

University of Groningen

## Worker flexibility in dual resource constrained (DRC) shops

Yue, Hong

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2005

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Yue, H. (2005). *Worker flexibility in dual resource constrained (DRC) shops*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## Samenvatting

Dit proefschrift betreft de arbeidsflexibiliteit van werknemers in een 'Dual Resource Constraint' (DRC) omgeving. In een dergelijke werkomgeving zijn er meer machines of werkstations dan mensen. Dit betekent dat mensen, gemiddeld genomen, meer werkstations moeten kunnen bedienen. In de introductie van dit proefschrift worden een drietal types DRC systemen onderscheiden:

1. Het parallel productiesysteem. Binnen dit systeem is de taakafhankelijkheid minimaal. Taken komen onafhankelijk van elkaar binnen en kunnen steeds door één werknemer op één type machine, of workstation, uitgevoerd worden. Buffers hebben een onbeperkte ruimte.
2. Het job-shop systeem. Binnen het job-shop systeem is sprake van onafhankelijke jobs die elk hun eigen routing hebben. Buffers in het systeem vormen geen beperking. In dit systeem is er enige taakafhankelijk vanwege de aanwezigheid van routings.
3. De DRC-assemblagelijijn. In deze situatie ondergaat elk product dezelfde productievogorde. Tussen de stations is er een beperkte bufferruimte. In dit productietype is er sprake van een aanzienlijke taakafhankelijkheid.

DRC-onderzoek is tot dusver vooral in job-shop-achtige omgevingen uitgevoerd. Dit proefschrift kijkt vooral naar keuzes met betrekking tot de arbeidsflexibiliteit in een parallel productiesysteem en in een DRC-assemblagelijijn. Dit zijn twee uitersten in termen van taakafhankelijkheid. Het is theoretisch en praktisch relevant om te onderzoeken hoe arbeidsflexibiliteit een andere invulling moet krijgen in verschillende omgevingen.

In dit proefschrift wordt het effect van een aantal factoren bestudeerd: (i) de mate van multifunctionaliteit, (ii) de mate waarin capaciteiten van werknemers overlappend zijn, (iii) de aanwezigheid van verschillen tussen werknemers met betrekking tot de leersnelheid en het te realiseren efficiëntieniveau, (iv) de gekozen toewijzingsregels en (v) de verhouding mensen/stations. Tabel 1 geeft aan welke factoren in welke situatie bekeken worden.

De mate van multifunctionaliteit en de mate van overlap van kwaliteiten spelen zowel in het parallel productiesysteem als in de DRC-assemblagelijijn een belangrijke rol. De mate van multifunctionaliteit geeft aan hoeveel verschillende machines/stations een werknemer kan bedienen. De mate van overlap van kwalificaties (ofwel chaining) geeft aan hoe werknemers met elkaar verbonden zijn door gemeenschappelijke kwalificaties. Tabellen 2a en 2b geven een

## Samenvatting

voorbeeld. Alle werknemers hebben een multifunctionaliteit van 3; d.w.z. ze kunnen elk drie typen stations bedienen. In de situatie van Tabel 2a zijn de werknemers verdeeld in twee groepen: er zijn twee “chains”. In geval van Tabel 2b is de verdeling van kwalificaties zodanig dat er één “chain” is. Alle werknemers zijn met elkaar verbonden: een zwaarbelaste werknemer kan altijd, door werklastverschuivingen, ontlast worden door een minder zwaarbelaste werknemer. In geval van Tabel 2a kan het voorkomen dat er (tijdelijk) een zwaar en een minder zwaar belaste groep werknemers is. Tabel 2b geeft een situatie weer met beperkte overlap. Naarmate de multifunctionaliteit van werknemers groter is, kan ook een grotere mate van overlap gerealiseerd worden (denk b.v. aan de situatie dat iedereen alles kan).

Tabel 1. Factoren die in de studie meegenomen worden.

	Paralleel productiesysteem	DRC-assemblagelijijn
<b>Mate van multifunctionaliteit</b>	X	X
Mate van overlap van kwaliteiten	X	X
Verschillen tussen werknemers m.b.t. leersnelheid en het te realiseren efficiëntieniveau	X	
Toewijzingsregels		X
Verhouding mensen/stations		X

Tabellen 2a en 2b: kwalificaties van werknemers.

werker\station	1	2	3	4	5	6
A	x	x	x			
B	x	x	x			
C				x	x	x
D				x	x	x

(a) multifunctionaliteit=3, twee chains

werker\station	1	2	3	4	5	6
A	x	x	x			
B		x	x	x		
C				x	x	x
D	x				x	x

(b) multifunctionaliteit=3, één chain, met beperkte overlap

Vanwege het relatief kortcyclisch werk in DRC-assemblagelijnen, zal de derde factor ‘verschillen tussen werknemers m.b.t. leersnelheid en het te realