dat het niet aanwezig zijn van een server ruimte een belangrijke reden voor lange vertraging is. Deze orders hadden wellicht afgewezen moeten worden. De interviews sluiten ook een aantal vermoedens uit; de graafcapaciteit bij de onderaannemers is geen bottleneck.

2.5 Conclusie probleem analyse

Concluderend kan gesteld worden dat de markt in Nederland voor de aanleg van infrastructuur voor telecomnetwerken veel groei kent en potentie biedt.

Belemmeringen vanuit regelgeving op PFAS en CO₂-uitstoot en de conjuncturele economische effecten van de corona-crisis zijn hierbij risico's.

De samenstelling, eigenschappen en de diversiteit van het product zijn geen factoren die de prestatie van de supply chain in grote mate beïnvloeden. Wat wel duidelijk wordt is dat deze prestatie op het realiseren van een levertermijn van 12 weken en een leverbetrouwbaarheid van 85% structureel onder de doelstelling is. Dit terwijl de instroom niet significant boven voorspelling is. De aannemer slaagt er niet in de werkvoorraad onder controle te houden. Zowel de engineering als de uitvoerende procesfasen die de aannemer beïnvloedt kennen doorlooptijden die flink boven norm zijn, waardoor de totale doorlooptijd ook boven norm is. Enkel de vergunningfase, waar de vooronderstelling was dat deze niet op norm zou zijn, blijft binnen de gestelde doorlooptijden.

Kwantitatief onderzoek toont aan dat de ondermaatse levertijd en leverbetrouwbaarheid van een telecomnetwerkverbinding in belangrijke mate negatief beïnvloed worden door een lange doorlooptijd van de engineering fase, een hoog budget en het uit moeten voeren van gestuurde boringen. Indien een order als niet clean beoordeeld wordt, duurt de levering 3½ week langer. Wat tevens blijkt is dat een lange levertijd de betrouwbaarheid niet ten goede komt, maar een lange doorlooptijd van de eerste, engineering fase van het proces de betrouwbaarheid juist wel ten goede komen. Een laatste opvallende constatering hier is dat hoe meer orders per week binnen komen, des te meer betrouwbaar de leveringen zijn.

De kwalitatieve analyse bevestigt ten slotte de chaos en vrijblijvendheid in het proces dat toegepast wordt. Er lijkt geen track & trace te zijn van orders gedurende de levering, zodat pas indien de klant klaagt er reactief geacteerd wordt door de aannemer (bijlage 1, q22). De diversiteit aan eigen stuurmethodieken of "Excelletjes" komt het benodigde overzicht niet ten goede. Voorts is er geen controle op de orderinstroom, alle orders worden geaccepteerd of het acceptatieproces duurt dermate lang, dat de afwijstermijn verstreken is. Dat betekent dat verbindingen die niet gerealiseerd kunnen worden omdat een gebouw of serverruimte nog niet gebouwd zijn wel door de aannemer geaccepteerd zijn. De capaciteit bij de graafploegen is voldoende aanwezig, maar goede engineers en onderaannemers die gestuurde boring uitvoeren zijn schaars.

Het laatste punt dat opvalt is dat er geen sprake van samenwerking in de supply chain lijkt te zijn. De eindklant, het telecombedrijf, de aannemer en de onderaannemers werken niet samen, realiseren niet samen verbeteringen en managen meer op hun eigen interfaces dan met elkaar op het totale proces.

In de introductie van dit onderzoek is de vermeende ondermaatse prestatie van het graven van telecomnetwerk infrastructuur door de aannemer gemeld. In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op de eerste subvraag van dit onderzoek: "wat zijn de huidige prestaties (betrouwbaarheid en doorlooptijd) van deze ETO supply chain?" Uit de uitgevoerde probleemanalyse blijkt wat de prestaties zijn en dat de levertijd en leverbetrouwbaarheid inderdaad significant onder de met de klant afgesproken doelstellingen liggen.

De tweede subvraag had betrekking had op de vormgeving van het huidige proces en welke knelpunten van invloed zijn op de prestaties. Deze subvraag is als tweede onderdeel van de probleemanalyse beantwoord. De doorlooptijd als maatstaf van de prestatie van de ETO supply chain wordt negatief beïnvloed door (1) een langere

doorlooptijd van de engineering fase, (2) indien een gestuurde boring noodzakelijk is in het de uitvoeringsfase, (3) bij een hoger dan gemiddelde begroting van het project en (4) bij een niet-schone order ('not clean'). De tweede maatstaf voor de prestatie – leverbetrouwbaarheid – wordt negatief beïnvloed door (1) een lange levertijd, (2) te lage orderstroom per week en paradoxaal genoeg een (3) korte doorlooptijd van de engineering fase. Dat laatste lijkt te verklaren door de kwaliteit van de output van de engineeringfase welke lager is als deze fase snel doorlopen wordt.

Met het bovenstaande komt voldoende aanleiding naar voren om aan de hand van de geldigheidscirkel te onderzoeken welke inzichten voortkomen uit het literatuuronderzoek.

3 Literatuur onderzoek

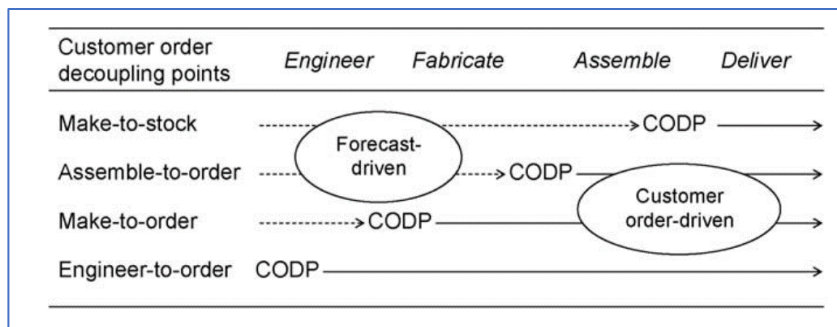
In dit hoofdstuk wordt het literatuuronderzoek naar aanleiding van de probleemanalyse toegelicht. Het literatuuronderzoek is een methode om bestaande kennis over het onderwerp of de probleemstelling te verzamelen en is via de geldigheidscirkel (Hevner, 2007) verbonden met de ontwerpoplossing.

In de eerste paragraaf wordt de productiestrategie behandeld, waarna in de drie daaropvolgende paragrafen in detail ingegaan wordt op de factoren die cruciaal zijn bij het vaststellen en betrouwbaar realiseren van een levertijd. Tenslotte volgt een paragraaf over de menselijke factor en wordt het hoofdstuk afgesloten met een paragraaf over samenwerking in de supply chain.

3.1 Productie strategie

Organisaties gebruiken productieprocessen om producten en diensten te creëren die waarde toevoegen voor hun klanten en het bedrijf. Deze productieprocessen zijn afhankelijk van de markteisen en de productiestrategie van de organisatie. In de literatuur wordt voornamelijk verwezen naar de volgende vier productiestrategieën: (1) make-to-stock, (2) assemble-to-order, (3) make-to-order en (4) engineer-to-order (ETO) (Olhager, 2010). Bedrijven dienen steeds meer aangepaste en unieke producten te bieden om aan de specifieke wensen van klanten te voldoen en passen hun productiestrategie daarop aan (Oguz et al., 2010). ETO is de productiestrategie die het meest past om een product aan een unieke klantwens aan te passen. Eén van de belangrijkste bijzonderheden van ETO productiebedrijven in de bouwsector is namelijk dat elke bestelling op klantlocatie moet worden ontworpen, geproduceerd en geïnstalleerd volgens de specifieke eisen van de klant (Rauch et al., 2018). Dit sluit aan bij de werkomstandigheden bij de aanleg van telecommunicatienetwerken. Om die reden is deze strategie dan ook voornamelijk van toepassing op de levering van telecommunicatienetwerken.

Een sleutelbegrip bij productiestrategieën is het klant order ontkoppelpunt (KOOP – in figuur 4 COPD genoemd, Customer Order Decoupling Point). Het KOOP wordt traditioneel gedefinieerd als het punt in de waardeketen van een product, waar het product gekoppeld wordt aan een specifieke klantorder (Olhager, 2010). Daarbij verdeelt het KOOP de materiaal- en activiteitenstroom die door voorspellingen wordt gestuurd van de stroom die door klantorders wordt gestuurd. Het KOOP bepaalt waar de voorraad in de supply chain wordt gepositioneerd om delen van deze supply chain onafhankelijk te laten opereren (Gosling & Naim, 2009) en heeft impact op de doorlooptijd van de klantorder en investeringen in de voorraad. De productiestroom in een ETO supply chain wordt volledig aangestuurd door klantorders (Gosling & Naim, 2009). Fabrikanten die op deze basis kunnen opereren, realiseren voordelen in de vorm van lagere voorraadkosten en minder risico's door vraagfluctuaties (Oguz et al., 2010). Bij de levering van telecommunicatienetwerken is de aansluiting tot de klantlocatie klantordergestuurd. Tot het moment van de order is niet bekend wat de locaties zijn die met elkaar verbonden moeten worden en de exacte specificaties worden op een later tijdstip vastgesteld als een medewerker van de leverancier ter plekke de situatie gaat opnemen.



Figuur 4 Verschillende klant order ontkoppel punten (Olhager, 2010)

In zijn onderzoek bevestigt Olhager (2010) dat in een post-KOOP ETO operatieproces de productieplanning gebaseerd moet zijn op een tijdsgewijze aanpak tegenover een stuks gebaseerde aanpak in een make-to-stock omgeving. Olhager (2010) stelt dat overcapaciteit in een ETO supply chain nodig is om betrouwbaar te kunnen leveren.

Er kan geconcludeerd worden dat het productieproces in dit onderzoek een Engineer-to-Order (ETO) proces is. ETO is een type productieproces waarbij een product wordt ontworpen, ontwikkeld en afgewerkt nadat een order is ontvangen en waarbij overcapaciteit in de supply chain na het KOOP belangrijk is om betrouwbaar te kunnen leveren.

3.2 Orderacceptatie

In de vorige paragraaf zijn de voordelen voor de organisatie benoemd van een ETO productiestrategie. Daarbij werd de randvoorwaarde genoemd dat er overcapaciteit benodigd is in de post-KOOP fase om betrouwbaar te kunnen leveren. Beperkingen van de productiecapaciteit dwingen bedrijven om selectief te zijn op bestellingen van klanten (Oguz et al., 2010) en coherent beleid op orderacceptatie, levertijdbepaling en productieplanning te formuleren (Gordon & Strusevich, 2009). In deze paragraaf wordt stil gestaan bij orderacceptatie, de andere twee factoren komen aan bod in paragraaf 3.3 en 3.4.

Klanten die orders plaatsen, geven meestal een leverdatum aan en kunnen de leverancier bestraffen voor te late leveringen. Dit vertaalt zich in een lagere omzet en zelfs verlies van klanten voor de fabrikant. Er is een wisselwerking tussen de opbrengst van een bepaalde nieuwe order en de daarbij behorende vertragskosten voor andere orders. Als bepaalde bestellingen niet worden geaccepteerd, kan dit een betere kans geven om andere orders op tijd af te ronden. Daarom moet de fabrikant de te verwerken orders selecteren aan de hand van een zorgvuldige analyse van de beschikbare capaciteit en de eisen van de klanten wat betreft de specificaties en levertijd om de inkomsten te maximaliseren (Oguz et al., 2010). Oguz et al (2010) stellen dat er verschillende algoritmes gemodelleerd kunnen worden om de orderacceptatie te ondersteunen, waarbij de verwerkingstijd een belangrijke variabele is. Het bijzondere aan de situatie bij aannemer A is dat de variabelen die nodig zijn om de type en omvang van de verwerkingstijd vast te stellen gedurende de engineering fase van het productieproces pas duidelijk worden. In het proces bij aannemer A dient de order binnen 5 werkdagen na ontvangst afgewezen worden, zo niet dan wordt de order als geaccepteerd beschouwd. Wanneer in zo'n geval de omvang van de capaciteit en de omvang van de bestellingen met elkaar in overeenstemming moeten worden gebracht, zijn er een aantal manieren waarop bedrijven kunnen reageren. Zij kunnen de capaciteit met permanente of tijdelijke

middelen uitbreiden, waarbij het laatste onder meer kan gaan om het uitvoeren van extra ploegendiensten, het inhuren van tijdelijke krachten of het uitbesteden van werkzaamheden. Onderhandelen of heronderhandelen van leveringsdata en prijsstelling zijn andere opties (Oguz et al., 2010).

3.3 Levertijdbepaling

Een sleutelonderwerp in dit onderzoek is de zo spoedig mogelijke betrouwbare vaststelling van de levertijd. Levertijdbepaling wordt op verschillende wijzen benaderd in de literatuur, waarbij opgemerkt dat bestaande literatuur zich veelal focust op MTO en MTS productiestrategieën.

Een eerste, relatief eenvoudige groep methoden houdt geen rekening met informatie over de order. Deze groep kan worden gecategoriseerd in methoden welke (1) gebruik maken van vaste levertijden – in de literatuur aangeduid met CON van constant - en die welke (2) willekeurige levertijden hanteren – aangeduid met RAN van random. In deze laatste categorie kan de klantwens bijvoorbeeld een leidende variabele zijn, ongeacht complexiteit of omvang van een order (Gordon et al., 2002).

Een tweede groep van methoden om de levertijd te bepalen maakt gebruik van informatie over de aankomende order. Van deze methodes is de Total Work (TWK) aanpak de meest voorkomende, waar de totale verwerkingstijd van de order gebruikt worden om de doorlooptijd te berekenen. De Slack-aanpak (SLK) houdt rekening met dezelfde verwerkingstijd, maar voegt daar extra ruimte of slack aan toe. Deze methodes kennen enkele complexere varianten zoals de “processing-plus-wait” (PPW) variant - die CON, SLK en TWK vervaldata combineert in één model - en de “number of operations” (NOP) variant waar specifiek rekening gehouden wordt met meerdere operationele gangen (Gordon et al., 2002).

Een belangrijke beperking van deze benaderingen is dat zij ervan uitgaan dat de specificaties van hetgeen geproduceerd moet worden bekend zijn en dat informatie over de verwerkingstijden duidelijk is. Beide zaken worden eerst gedurende het proces duidelijk bij een ETO-order, wat een extra complexiteit toevoegt aan levertijdbepaling (Grabenstetter & Usher, 2014).

De levertijd bepalen in een ETO omgeving is daarmee niet eenvoudig, sterker het is volgens Konijnendijk (1994) het grootste operationele coördinatie probleem in een ETO omgeving. Ten eerste is de ETO-omgeving vaak complex met meerdere productieprocessen en is elke opdracht uniek en vaak ingewikkeld. Bovendien is er een beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar als de leverdatum vastgesteld moet worden aan het begin van het productieproces (Grabenstetter & Usher, 2014). Daarom wordt op verschillende momenten in tijd een leverdatum afgegeven, waarbij verschillende methodes gehanteerd worden. Als een offerte afgegeven wordt, wordt rekening gehouden met standaard levertijden – CON - waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen eenvoudige, redelijk complexe of uiterst complexe orders en rekening gehouden met de klantwens – RAN – indien deze later is dan de CON-levertijden. Dat gebeurt ook bij telecomnetwerken, waar orders gedifferentieerd worden in onnet (4 weken standaard levertijd), onnet+ (6 weken standaard levertijd) en offnet leveringen (12 weken standaard levertijd). De standaard levertijden moeten wel dermate ruim zijn dat onzekerheid binnen het volledige proces daarin afgedekt is. Overigens vraagt het afgeven van verschillende levertijden op verschillende momenten in het proces goede samenwerking en afstemming in de supply chain (zie paragraaf 3.6).

Na de engineeringfase wordt een tweede, gecommitteerde leverdatum afgegeven op basis van TWK of SLK. De doorlooptijd van de engineering fase heeft grote invloed op de uiteindelijke ETO levertijd stelt Grabenstetter (2014). Onderzoek (Grabenstetter & Usher, 2014) toont aan dat bedrijven die de volledige doorlooptijd opdelen in doorlooptijden per processtap (operation due dates - ODD) beter presteren in het afgeven van doorlooptijden. Grabenstetter (2014) stelt in zijn onderzoek naar levertijden in een ETO situatie vast dat de ruimte in de standaard levertijd vooral nodig is en benut wordt om de variatie in de engineering fase op te vangen. De engineering stap is de belangrijkste bron van controleerbare doorlooptijd. Het productieproces, na de engineering fase, is een fase met een relatief constante doorlooptijd (Grabenstetter & Usher, 2014).

Binnen het onderzoek van Grabenstatter zijn verschillende ETO case studies bekeken die verschillende tactieken gebruiken om de levertijd op een meer nauwkeurige wijze vast te stellen. Een tactiek gaat uit van een algoritme waarin de waarde van de order bepalend is, een drempelwaarde voor de orderwaarde wordt gehanteerd met een standaard levertijd en voor iedere 100K\$ meer wordt een week extra bij de levertermijn geteld. Een andere tactiek is het gebruik van range aan weken voor de standaardlevertijd in plaats van een vast nummer: 12 tot 15 weken in plaats van 12 weken. Wat bij alle case studies opvalt is dat het de bedoeling is om de engineering zoveel mogelijk doorlooptijd te geven. De engineeringfase neemt de helft van de totale doorlooptijd van een order. Grabenstetter (2014) ontwikkelt vanuit de cases op basis van 7 statistische gevalideerde engineering factoren (aantal functionele vereisten, aantal basis componenten, aantal design afhankelijkheden, aantal technologieën, aantal wetgeving of standaarden, aantal subsystemen, aanwezigheid van een referentie order) zijn zogenaamde RegComp model om de levertijd te voorspellen. Een integraal ERP-systeem is een belangrijke randvoorwaarde om de voortgang van het order fulfilment proces te kunnen monitoren.

Concluderend herkent Grabenstatter (2014) de behoefte van ETO bedrijven om een onderbouwde vaststelling van de doorlooptijd te kunnen uitvoeren. Veelal worden over-gesimplificeerde methodes gebruikt om dit uit te voeren, en worden op verschillende momenten in de levering verschillende doorlooptijden vastgesteld. Grabenstatter (2014) suggereert om met operation due dates te gaan werken, waar het proces in verschillende segmenten opgeknipt wordt. De engineering fase is in het ETO productieproces de belangrijkste beïnvloedbare stap in het proces om een levertijd vast te stellen.

3.4 Planning en controle

Een engineer-to-order (ETO) productiestraat kenmerkt zich door grote flexibiliteit waar maximaal de eisen van de klant tegemoet gekomen wordt zonder dat dit ten koste ging van de prestaties van de producten of het order fulfilment proces. Belangrijke elementen die aan de basis liggen van een dergelijke flexibiliteit zijn de informatielinks naar de klant en de interfaces met de belangrijkste leveranciers (D. Little et al., 2010). Daarnaast kenmerkt de installatie van een ETO-product zich door meer variërende en onvoorspelbare (niet geplande) gebeurtenissen op de installatie locatie dan operaties die in een gecontroleerde omgeving (zoals de productie) worden uitgevoerd (Rauch et al., 2018). Problemen ter plaatse worden in een laat stadium geïdentificeerd, wanneer de interventiemogelijkheden beperkt worden (Dallasega et al., 2018). Planning is gecentraliseerd bij een projectmanager die plant op basis van subjectieve schattingen en niet de verschillende uitvoerders betreft bij

de inschatting van het werk. Veelal ontbreekt het in ETO-proces aan initiële, gedetailleerde masterschema's van de levering, aan reguliere updates hiervan en zijn ze vaak niet in real-time of helemaal niet verbonden met het interne enterprise resource planning (ERP)-systeem. Gevolgen hiervan zijn een hoge onderhanden werk positie (work-in-progress of WIP), lange doorlooptijden en inefficiënties door zoek- en wachttijden (Rauch et al., 2018).

Verschillende auteurs stellen daarop een "real-time" aanpak voor, voor de planning en monitoring in de bouw en een bijbehorend raamwerk voor informatietechnologie (IT) (Dallasega et al., 2018; D. Little et al., 2010; Rauch et al., 2018). De verlengde doorlooptijd voor ETO producten en onverwachte gebeurtenissen in de uitvoering vereisen doorgaans geregelde herzieningen van het ordervul-proces. Een nieuwe aanpak is nodig om (1) orders op te splitsen in kleinere en beter beheersbare elementaire taken, (2) de planningsfase te verbeteren, waardoor zowel de juiste toewijzing van middelen als de daaruit voortvloeiende voortgangscntrole worden vergemakkelijkt en (3) een informatieplatform te bieden dat real-time feedbackprocessen mogelijk maakt, zodat de mogelijkheden voor tijdige en effectieve interventies worden vergroot (Dallasega et al., 2018). Bovendien zou digitalisering nuttig zijn om de verschillende actoren in een levertraject met elkaar te verbinden.

Daarnaast stelt Rauch et al. (2018) voor periodieke herplanning-activeringspunten in te voeren zodat onzekerheden snel kunnen worden geïdentificeerd, acties en maatregelen zonder vertraging kunnen worden gedefinieerd en de planning op een responsieve manier herontworpen worden. Rauch et al. (2018) noemen een wekelijkse frequentie op basis van de meningen en ervaringen van experts in zijn specifieke case. Afhankelijk van de hectiek in een productieomgeving moet een verhoging van de planningsfrequentie leiden tot een extra vermindering van de complexiteit (Rauch et al., 2018).

Binnen planning en controle in dit onderzoek spelen twee vooringenomenheden een rol. Ze zijn opgenomen in deze paragraaf hoewel ze ook in paragraaf over de menselijke factor genoemd kunnen worden. Een eerste factor die hieraan bijdraagt is de zogenaamde planningsfout, waarbij mensen de neiging hebben om de bronnen die nodig zijn om een project af te ronden te onderschatten (Benschop et al., 2020). Het gaat om situaties waarin mensen bij het maken van projectschattingen geen rekening houden met gegevens van soortgelijke eerdere projecten. Er zijn drie belangrijke oorzaken voor te optimistische schattingen vastgesteld: technische redenen, politieke redenen en psychologische redenen. Om deze fout tegen te gaan wordt gesuggereerd (1) de taak te segmenteren in kleinere taken en daar inschattingen voor te doen en die op te tellen, (2) de implementatie te beschrijven, waardoor personeel zich bewust van de totale taak wordt en (3) actuele uitkomsten van gelijke projecten beschouwen. Een tweede factor is de illusie van controle, een cognitieve bias waarbij mensen de neiging hebben om te geloven dat ze de resultaten persoonlijk kunnen controleren of op zijn minst beïnvloeden, hoewel ze daar aantoonbaar geen invloed op hebben (Langer, 1975).

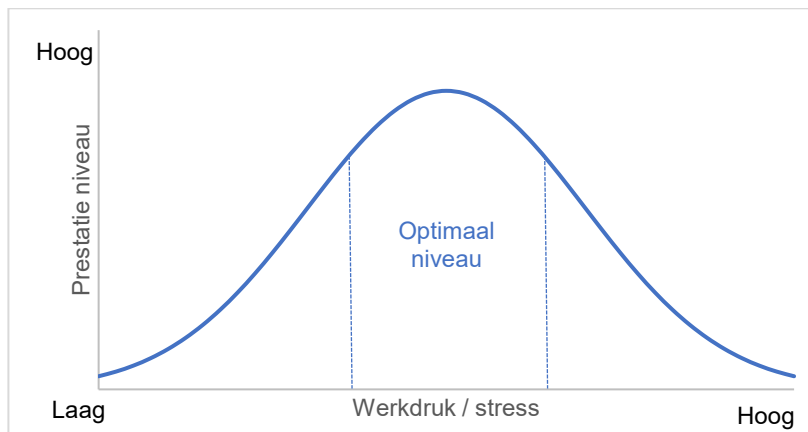
Planning en control is vanwege de variërende omstandigheden en onverwachte gebeurtenissen juist bij ETO productie erg belangrijk. Een masterplan en realtime reguliere updates is daarbij van belang, met ondersteuning door een IT-architectuur. Het stelt de organisatie in staat een order eenvoudig te splitsen en nauwgezet bij te houden, zeker als er reguliere toetsmomenten ingepland worden. Tenslotte helpt het

vooruit plannen, vastleggen en leren van eerdere leveringen om het risico op planningsfout en illusie van controle te minimaliseren.

3.5 De menselijke factor

Financiële doelstellingen zijn voor veel bedrijven de belangrijkste doelstelling waar op gestuurd wordt, en dat gaat vaak gepaard met een agressieve, “high-pressure” prestatie cultuur die tot grote werkdruk en stress binnen de organisatie leidt (Seppälä & Cameron, 2015). Een aanname hierbij is dat stress en druk medewerkers dwingt om meer, beter en sneller te presteren. Echter, op de lange termijn lijkt deze strategie schadelijk voor productiviteit te zijn en leidt juist een meer positieve omgeving tot voordelen voor werkgevers, werknemers en de financiële doelstellingen van het bedrijf. Zo zijn er bij hoge werkdruk ten eerste verborgen kosten in verzuim. In een grootschalig onderzoek dat bij meer dan 3.000 medewerkers is uitgevoerd, bleek een sterk verband te bestaan tussen leiderschapsgedrag en hartziekten bij medewerkers (Nyberg, 2009). Stress producerende bazen zijn letterlijk slecht voor het hart. Hoewel een “high-pressure” omgeving en een cultuur van angst enige tijd kunnen zorgen voor hoge betrokkenheid (en soms zelfs opwindend), suggereert onderzoek dat de onvermijdelijke stress die het creëert waarschijnlijk zal leiden tot onthechting op de lange termijn. En een lage betrokkenheid is kostbaar. In studies hadden de werknemers met lage betrokkenheid 37% meer verzuim, 49% meer ongelukken en maakten 60% meer fouten in hun werkzaamheden (Seppälä & Cameron, 2015). Organisaties met een lage medewerkersbetrokkenheidsscore hadden 18% minder productiviteit en 16% minder winstgevendheid. Een derde factor is het verloop in de organisatie, onderzoek toont aan dat stress op het werk leidt tot 50% meer verloop. Kosten die gepaard gaan met werving, opleiding, verminderde productiviteit en verlies van expertise zijn aanzienlijk. Daarbij opgemerkt dat bedrijven met zeer betrokken medewerkers 100% meer sollicitaties ontvangen dan bedrijven met medewerkers die niet betrokken zijn. Veel bedrijven hebben een verscheidenheid aan maatregelen doorgevoerd om medewerkers te behouden, van thuiswerken tot kantoorgymnastiek, maar een sleutel ligt in het voortdurend balanceren van de werkdruk. De leidinggevende moet namelijk opletten dat de werkdruk niet te laag wordt. Een te lage werkdruk is volgens de wet van Yerkes-Dodson (ActiTIME, 2016; Robertson, 2016) contraproductief: mensen hebben geen reden om te handelen en luieren of verspillen te veel tijd aan hun opdrachten. Als de stress toeneemt, neemt ook de prestatie toe, maar slechts tot een bepaald punt wanneer de “high pressure” cultuur weer de overhand krijgt. Dit wordt grafisch weergegeven in grafiek 5.

Grafiek 5 Werkdruk - prestatie curve, wet van Yerkes-Dodson



Het balanceren van deze werkdruk is een uitdaging voor de leidinggevende. De ervaring van werkdruk verschilt van persoon tot persoon en is afhankelijk van de complexiteit van de taak. Om als leidinggevende je personeel qua werkdruk op het optimale niveau te houden geeft de literatuur een aantal handvatten. Allereerst is het van belang contact te hebben met je medewerkers en interesse in hen te tonen, je als leider empathisch op te stellen. Het bieden van ondersteuning en tot het uiterste gaan om hen te helpen, zelfs als dat niet tot je taken hoort, inspireert medewerkers en resulteert in meer loyaliteit. Het benadrukken van de betekenis van het werk zorgt voor meer toewijding waardoor de productiviteit zal stijgen. Een laatste handreiking is om medewerkers aan te moedigen in gesprek met je te gaan om - vooral over hun problemen - te praten. Het is niet verrassend dat het vertrouwen dat de leider het beste met u voor heeft, de prestaties van de werknemers verbetert. Werknemers voelen zich veilig in plaats van bang (Seppälä & Cameron, 2015). Tegelijk (om balans te creëren) is het van belang om deadlines te stellen. Deze deadlines moeten redelijk en realistisch zijn. Daag de medewerkers uit door nieuwe taken en verantwoordelijkheden aan het team te geven: het oplossen van onconventionele problemen is goed voor de hersenen. Monitor de voortgang of wek de suggestie dat je meekijkt met de medewerkers. Wissel tenslotte van tactiek wat betreft samenwerkingsvormen binnen het bedrijf, een frisse wind kan helpen om nieuwe ideeën te ontketen en interesse te wekken (Robertson, 2016).

3.6 Samenwerking in de supply chain

Supply chain samenwerking wordt vaak gedefinieerd als twee of meer bedrijven die samenwerken om een concurrentievoordeel en een hogere winst te creëren, welke groter is dan door alleen handelen kan worden bereikt (Soosay & Hyland, 2015). Een andere definitie is dat een supply chain met name over relaties gaat en dat samenwerking kan worden gedefinieerd als een relatie tussen onafhankelijke bedrijven die wordt gekenmerkt door openheid en vertrouwen, waarbij risico's, beloningen en kosten worden gedeeld tussen partijen. Samenwerking in de supply chain wordt beschouwd als een belangrijke factor voor het behoud van de concurrentiepositie van een supply chain (Soosay & Hyland, 2015) en betere prestaties van de keten (Co & Barro, 2009). Twee belangrijke verschijningsvormen van deze samenwerking zijn de uitwisseling van informatie tussen bedrijven (prognoses, planning, voorraad en levering, enz.) en voorraad management in de supply chain (just-in-time sourcing, door leveranciers beheerde voorraad, enz.). Hoewel er veel redenen zijn voor samenwerking, is de realiteit dat echte

samenwerking vaak zeer moeilijk te realiseren is vanwege culturele en structurele barrières tussen bedrijven.

Er zijn verschillende theoretische benaderingen ten aanzien van samenwerking (Soosay & Hyland, 2015). In dit onderzoek is gekozen voor de stakeholder theorie als perspectief op samenwerking. Dit vanwege de verschillende belangen van de stakeholder in de telecomnetwerk supply chain. Een belangrijke kwestie die in de samenwerking moet worden geadresseerd is het beheer van de relatie tussen de partners in deze supply chain en hoe verschillende partijen zich in deze keten zich hierbij opstellen. Een langetermijnperspectief tussen een afnemer en een leverancier verhoogt de intensiteit van de afstemming tussen de partijen in de supply chain en de integratie van leveranciers door middel van strategische partnerschappen.

Freeman (1984) heeft een model ontwikkeld hoe een bedrijf met zijn stakeholders om kan gaan om maximaal waarde toe te voegen. Het stakeholder model houdt in essentie in dat de organisatie besluiten moet nemen met inachtneming van de belangen van alle 'stakeholders' van de organisatie, als ware het een keten van belangen en verwachtingen. Dit betekent dat de organisatie ook een ander doel heeft dan het maximaliseren van de waarde voor haar eigen aandeelhouders. Stakeholders van een organisatie zijn in dit onderzoek de deelnemers in de supply chain (zie figuur 3). Het heeft tot gevolg dat de organisatie de waarde van de belangen van alle stakeholders in de supply chain dient te maximaliseren met haar besluiten.

De dynamiek en positionering van de interactie tussen stakeholders kan volgens Mitchell (Co & Barro, 2009) geduid worden door scores van de onderlinge relatie op drie aspecten: macht, legitimiteit en urgentie. Hierdoor ontstaan 8 verschillende type stakeholders, op basis waarvan een organisatie haar strategie kan bepalen. Co & Barro (2009) hebben onderzoek gedaan naar stakeholder strategie in een operationele keten of supply chain. Ze onderscheiden hierbij twee strategieën: een agressieve strategie en een coöperatieve strategie. Agressieve strategieën bevatten een vorm van krachtige houding of gedrag ten opzichte van stakeholders in een poging om het gedrag van deze stakeholders te veranderen. Voor operations managers van bedrijven die aan de ontvangende kant van agressieve stakeholderstrategieën staan, kan de aanpak van hun handelspartners lijken op "pesterijtactieken" die worden uitgevoerd door bedrijven met een machtspositie. In plaats daarvan suggereren Co & Barro (2009) dat bedrijven agressieve stakeholder managementstrategieën gebruiken vanwege een verhoogd gevoel van urgentie, de moeilijkheid om legitimiteit in de uitvoering van de gezamenlijke onderneming aan de handelspartners over te brengen, en het gebrek aan vertrouwen dat alle stakeholders hun deel zullen doen om de gezamenlijke onderneming te laten werken.

Een coöperatieve strategie daarentegen gaat uit van meer gelijkwaardigheid in de relatie. Hoewel het een gangbare veronderstelling is dat dit hogere niveau van samenwerking resulteert in operationele efficiëntie, zijn zwakkere spelers niet per se beter af in schijnbaar collaboratieve regelingen (Co & Barro, 2009). Onderlinge afhankelijkheid, samen met de perceptie dat handelspartners een zelfde gevoel van urgentie hebben om samen te werken, plus het besef dat de samenwerkingsactiviteit iedereen ten goede komt zet organisatie ertoe aan om coöperatieve strategieën te hanteren. Afhankelijk van de macht, legitimiteit en urgentie binnen de relaties in een supply chain ligt een agressieve of coöperatieve samenwerking strategie voor de hand.

3.7 Conclusie literatuur onderzoek

Aspecten uit de problemdiagnose zijn onderzocht met de reeds aanwezige kennisbasis in de literatuur. Het veldprobleem is daarbij het uitgangspunt waarmee de derde subvraag beantwoord is: welke trends en ontwikkelingen binnen ETO supply chains en de gevonden knelpunten zijn te vinden in de academische literatuur?

Er kan geconcludeerd worden dat dat het productieproces in dit onderzoek een Engineer-to-Order (ETO) proces is. ETO is een type productieproces waarbij een product wordt ontworpen, ontwikkeld en afgewerkt op de klantlocatie nadat een order is ontvangen en waarbij overcapaciteit in de supply chain na het KOOP belangrijk is om betrouwbaar te kunnen leveren. Daarnaast moet de fabrikant de te verwerken orders selecteren aan de hand van een zorgvuldige analyse van deze beschikbare capaciteit en de eisen van de klanten wat betreft de specificaties en levertijd om de inkomsten te maximaliseren. Orders afwijzen kan een gevolg van deze analyse zijn. Als een leverancier dat niet doet kunnen zij de capaciteit met permanente of tijdelijke middelen uitbreiden, waarbij het laatste onder meer kan gaan om het uitvoeren van extra ploegendiensten, het inhuren van tijdelijke krachten of het uitbesteden van werkzaamheden.

Onderhandelen of heronderhandelen van leveringsdata en prijsstelling zijn andere opties (Oguz et al., 2010). Als een order geaccepteerd is hebben bedrijvende behoefte om een onderbouwde vaststelling van de doorlooptijd te kunnen uitvoeren. Grabenstatter (2014) suggereert om met algoritmes en operation due dates te gaan werken, waar het proces in verschillende segmenten opgeknipt wordt. De engineering fase is in het ETO productieproces de belangrijkste beïnvloedbare stap in het proces om een levertijd vast te stellen.

Planning en controle is daarnaast vanwege de variërende omstandigheden en onverwachte gebeurtenissen bij ETO productie van belang. Een masterplan en realtime reguliere updates moet gerealiseerd worden, met ondersteuning door een IT architectuur en systemen. Het stelt de organisatie in staat een order eenvoudig te splitsen en nauwgezet te volgen, zeker als er reguliere toetsmomenten ingepland worden. Aanvullend helpt het vooruit plannen, vastleggen en leren van eerdere leveringen om het risico op planningsfout en illusie van controle te minimaliseren. Medewerkers die actief zijn in een supply chain hebben grote invloed op de effectiviteit en betrouwbaarheid van de productie. Werkdruk is een bepalende factor hierbij waarbij de leidinggevende moet bewaken dat deze niet te hoog, maar zeker ook niet te laag is.

Daarnaast is de positie van de organisatie in haar supply chain ten opzichte van de andere spelers daarin van belang. Het gaat er om hoe vanuit een stakeholderperspectief aangekeken wordt naar de samenwerking in de keten. Afhankelijk van de verhoudingen op de variabelen macht, legitimiteit en urgentie binnen de relaties in een supply chain ligt een agressieve of coöperatieve samenwerking strategie daarbij in meer of mindere mate voor de hand.

4 Ontwerp van de oplossing

De problemdiagnose die in hoofdstuk 2 werd uitgevoerd, bevestigde het bedrijfsprobleem zoals beschreven in de introductie en heeft een verdieping op de onderliggende oorzaken opgeleverd. In hoofdstuk 3 is kennis uit de literatuur over deze oorzaken vanuit verschillende perspectieven verzameld. De geldigheidscirkel (kennisstroom) en de relevantiecirkel (praktijkstroom) worden met elkaar gekoppeld in deze ontwerpcirkel (Hevner, 2007) en de interventies zullen de ontwerpvrage van dit onderzoek beantwoorden. Ontwerpalternatieven worden gegenereerd en geëvalueerd om tot een fabrieksontwerp te komen.

Dit hoofdstuk bevat een zo volledig mogelijk overzicht van de interventies of ontwerpaanpassingen naar aanleiding van dit onderzoek. In hoofdstuk 5 zal een meer genuanceerde en gefaseerde aanbeveling volgen welke interventies de aannemer in het fabrieksontwerp moet doorvoeren. Niet alle interventies zijn zonder meer te implementeren, voor een aantal wordt vervolgonderzoek geadviseerd. Punten voor vervolgonderzoek worden daarbij weergegeven.

De interventies zijn geclusterd in de verschillende fases van het productieproces, een algemeen systeem ondersteuning deel, een verandering in de manier van werken-deel en een samenwerking deel.

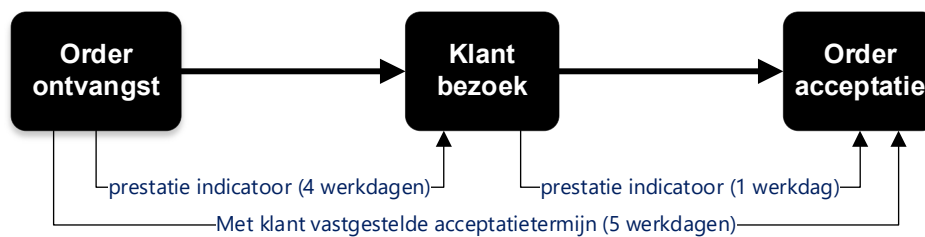
4.1 Orderacceptatie

De engineeringfase wordt in de literatuur als de meest bepalende fase van de ETO supply chain geclassificeerd (Grabenstetter & Usher, 2014). Een complicatie in deze fase is dat de engineering pas kan starten als alle details van de order bekend zijn. Hiertoe is een bezoek aan de klantlocatie vereist in dit onderzoek, een stap die in het huidige proces onderdeel is van de engineersfunctie. Dezelfde engineer heeft te maken met een hoge werkvoorraad, is een schaarse resource en de kwaliteit van de engineers is wisselend (bijlage 1, q13). Bovendien zijn de doelstellingen qua doorlooptijd van de engineeringfase uitdagend en worden structureel niet gehaald. Een eerste ontwerpaanpassing is daarom het bezoek aan de klantlocatie door gespecialiseerde monteurs te laten uitvoeren in plaats van door de engineer (zie figuur 5). Hierdoor wordt de order opgesplitst in kleinere en beter beheersbare elementaire taken (Dallasaga et al., 2018). Binnen andere afdelingen wordt deze methodiek succesvol toegepast (van der Sprong, 2020). Bovendien kent de monteurs capaciteitsgroep minder schaarste dan de engineer capaciteitsgroep.

De introductie van een interne prestatie indicator op de uitvoering van het klantbezoek binnen 4 dagen is een tweede interventie. Deze indicator zal afgestemd moeten zijn op de met de klant afgesproken acceptatie-termijn (5 werkdagen in dit onderzoek) van de order en ruimte laten voor de volgende ontwerpaanpassing: een expliciete acceptatie of afwijzing van de order. Als binnen 4 dagen geconstateerd wordt dat een pand nog niet gebouwd is, een server-ruimte niet beschikbaar is of een andere belangrijke belemmerende factor vastgesteld wordt kan de order afgewezen worden. Vandaag is er geen controle op de orderinstroom. Alle orders worden geaccepteerd ofwel het acceptatieproces duurt zo lang dat de contractueel vastgestelde acceptatietermijn van 5 dagen verstreken is en de order daarmee alsnog geaccepteerd is. Het afwijzen van een order moet geen doel op zich zijn, maar zou de aanleiding moeten zijn met de klant de onderhandeling te openen over de voorwaarden voor een order, en gezamenlijk vast te stellen hoe de levering succesvol en efficiënt kan verlopen (Oguz et al., 2010). Hoewel het afwijzen van order 'not done' lijkt binnen de cultuur van de aannemer is het een cruciale processtap om de

excessen uit het leverproces te bannen en prestatie indicatoren onder controle te krijgen.

Figuur 5 Ontwerp orderacceptatie



4.2 Engineeringfase en levertijdbepaling

Na de orderacceptatie en met de ingevulde ordervariabelen tijdens het klantbezoek kan de engineer het ontwerp van de klantoplossing maken. De uitkomst van deze fase is een productontwerp en levertijdvaststelling. De ontwerpsuggestie is om de levertijdbepaling op basis van de Slack methodiek (SLK) uit te voeren. Deze methode gaat uit van de werkzaamheden die daadwerkelijk uitgevoerd moeten worden, waarbij ruimte toegevoegd wordt voor onvoorziene omstandigheden. De daadwerkelijke werkzaamheden kunnen van invloed zijn op doorlooptijd zoals het eventueel toepassen van een gestuurde boring techniek. Deze specifieke omstandigheid leidt zoals in paragraaf 2.3.3 aangetoond tot 1,8 week extra doorlooptijd. Een andere indicator van de omvang en planning van de uit te voeren werkzaamheden is de begroting of het budget van een project. De engineer moet alert zijn op projecten met een hogere begroting, omdat deze aantoonbaar langere doorlooptijden kennen. De slack of ruimte is bedoeld voor onvoorziene omstandigheden tijdens de uitvoering zoals problemen met het verkrijgen van toegang tot een locatie en gewijzigde omstandigheden in vergelijking met het eerste locatiebezoek. De uiteindelijke levertijd zal onder invloed van de genoemde variabele korte of langer dan de normtijd zijn van 12 weken. Maar de afgifte van een realiseerbare levertijd (ook al is die langer dan 12 weken) zal bijdragen aan een hogere leverbetrouwbaarheid.

Het is de verwachting dat bij het doorvoeren van verbeteringen of procesinterventies de invloed en relevantie van onafhankelijke variabelen op de doorlooptijd zal wijzigen. Een volgende interventie is een algoritme of rekenformule te ontwikkelen dat gebruikt kan worden om tot levertijdbepaling te komen op basis van de relevante onafhankelijke variabelen. In paragraaf 2.3.3 is hier een aanzet toe gedaan, maar dit algoritme dient voortdurend herzien te worden indien er interventies in het fabrieksproces doorgevoerd zullen worden.

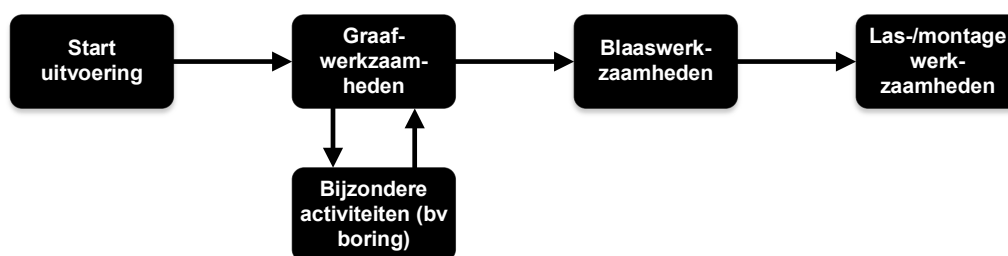
Om de betrouwbaarheid te verhogen is levertijddifferentiatie van belang, maar net als het afwijzen van orders dient deze gedragsverandering van de aannemer met de klant besproken te worden, in het licht van het contract dat klant en aannemer met elkaar gesloten hebben. Dit punt sluit aan bij het generieke punt in paragraaf 4.6 'samenwerking in de supply chain' en heeft wellicht een heronderhandeling van de contractuele voorwaarden tot gevolg. Het bespreken of heronderhandelen van een (langere) levertijd met de klant is een aspect waar contractuele ruimte voor gezocht moet worden.

Het direct plannen van de werkzaamheden bij capaciteitsgroepen en zeker stellen van capaciteit is van belang om een betrouwbare levering te garanderen. Deze methodiek wordt reeds toegepast door de aannemer (bijlage 1, q7).

4.3 Uitvoeringsfase

Onderzoek (Grabenstetter & Usher, 2014) toont aan dat bedrijven die de volledige doorlooptijd opdelen in doorlooptijden per processtap (operation due dates - ODD) beter presteren in het afgeven van doorlooptijden. Daarmee is een interventie voor de uitvoeringsfase om deze nadrukkelijker te besturen in de opeenvolgende processtappen in dit proces (zie figuur 6). Voor deze meer gedetailleerde sturing kan een goed planning en controle systeem (zie paragraaf 4.4) ondersteunend zijn. Consistente monitoring van iedere stap is daarbij een vereiste, wat niet mogelijk lijkt zonder de invoering van real-time IT-ondersteuning over de gehele supply chain. Op dit moment worden de verschillende fases reeds afzonderlijk bestuurd, maar de vastlegging en monitoring hiervan is niet voldoende om integraal te kunnen sturen (bijlage 1, q2, van der Sprong, 2020).

Figuur 6 onderdelen uitvoeringsfase



4.4 Systeem ondersteuning planning & controle

Een interventie op het gebied van systemen is de introductie van een eenduidig workflow management systeem dat de supply chain realtime van informatie kan voorzien (Dallasega et al., 2018). De kwalitatieve analyse bevestigt de chaos en vrijblijvendheid in het proces dat vandaag toegepast wordt. Er lijkt geen track & trace te zijn van orders gedurende de levering, zodat pas indien de klant klaagt er reactief actie wordt ondernomen door de aannemer (bijlage 1, q22). De diversiteit aan informatiedragers staat het benodigde overzicht en transparantie in de weg. Van Excel, e-mail, Dropbox, klantsysteem en een – huidig, niet functionerend - ERP-systeem (bijlage 1, q30, van der Sprong, 2020) naar één integraal systeem is een belangrijke stap. Bestaande procesflows die niet gehanteerd worden kunnen op deze wijze afgedwongen worden.

De aannemer doet op een andere afdeling een pilot met de applicatie IFS Field Service Management (van der Sprong, 2020). Indien de pilot succesvol afgerond wordt kan het systeem bij het team uit dit onderzoek geïmplementeerd worden. Daarbij is een aandachtspunt dat alle partijen in de supply chain direct en realtime toegang tot dit systeem hebben of dat creëren via bijvoorbeeld (API)-koppelingen naar het eigen systeem. Het gebruik van informatie technologie kan de nodige transparantie in het proces brengen. Het stelt de aannemer in staat om een betere controle te hebben over de productstroom en de informatiestroom in de supply chain. Deze verbeterde controle zal resulteren in lagere onderhanden werk positie, kortere doorlooptijden en het voorkomen van inefficiënties door zoek- en wachttijden en dubbel uitgevoerde activiteiten (Rauch et al., 2018). Bovendien is het eenvoudiger een project te herplannen bij de voor ETO-projecten kenmerkende onverwachte gebeurtenissen in de uitvoering.

Bij de inrichting van het systeem dient rekening gehouden te worden met het splitsen van processtappen, welke ieder gevolgd dienen te kunnen worden. Zo is het bijvoorbeeld van belang te registreren of het klantbezoek binnen 4 dagen plaats heeft, maar ook of een pand of server ruimte al dan niet reeds beschikbaar is.

Een laatste suggestie op het gebied van systeem ondersteuning is het hanteren en monitoren over tijd van de wet van Little (J. Little, 2011). De doorstroomsnelheid is een indicator die binnen Lean6Sigma veel gebruikt wordt om de voortgang van verbeteringen te monitoren.

4.5 Verandering in de manier van werken

De succesvolle adoptie van een nieuw systeem door de medewerkers en goede implementatie van de veranderde manier van werken bij de medewerkers is een belangrijke succesfactor. Het consistent gebruik van een systeem door de deelnemers in de supply chain vraagt aandacht en discipline. Wat de beste methodiek is om deze veranderingen door te voeren bij de medewerkers van de aannemer is een mogelijkheid voor vervolgonderzoek.

Een bijkomend voordeel van de integrale toepassing van een ondersteunend IT-systeem is dat er objectieve vastlegging van de procesdata ontstaat. Deze feiten betreffende het productieproces zijn een belangrijk instrument om de zogenaamde planningsfout en illusie van control te bestrijden.

Aandacht voor de werkdruk bij de medewerkers is van belang omdat een optimale werkdruk leidt tot betrokken medewerkers en efficiënte productie (Robertson, 2016; Seppälä & Cameron, 2015). Om tot optimale werkdruk te komen, vereist van de leidinggevende op individueel medewerkersniveau een evenwichtsoefening tussen (1) de historie die medewerkers binnen het bedrijf hebben en hun betrokkenheid bij het bedrijf (bijlage 1, q17), (2) de werkdruk die voor een individu optimaal is en (3) de door de organisatie verwachte financiële prestatie en daarmee gepaard gaande werkdruk. De cultuur van de organisatie speelt hierbij een rol. De kernwaarde flexibiliteit zal afgewogen moeten worden met het afwijzen van orders. Het veranderen van deze cultuur en de verandering van de manier van werken zijn interessante aandachtsgebieden voor vervolgonderzoek.

4.6 Samenwerking in de supply chain

Het laatste punt dat opvalt is dat er vanuit de aannemer het beeld heerst dat er geen sprake van samenwerking in de supply chain is. De eindklant, het telecombedrijf, de aannemer en de onderaannemers werken vanuit het perspectief van de aannemer onvoldoende samen bij het realiseren van verbeteringen en leggen de nadruk op de eigen belangen en interfaces met de voor- en nakomende partij. Daarbij lijkt de klant een agressieve strategie (Co & Barro, 2009) te kiezen, waarbij een coöperatieve strategie wellicht tot beter resultaat leidt. De belangen van alle stakeholders binnen de supply chain moeten bediend worden om langdurig succesvol te zijn. Om over de samenwerking in de supply chain een uitspraak te kunnen doen is vervolgonderzoek nodig, waarbij kwalitatief onderzoek zich niet enkel richt op de aannemer maar op alle stakeholders in de supply chain.

Het is op de korte termijn noodzakelijk dat de aannemer met de klant in gesprek gaat over enkele van de hiervoor genoemde interventies, zeker waar een andere invulling van de contractuele afspraken gezocht wordt. Het ultieme doel van deze andere invulling is het op een juiste manier invulling geven aan de hoofd prestatie indicatoren

van het contract en het valt te verwachten dat de klant daarom open staat voor verbeteringen.

4.7 Ontwerp validatie

Simulatie is een hulpmiddel om een model van een systeem, in dit geval een supply chain, op de computer te maken, zodat er geëxperimenteerd kan worden zonder dat dit een negatieve invloed heeft op het echte productiesysteem. Voor productie processen met lange doorlooptijden zal het ingewikkeld worden om de langetermijneffecten van ontwerpwijzigingen over het hele systeem te analyseren en valideren. Daarom kan de simulatie worden gezien als een gunstig beslissingsondersteunend instrument bij ontwerpwijzigingen in dergelijke productieprocessen (Law, 2009). In dit onderzoek is simulatie een hulpmiddel om de effecten van de ontwerpaanpassingen te kwantificeren, waarbij eerst het actuele proces wordt gesimuleerd, daarna het gewijzigde proces en we in paragraaf 4.7.3 de resultaten vergelijken en valideren of de ontwerpwijzigingen het gewenste effect hebben.

4.7.1 Actueel proces

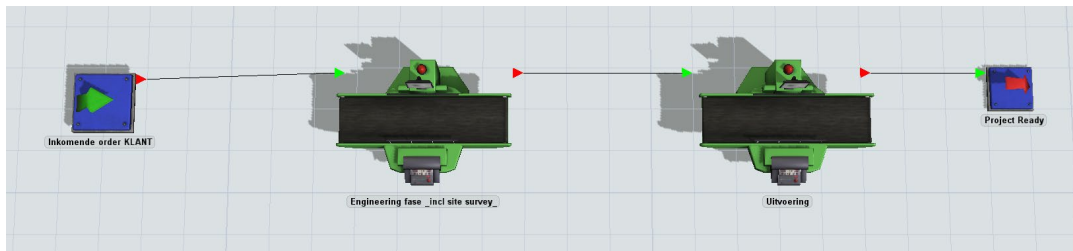
Om het simulatieproces te doorlopen worden een aantal basis stappen gevolgd (Dallasega et al., 2019). Het simulatie model van het actuele productieproces is gebouwd op basis van de in hoofdstuk twee gepresenteerde (1) probleemdiagnose, (2) proces toelichting en (3) data uit de kwantitatieve analyse. Met deze informatie is het (4) model geconfigureerd in de commerciële simulatiesoftware Flexsim 2020. Daarna is (5) geverifieerd of het model zich gedroeg zoals bedoeld en is het gevalideerd om ervoor te zorgen dat er geen significant verschil bestaat tussen het model en het echte systeem. Na deze laatste stap was het model gereed om (6) te experimenteren door het uitvoeren van een simulatie run met het gewijzigde ontwerp, waarvan de resultaten tenslotte geanalyseerd zijn (zie paragraaf 4.7.2).

Het simulatiemodel is beperkt tot de engineering fase van het productieproces. De engineering stap is de belangrijkste bron van controleerbare doorlooptijd. Het productieproces, na de engineering fase, is een fase met een relatief constante doorlooptijd (Grabenstetter & Usher, 2014). De engineeringfase van het actuele proces is sterk vereenvoudigd in FlexSim 2020 gemoduleerd (zie figuur 7).

Een belangrijk aspect om rekening mee te houden bij simulaties is de beslissing van de distributie van de variabelen in het model (Dallasega et al., 2019); in dit geval de inkomende orders en de doorlooptijd van de engineering fase. Hiertoe is de historische data van de afgelopen twee productie jaren als uitgangspunt genomen.

De resultaten uit de simulatie komen overeen met de bevindingen van de kwantitatieve analyse in hoofdstuk 2. Als voorbeeld is de gemiddelde doorlooptijd van 6,2 weken (tabel 2) voor de engineeringfase bijna gelijk aan de gemiddelde doorlooptijd bij een simulatie: 39 dagen (tabel 6). In bijlage 2 is het dashboard van de simulatie met meer resultaten van de simulatie opgenomen.

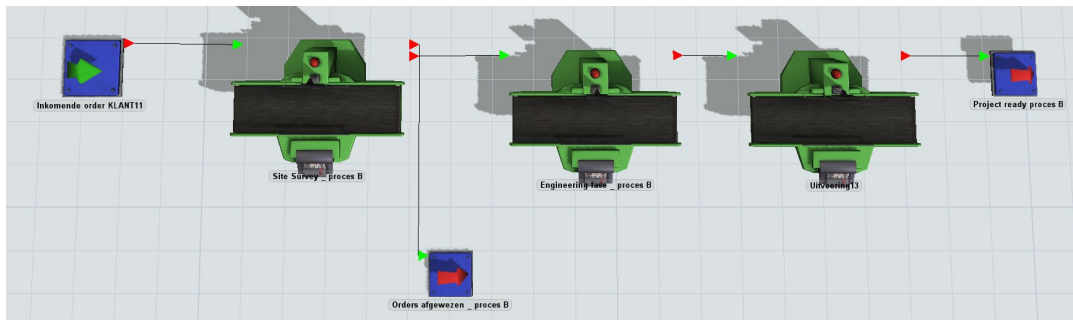
Figuur 7 FlexSim 2020 model huidige engineering fase



4.7.2 Gewijzigd proces

Nu de uitgangssituatie gemodelleerd is kan op basis van de ontwerpsuggesties een alternatief procesmodel gevormd worden voor de engineering fase (zie figuur 8). Daarbij worden alleen de ontwerpsuggesties uit paragraaf 4.1 gehanteerd: het afwijzen van orders die moeilijk uitvoerbaar zijn en het opsplitsen van de engineeringfase in kleinere, meer beheersbare stappen. Naast het invoegen van extra processtappen dienen de distributies van alle processtappen in dit gewijzigde proces overwogen te worden binnen FlexSim 2020.

Figuur 8 FlexSim 2020 model B, engineering fase incl ontwerpaanpassingen



Inkomende orders

Er is geen wijziging doorgevoerd op de distributie van de inkomende orders van de klant om de resultaten tussen de simulaties te kunnen vergelijken.

Site survey

De engineeringfase is gesplitst in de site survey (het bezoek aan de klantlocatie om de order variabelen vast te stellen) en de engineeringfase zelf. In paragraaf 2.3.3 is geconstateerd dat een daling van de doorlooptijd van de engineeringfase, direct terug te zien is in de totale levertijd. Voor de site survey is een normtijd van 4 dagen vastgesteld in het ontwerpvoorstel, waarbinnen een set-up tijd zit van 1 dag om de afspraak met de klant te maken en voorbereidende informatie uit de netwerk administratie systemen te halen. Op de doorlooptijd van de site survey binnen FlexSim 2020 is een lognormal distributie toegepast. Deze distributie is vastgesteld aan de hand van een 'fit'-analyse van de historische data. Niet alle site surveys zullen binnen de norm doorlooptijd uitgevoerd kunnen worden. Het zal blijven voorkomen dat klanten onbereikbaar zijn of er andere belemmeringen zijn.

Orderafwijzing

De veronderstelling is dat op het moment van de site survey vast te stellen is of een order redelijkerwijs binnen de standaard doorlooptijd van 12 weken uitvoerbaar is. Indien een pand of serverruimte nog niet gebouwd is of andere belemmeringen geconstateerd worden kan de order afgewezen worden. De aannemer kan in overleg treden met de klant om alsnog de order op een later moment in te leggen maar voor

deze simulatie wordt de order definitief afgewezen. Het feit dat deze orders mogelijk in een latere fase alsnog opnieuw ingelegd worden is niet meegenomen in de simulatie. Op basis van historische data en de aanname dat als de engineering fase langer dan 10 weken duurt, de order niet binnen de standaard doorlooptijd van 12 weken uitvoerbaar is, is vastgesteld dat 12,3% van de orders afgewezen zou moeten worden. Deze distributie is toegevoegd aan de site survey processtap in het model.

Engineeringfase

Bij de nieuwe engineeringfase veranderen twee zaken: de distributie van de doorlooptijd wordt anders als de 12,3% langste projecten worden uitgesloten. Daarnaast dient de periode die in het huidige proces gebruikt wordt om de site survey uit te voeren afgetrokken te worden van de totale doorlooptijd. De site survey stap is in het gewijzigde proces een aparte stap voor de engineering fase. De informatie over de doorlooptijd van de site survey in het actuele proces is niet eenduidig vastgelegd in de systemen van de aannemer wat een betrouwbare vaststelling onmogelijk maakt (en een bewijs is van de suggestie in paragraaf 4.4, de implementatie van een goed ondersteunend IT-systeem). Op basis van de data uit de systemen zou 90% van de doorlooptijd van de engineeringfase vóór de site survey liggen en slechts 10% erna. Die verhouding is weinig aannemelijk en lijkt het gevolg van administratieve onvolkomenheden in het proces. Daarom is de aanname in de simulatie dat de tijd van de resterende engineeringfase gehalveerd (-50%) wordt als gevolg van het uitsplitsen van de site survey.

In bijlage 2 is een dashboard toegevoegd met de resultaten van de simulatie van het gewijzigde productieproces.

4.7.3 Resultaten van de simulatie

De simulatie is uitgevoerd met een looptijd van ongeveer 2 jaar (730 dagen), dezelfde periode als waarvoor de productiedata gebruikt is in dit onderzoek (jaren 2018 en 2019). De resultaten van de simulaties van het actuele en het gewijzigd productieproces zijn vermeld in tabel 6.

Tabel 6 Resultaten simulatie

Simulatie engineering fase	Actueel proces			Gewijzigd proces			
	Engi-neering	Uit-voering	Totaal	Site survey	Engi-neering	Uit-voering	Totaal
Instream orders	537	505	537	534	456	392	534
Output	505	443	443	532	443	392	392
Afgewezen orders				76			76
Doorlooptijd (dagen)	39,0	82,3	121,3	3,9	16,0	84,2	104,1
Standaarddeviatie (dagen)	28,5	53,5	82,0	2,6	8,6	49,5	60,7
Max (dagen)	226,4	241,7		20,3	54,7	220,0	
Min (dagen)	7,3	0		1	1,7	0	
Gemiddelde werkvoorraad	29,6	56,9	86,5	2,8	9,6	48,2	60,2
Max	49	84		13	24	67	

Een eerste punt dat opvalt is het aantal afgewezen orders in het gewijzigd proces. In 2 jaar tijd zijn 76 orders afgewezen. Deze orders zijn in deze simulatie niet opnieuw ingelegd, wat wellicht wel zal gebeuren na overleg tussen klant en aannemer. Door dit effect is de output van het actuele proces 51 orders hoger.

Op het gebied van doorlooptijd is het gewijzigd proces de winnaar. De opgetelde doorlooptijd is significant lager dan in het actuele proces. Daarnaast is de standaarddeviatie significant lager, wat de variatie in het proces reduceert en de betrouwbaarheid ten goede komt. Tenslotte blijkt de gemiddelde werkvoorraad significant lager in het gewijzigde proces wat de efficiency en het werkkapitaal ten goede komt. Daarbij moet opgemerkt worden dat er geen rekening gehouden is met ontwerp aanpassingen in de uitvoeringsfase.

De conclusie is dat een deel van de maatregelen op deze wijze gekwantificeerd kan worden, een beantwoording van subvraag d. Het gewijzigde proces heeft duidelijke voordelen op het gebied van doorlooptijd, werkvoorraad en variatie in het proces. Het aantal afgewezen orders is echter fors, waar gerichte actie op gewenst is met de klant. De onderzoeksvraag van dit rapport wordt beantwoord, de doorlooptijd is gedaald en door de lagere standaarddeviatie in het proces zal de betrouwbaarheid stijgen. Voor deze laatste indicator zijn de ontwerp aanpassingen in paragraaf 4.2 voor het vaststellen van de juiste levertijd relevant.

5 Aanbevelingen en beperkingen

In dit hoofdstuk worden interventies in het productieproces bij de aannemer voorgesteld waarmee de aannemer in de praktijk de doorlooptijd en leverbetrouwbaarheid kan verbeteren en de ontwerpvrage beantwoord is. Tevens worden beperkingen ten aanzien van dit onderzoek genoemd.

5.1 Aanbevelingen

In hoofdstuk 4 is een zo volledig mogelijk overzicht van de diverse ontwerpinterventies behandeld. De aannemer kan deze iteratief doorvoeren met betrokkenheid van professionals. Het is niet verstandig deze allemaal tegelijk door te voeren, daarom bevelen we in deze paragraaf aan welke interventies eenvoudig opgepakt kunnen worden. De focus is op het begrijpen en verbeteren van de interventies waarbij de bruikbaarheid in de praktijk en daadwerkelijke effectiviteit succescriteria zijn (Aken, van & Andriessen, 2011).

De aannemer kan zonder vervolgonderzoek en zonder afhankelijkheid van de klant of andere partners in de supply chain een aantal interventies doorvoeren in haar productieproces. Zowel de engineeringfase als de uitvoeringsfase kan opgesplitst worden in kleinere meer beheersbare processtappen, waarbij de site survey door een gespecialiseerde monteur uitgevoerd wordt om een capaciteitsbottleneck binnen de engineering capaciteitsgroep te omzeilen. Deze stappen zullen leiden tot een beter beheersbare en kortere engineeringfase, een effect dat direct de levertijd van een project ten goede komt en bewezen is via een simulatie. Bovendien zal de tijdige beschikbaarheid van details van de ordervariabelen via algoritmen tot een meer accurate toewijzing van de levertijd per project leiden en zo de betrouwbaarheid verder verhogen.

De aannemer kan de actuele order-acceptatie-voorwaarden meer rigide gaan toepassen en op basis hiervan starten met het afwijzen van orders. De simulatie heeft aangetoond dat het aantal orders dat afgewezen zal worden fors kan zijn. Het gesprek dat hierover met de klant moet ontstaan kan aanleiding zijn om gezamenlijk verdere verbeteringen in de supply chain te bespreken. Zoals daar dus zijn, de verbeterde afspraken tussen klant en aannemer over orderacceptatie maar ook afspraken over levertijddifferentiatie.

Een integraal ondersteunend IT-systeem, zoals dat nu reeds bij een andere afdeling gehanteerd wordt - met interne KPI's op de afzonderlijke processtappen - ondersteunt de realtime planning en controle van het proces. Het systeem zal nauwkeurige procesinformatie kunnen leveren die tot snellere en meer nauwkeurige analyses kunnen leiden doe andere ontwerp-aanbevelingen kunnen versterken. De aannemer zal op korte termijn de configuratie van dit systeem in kunnen richten voor deze klant. Na enige tijd het systeem gebruikt te hebben is het raadzaam de procesanalyses in dit onderzoek te herhalen en het ontwerp fijn te slijpen. Het gebruik van doorstroomsnelheid als indicator van procesverbetering zal het effect van de verbeteringen laten zien, waarbij dit onderzoek als nulmeting kan dienen.

De inzichten van dit onderzoek ten aanzien van werkdruk kunnen ingezet worden in discussie in het cultuurprogramma dat reeds loopt bij de aannemer. Hoewel dit programma werkdruk als concept niet adresseert, staan de kernwaarden van de organisatie wel centraal. De leidinggevende van de afdeling kan starten met het creëren van een veilige omgeving waarin een gesprek tussen medewerker en leidinggevende over werkdruk vanzelfsprekend is.

5.2 Beperkingen

Dit onderzoek heeft een aantal beperkingen. Het verkoopproces en afspraken die in de verkoopfase fase door de klant met de eindklant gemaakt worden over levertijden is een onderdeel dat buiten beschouwing is gelaten. Uit de literatuur blijkt dat communicatie tussen verkoop en de productie-eenheid belangrijk is om de verwachtingen van de klant juist te stellen betreffende de levertijd. Dit is een mogelijkheid voor vervolgonderzoek, dat gezamenlijk met de klant uitgevoerd kan worden en zal ondersteunen bij mogelijke levertijddifferentiatie.

Vanuit reflectie op dit onderzoek dient gerealiseerd te worden dat het kwantitatieve deel van het onderzoek weliswaar uitgebreid is maar beperkingen kent. Er zijn diverse voorbeelden die getuigen van onvoldoende kwaliteit van de administratie en slechte vastlegging van het productieproces in het workflowmanagement systeem. Voorts is er selectiebias van de onderzoeker in het uitsluiten van waarnemingen met “significante” verschillen tussen de beide datasets (~5% van de waarnemingen), het selecteren van quotes uit de kwalitatieve interviews en het uitsluiten van variabelen uit de regressieanalyse. Tijdens de simulaties zijn verschillende aannames over de effecten van de ontwerp aanpassingen gedaan. Deze aannames zijn verklaard maar zijn subjectief.

Het kwalitatieve deel van het onderzoek is beperkt tot twee interviews. Hoewel de selectie van geïnterviewden met grote zorg is uitgevoerd, kan niet met zekerheid gesteld worden dat de geselecteerde respondenten representatief zijn voor het beleid en de gang van zaken bij de aannemer. Daarnaast wordt in dit onderzoek een perspectief op de totale supply chain geschetst, waarbij andere deelnemers dan de aannemer in de supply chain niet geraadpleegd zijn. De samenwerking met, interactie tussen en perspectieven van andere spelers in de supply chain kunnen interessante onderwerpen zijn voor vervolgonderzoek, vooral op het gebied van samenwerking in de keten.

Daarbij geldt dat het perspectief van de aannemer op de ETO supply chain niet zonder meer toegepast kan worden binnen de gehele Nederlandse industrie voor het graven van telecomnetwerken. Hoewel de grote spelers in de bouwbranche in Nederland homogeen lijken te zijn, zijn er lokaal nichespelers actief die wellicht een ander beleid of een geheel andere productiestrategie hanteren.

6 Referenties

- A, O. (2019). *De verbindende voorsprong*. <https://www.a.nl/telecom>
- ActiTIME. (2016). *Why Stress Is Not That Bad for Your Productivity at Work?* ActiTIME. <https://www.actitime.com/productivity/employee-productivity-at-work/>
- Aken, van, J., & Andriessen, D. (2011). *Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek: wetenschap met effect*. Boom Lemma.
- Autoriteit Consument & Markt. (2019). *Marktstudie naar de uitrol van glasvezel in Nederland*. 1–51.
- Autoriteit Consument & Markt. (2020). *Telecommonitor tweede halfjaar 2019*. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/telecommonitor-tweede-halfjaar-2019>
- B, K. (2019). *Performance Supply Chain klant B* (Vol. 11).
- Balaguer, C. (2017). BADGER: Robot for Autonomous Underground Trenchless Operations, Mapping and Navigation. *European Robotics Forum, March 2017*. https://www.badger-robotics.eu/system/files/presskit/badger_overview.pdf
- Benschop, N., Hilhorst, C. A. R., Nuijten, A. L. P., & Keil, M. (2020). Detection of early warning signals for overruns in IS projects: linguistic analysis of business case language. *European Journal of Information Systems*, 29(2), 190–202. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1742587>
- Clahsen, A., & Verbraeken, H. (2020). *Taco van Hoek: “We kunnen deze bouwcrisis beter doorkomen dan de vorige.”* Fd.Nl. <https://fd.nl/ondernemen/1340872/taco-van-hoek-we-kunnen-deze-bouwcrisis-beter-doorkomen-dan-de-vorige>
- Co, H. C., & Barro, F. (2009). Stakeholder theory and dynamics in supply chain collaboration. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(6), 591–611. <https://doi.org/10.1108/01443570910957573>
- Computable. (2020). *Zakelijke markt niet blij met KPN*. Computable. <https://www.computable.nl/artikel/nieuws/cloud-computing/6870910/250449/zakelijke-markt-niet-blij-met-kpn.html>
- Crownson, H. M. (2020). *Binary logistic regression A deeper dive into understanding and interpreting your results (SPSS)*. https://drive.google.com/open?id=1JP4oSflFxf0ZhIWC6Brthv_V5HMOQhE1
- Customer.guru. (2020). *Ziggo Net Promoter Score 2020 Benchmarks*. Customer.Guru. <https://customer.guru/net-promoter-score/ziggo>
- Dallasega, P., Rauch, E., & Frosolini, M. (2018). A Lean Approach for Real-Time Planning and Monitoring in Engineer-to-Order Construction Projects. *Buildings*, 8(3), 38. <https://doi.org/10.3390/buildings8030038>
- Dallasega, P., Rojas, R. A., Bruno, G., & Rauch, E. (2019). An agile scheduling and control approach in ETO construction supply chains. *Computers in Industry*, 112, 103122. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.08.003>
- Doodeman, M. (2020). *Waarom gezonde winsten onhaalbaar zijn voor grote bouwers als BAM, VolkerWessels en Heijmans* - Cobouw.nl. Cobouw.Nl. <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2020/02/waarom-gezonde-winsten-onhaalbaar-zijn-voor-grote-bouwers-als-bam-volkerwessels-en-heijmans-101282199>

- Field, A. (2017). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). Sage Publications Ltd, London.
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman.
- Gordon, V. S., Proth, J.-M., & Chu, C. (2002). Due date assignment and scheduling: Slk, TWK and other due date assignment models. *Production Planning & Control*, 13(2), 117–132. <https://doi.org/10.1080/09537280110069621>
- Gordon, V. S., & Strusevich, V. A. (2009). Single machine scheduling and due date assignment with positionally dependent processing times. *European Journal of Operational Research*, 198(1), 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.044>
- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *Intern. Journal of Production Economics*, 122, 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.07.002>
- Grabenstetter, D. H., & Usher, J. M. (2013). Determining job complexity in an engineer to order environment for due date estimation using a proposed framework. *International Journal of Production Research*, 51(19), 5728–5740. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.787169>
- Grabenstetter, D. H., & Usher, J. M. (2014). Developing due dates in an engineer-to-order engineering environment. *International Journal of Production Research*, 52:21, 6349–6361. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.940072>
- Hevner, A. R. (2007). A Three Cycle View of Design Science Research. In *Scandinavian Journal of Information Systems* (Vol. 19, Issues 2, Article 4).
- Konijnendijk, P. A. (1994). Coordinating marketing and manufacturing in ETO companies. *International Journal of Production Economics*, 37(1), 19–26. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0925-5273(94)90004-3)
- Langer, E. J. (1975). The Illusion of Control. In *Journal of Personality and Social Psychology* (Vol. 32, Issue 2).
- Law, A. M. (2009). How to build valid and credible simulation models. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 24–33.
- Little, D., Rollins, R., Peck, M., & Porter, J. K. (2010). Integrated planning and scheduling in the engineer-to-order sector. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 13:6, 545–554. <https://doi.org/10.1080/09511920050195977>
- Little, J. (2011). Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary. *Operations Research*, 59(3), 536–549. <https://doi.org/10.1287/opre.1110.0940>
- NLConnect. (2019). *Glasvezet in 2019: de 10 belangrijkste trends*. NL Connect. <https://www.nlconnect.org/glasvezet-in-2019-de-10-belangrijkste-trends/>
- Nyberg, A. (2009). The Impact of Managerial Leadership on stress and health among employees. In *Department of Public Health Sciences*. Karolinska Institutet.
- Oguz, C., Sibel Salman, F., & Bilgintürk Yalçın, Z. (2010). Order acceptance and scheduling decisions in make-to-order systems. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 200–211. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.02.002>
- Olhager, J. (2010). The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management. *Computers in Industry*, 16, 863–868.
- Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T. R., & Feinstein, A. R. (1996). A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *Journal of*

- Clinical Epidemiology*, 49(12), 1373–1379. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(96\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(96)00236-3)
- Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T. (2018). Complexity reduction in engineer-to-order industry through real-time capable production planning and control. *Production Engineering*, 12(3–4), 341–352. <https://doi.org/10.1007/s11740-018-0809-0>
- Robertson, I. (2016). *The Stress Test: How Pressure Can Make You Stronger and Sharper*. Bloomsbury Publishing.
- Seppälä, E., & Cameron, K. (2015). *Proof That Positive Work Cultures Are More Productive*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2015/12/proof-that-positive-work-cultures-are-more-productive>
- Soosay, C. A., & Hyland, P. (2015). A decade of supply chain collaboration and directions for future research. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(6), 613–630. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2015-0217>
- Tissink, A. (2020). *Zelfs de eredivisie van het bouwmaterieel gaat elektrisch - Cobouw.nl*. Cobouw.Nl. <https://www.cobouw.nl/infra/nieuws/2020/02/zelfs-de-eredivisie-van-het-bouwmaterieel-gaat-elektrisch-101281914>
- van der Sprong, R. (2020). *Adviesrapport aannamer A - klant B*.
- Wieringa, R. (2016). *Design Science Research Methods*. <https://wwwhome.ewi.utwente.nl/~roelw/DSM90minutes.pdf>

7 Bijlagen

7.1 Bijlage 1 Belangrijke quotes interviews, geclusterd per thema

Proces en verbetermanagement

- q1. SME-1: [00:00:04] Er zat geen processtructuur in, er werd gemaakt wat op tafel kwam en de rest niet. Er werd geen prioriteitstelling gedaan op orders op basis van hetgeen wat gedaan moest worden. [00:00:16]
- q2. SME-2: [00:00:35] als je binnen die club binnenkomt, dat je gewoon ziet dat er chaos is. De chaos heerst. Als je aan mensen vraagt laat eens even een planning zien dat je dan ziet dat ze dat moeilijk naar voren kunnen toveren. Er komt een Excel naar voren en dan proberen ze alles in Excel bij te houden, terwijl ze ook nog andere systemen hebben. Je moet ook in meerdere systemen samen dingen gaan verwerken [van de opdrachtgever]. Daardoor ontstaat een stukje chaos. Dat is wel wat ik merk. [00:01:00]
- q3. SME-2: [00:05:27] ons processen worden altijd op maat gemaakt, dus [00:05:30] in die hoedanigheid zijn we daar wel bezig. voor het “klant B” proces is die uitgewerkt. Het is alleen de vraag, is die bij iedereen bekend en leeft iedereen daarnaar? [00:05:41]
- q4. *Interviewer: [00:03:30]Is 10 dagen een reële termijn om tot ER te komen? [00:03:36]*
SME-1: [00:03:38]Is het niet, maar het is ook geen kpi. [00:03:41]
- q5. SME-1: [00:04:22] Al is het natuurlijk wel zo, hoe meer je stuurt om je site survey in die 10 dagen te doen, hoe meer tijd je bespaart op de rest van je bouwlijn. Dus [00:04:30] ik hanteer hem alsof het een kpi is, maar ik vind het niet erg als er een paar rooie in deze processtap zitten. [00:04:36]
- q6. SME-1: [00:07:17]. Wat is de basis van het hele verhaal? Dat is planning. [00:07:19]
- q7. SME-1: [00:09:37] Op plannen. Hier zie je een systeem wat ik opgezet en daar heb ik Hassam coördinator gemaakt van de uitvoering. Wat heeft hij voor doelstelling gekregen van mij. Hij heeft van mij de doelstelling gekregen ten alle tijde drie weken vooruit alles met capaciteit te borgen. [00:09:51]
- q8. SME-1: [00:18:06] Maar ze worden gedwongen om bepaalde zaken ook daadwerkelijk te gaan doen. En ze kunnen niet meer doen wat ze leuk vinden? Mensen moeten daaraan wennen [00:18:12]
- q9. SME-2: [00:11:45] Je hebt standaardisatie in verschillende niveaus. Kijk, in de basis kan je redelijk een standaardisatie toepassen alleen waar je mee te maken, elke opdrachtgever heeft eigen systemen, heeft de eigen doorlooptijden, heeft eigen normtijden.
- q10. SME-1: [00:16:15]Onvoldoende verbeterssystematiek ingericht met de klant. [00:16:55] Want nu wordt alles bij ons neergeknald, zijnde onze schuld. Maar ik heb laatst alle 100 issues doorgenomen en 70 daarvan waren dat de server ruimte niet gereed was bij de klant. allemaal leuk en aardig, maar dan had die order niet bij mij ingeschoten moeten worden. [00:17:08]
- q11. SME-1: [00:22:43] De inzichten waren ook niet om dit te kunnen doen. Nu heb je inzicht. [00:22:47]
- q12. SME-1: [00:22:58] met andere woorden er is 100% transparantie in het hele proces? [00:23:02]
- q13. SME-2: [00:20:48]Dat klopt, die bottleneck [gestuurde boring] is er, er is gewoon te weinig capaciteit bij de boorders om boor profielen te maken en dat soort zaken

- waardoor je een vertraging oploopt [00:20:56] [00:21:13] dat er weinig engineers zijn. Goede engineers die dit soort dingen zouden kunnen oppakken zijn schaars. [00:21:17]
- q14. SME-2: [00:19:13] je er [projectleiders] opgeleid worden en begeleid moet worden door de project manager ... onvoldoende aan toe komt om die mensen te coachen. [00:19:34]
- q15. *Interviewer: [00:12:40] hoe is verbetermanagement georganiseerd binnen de aannemer A? [00:12:45]* SME-2: [00:12:46] Wordt nu opgepakt het stond in de kinderschoenen. Je ziet ook dat steeds meer bedrijven er ook om vragen. Vandaar [00:12:56]

Cultuur

- q16. *Interviewer: Hoe kan het dat er tien orders per week binnenkomen? De leverbetrouwbaarheid hoger is dan als er maar vijf orders binnenkomen. [00:23:25]* SME-2: Dat ontstaat omdat de mensen bij ons het fijnste werken onder druk en daardoor ook juist meer specifiek opletten wat er allemaal moet gebeuren en daardoor ook meer actiever bezig zijn met hetgeen waar ze mee moeten bezig zijn. Daar komt het vandaan. *Dus is een psychologisch effect? Ja. Zou je dan niet met minder mensen moeten gaan werken?* [00:24:12] Als het rustig is, zou je met minder mensen moeten werken. [00:24:13]
- q17. SME-2: [00:25:58] Er zit een hoop mensen bij die denken ik werk van zo laat tot zo laat. Als ik mijn geld binnenkrijgt, vind ik het goed. ... nu een mix dat heel veel waterdragers hebben en niet de mensen die dingen omarmen, die zeggen ik wil het tot een succes maken... en ik denk dat sommige mensen ook in het gedrag zijn geduwd door hoe ze behandeld zijn [00:26:37]
- q18. *Interviewer: [00:14:39] Weet jij of het wel eens voorgekomen is dat een order niet geaccepteerd is? Binnen het klant B cluster [00:14:48].* SME-2: [00:14:48] Ik denk het nog nooit. Binnen heel aannemer A niet. [00:14:56]
- q19. SME-2: [00:22:26] strategie is vooral flexibel, je wil niet de goedkoopste zijn... maar eigenlijk wel de betrouwbaarste. Als het bij aannemer A wordt neergelegd gaan we het doen. Gaan we het fixen. We kunnen ook nooit de goedkoopste zijn. [00:22:44]
- q20. SME-2: [00:16:06] het is denk ik van ons een kernwaarden van ons dat wij flexibel zijn en dat we alles altijd proberen om het probleem van de klant op te lossen. [00:16:12]

Prestatieindicatoren

- q21. SME-1: [00:35:58] De indicator die ik het belangrijkste vind is het halen van mijn productie. [00:35:59] SME-1: [00:36:12] belangrijke doelstelling is om 22 orders in de week te maken. [00:36:17]
- q22. SME-2: [00:02:06] Als de opdrachtgever dus in dat geval rustig is en stil blijft dan denk je het gaat goed en als er inderdaad heel vaak aan de bel getrokken wordt, en daar zie je natuurlijk wel verschillen. [00:02:16]
- q23. *Interviewer [00:04:09] En geef jullie die mensen targets of doelstellingen op basis van enkel financiën? Of krijgen zij ook operationele doelstellingen? [00:04:18]* SME-2 [00:04:19] Financiën alleen. Dus klanttevredenheid en betrouwbaarheid, dat zijn geen indicatoren, waar de mensen op gestuurd worden. Niet vanuit het management vandaan. ze worden er alleen op gestuurd op het moment dat het niet op orde is. [00:04:36]

- q24. SME-2: [00:04:54]Maar zijn we wel mee bezig om dat wel op te pakken. Laat dat wel helder zijn. [00:04:58]We weten dat we niet alleen maar financieel willen sturen. Alleen wat we natuurlijk net al zeiden we hebben het systeem niet om de juiste gegevens eruit te kunnen halen om dat andere stuk ook te kunnen sturen.
- q25. SME-2: [00:12:00] heeft eigen alles wat ermee te maken heeft heeft hij [de klant] ook weer eigen soorten KPI's waar hij op stuurt, want de ene vind de leverbetrouwbaarheid wel belangrijk en de ander vind het veel belangrijker dat de klant goed behandeld wordt. En als het dan uiteindelijk de leden betrouwbaarheid in plaats van euh 12 weken 18 weken wordt maar de klant tevreden? [00:12:31]
- q26. SME-2: [00:06:55]Norm tijden zijn er, alleen op de norm tijden wordt nu weinig gestuurd en [00:07:00] dat is inderdaad maar dan kom je weer op hetzelfde verhaal dat je niet het systeem hebt waar je die norm tijden goed kunt vastleggen, waardoor je dus daar ook op kan sturen [00:07:08]

Systemen / administratie

- q27. SME-1: [00:06:05] die twee [2 uitgevallen orders] zijn gewoon een stukje administratie [wat niet goed ingevuld is], want dit is natuurlijk wel een methodiek die ik gebruik om dit te kunnen doen die is helemaal gebaseerd op het feit dat deze is datagestuurd. PDCA dus administratie is heel erg belangrijk. Deze [00:06:20]
- q28. SME-1: [00:11:26] Ik laat Hassan drie weken vooruit, ten alle tijden de capaciteit bovenop op de order [00:11:30] dat je eigenlijk alle tijde stuurt op de desbetreffende orders die ook moeten komen en niet op het einde wat je denkt te kunnen gaan, maar dat je een order in week 22 staat die helemaal niet relevant is. Want daarmee mis je een andere orde, die wel relevant is. [00:11:45]
- q29. SME-1: [00:17:27] en ik heb er gewoon een dashboard overheen gebouwd [00:17:28]
- q30. SME-1: [00:17:48] Het zijn niet de eigen excelletjes die ze allemaal bij euh houden. [00:17:52]
- q31. [00:07:31] Je hebt wel de juiste systemen nodig.
- q32. SME-2: [00:22:06] En als we ICT technisch die dingen kunnen bieden, dan willen we ook naar die zaken toe gaan pakken om dit verder te gaan automatiseren, te gaan volgen, te gaan monitoren. Dat er dashboard daarbij komen. Daar zijn we inderdaad wel druk mee bezig. [00:22:25]

Orderacceptatie

- q33. SME-1: [00:25:15]Dat een order die niet clean is mag alleen maar niet clean bestempeld worden als hij niet juist ingevuld is, maar de inhoud maakt niet uit. Dus met andere woorden als hun zeggen het is of net in Amsterdam en Het is eigenlijk een onnet in Utrecht, is hij toch clean volgens het contract? [00:25:31]
- q34. SME-1: [00:36:52] Is de aannemerscapaciteit nog een bottleneck? Geen probleem [00:36:56]
- q35. *Interviewer: [00:09:22]Stel je gaat kijken en de serverruimte is nog niet klaar. Vind je dan dat die order geaccepteerd moet worden?* [00:09:29] SME-2: [00:09:34] Ja, in de basis kan je natuurlijk jouw werkzaamheden afronden. Het is dan die klanten zijn probleem dat die serverruimte niet af is. Dus niet klant B's probleem , maar de eindklant eindklant wil een bepaalde datum hebben. [00:09:46]
- q36. SME-2: [00:16:39]Als pand nog niet gebouwd is, dan zou ik hem niet accepteren. [00:16:43]

- q37. SME-2: [00:10:32] In basis moet je hem [de order] wel accepteren, alleen je moet die KPI's kunnen aanpassen waardoor je kan zorgen dat je niet binnen de twaalf weken, maar dat het 24 wordt of 48, afhankelijk van wanneer die serviceruimte klaar is. [00:10:43]
- q38. *Interviewer:* [00:10:44] *Wat gaat er mis als je de order niet accepteert?* [00:10:46] SME-2: [00:10:47] Stel dat je hem teruggelegd dan heb je kans dat je werkvoorraad kwijt raakt dat ze hem misschien wel bij iemand anders neerleggen? [00:10:52]

Site survey

- q39. SME-1: [00:14:57] het aan stellen van dedicated site survey mensen [00:15:00] al een grote stap is. [00:15:03]
- q40. SME-2: [00:08:06] Site survey is voor binnen wel nodig omdat je binnen moet weten waar kom je uit? wat voor ruimtes. Welke ruimtes moet je allemaal door? Wat zijn daar de specifieke gebouwen-gebonden zaken waar je rekening mee moet houden? Hoeveel plafonds moet ik openmaken? Wat voor soort plafond zitten er? Daar zitten de grootste kosten in. Buiten kan je negen van de tien keer als je daar de Google Earth plaatjes en dingen hebt, kan je al bijna voor negen van de tien keer alles uithalen. Je hebt natuurlijk al je Klik informatie die buiten euh van toepassing is. Dus de buitenschouw is in mijn ogen bijna niet nodig. Tenminste, je moet hem wel doen, maar dat kan je op desktop doen.

Leverdatum

- q41. SME-1: [00:12:18] de grootste verandering die ik heb laten plaatsvinden. Is het vooruit plannen van orders op leverbetrouwbaarheid en [00:12:24]
- q42. SME-1: [00:12:48] En die geeft het [RFO] ten alle tijden af op de bouwlijn. [00:12:50]
- q43. *Interviewer:* [00:12:52] *Daarmee bedoel je dat hij de standaard norm tijden aanhoudt en dat Hassan verantwoordelijk is om voldoende capaciteit te regelen .* [00:13:02]
SME-1: En dat de engineering verplicht is om twee weken voor RFO een start uitvoering op te leveren. Dat is een KPI in mijn bouwlijn. [00:13:07]

Samenwerking in de supply chain

- q44. SME-1: [00:24:18] ik kan zien hoe Marnix zijn KPI's zelf manipuleert en ik kan zien dat bepaalde KPI's niet haalbaar zijn en ik toon aan dat de bonus niet haalbaar zijn. Ik kan ook aantonen dat ze nu te weinig instroom geven [00:24:30] en een bepaalde impact hebben op mijn proces. [00:24:32]
- q45. SME-1: [00:24:43] is er een stukje flexibiliteit is nu weg, [00:24:44]
- q46. SME-1: [00:26:33] Ze hebben wel een korting afgedwongen omdat wij onze KPI's niet gehaald hebben. Bij [00:26:36]
- q47. SME-1: [00:26:54] het is niet de doelstelling is om het proces te verbeteren, maar het is een strafmaatregel. [00:26:58]
- q48. SME-1: [00:27:27] En als het maar van één kant komt om de prijs te drukken. [00:27:29]
- q49. SME-2: [00:17:19] Dan moet je een mix in zien te vinden met klant B. Wie zegt hé, tot op dit moment loopt onze KPI en op dat moment kunnen we hem bevroren met mekaar totdat die daar op dat punt is en dan gaan we weer oppakken. En als je dat goed kunt afspreken en ook aan kunt tonen waardoor dat komt en dat je dat ook afgesproken hebt met de klant. Dat de klant zegt ik ben tevreden, kijk dan eens goed. [00:17:37]
- q50. SME-1: [00:28:36] het gaat erom dat het hele contract, niet opgezet is op continue verbeteren en in de keten als partners samen een prestatie neer te zetten. Dit contract

is opgezet om zoveel mogelijk eigenlijk weg te kunnen halen bij de aannemer. Als jij bijvoorbeeld de regel maakt dat het niet uitmaakt de KPI van klant B is clean order, maar [00:29:00] het maakt niet uit of de order daadwerkelijk inhoudelijk clean is, dan heb je er slim over nagedacht. [00:29:05]

q51. *Interviewer: [00:17:41] Dat is iedereen die dat samenspel met de keten. Denk jij dat er een bottleneck in de uitvoering zit, in de graafploegen? [00:18:01] Dat is geen probleem. ... Zit hem wel in van hoe zorg je dat je de mensen optimaal inzet? En hoe zorg je dat de juiste mensen op de juiste plek zitten? En laat je ze ook niet te ver rijden? Waardoor ze misschien meer opdrachten op een dag kunnen doen of waardoor ze efficiënter worden? [00:18:26]*

q52. *SME-1: [00:37:12] Wij zijn er niet voor de werkvoorziening, geven geen garanties. En heel simpel is er geen werk. Dan heb ik geen werk voor je. [00:37:19]*

7.2 Bijlage 2 Dashboard simulatie huidig en gewijzigd proces

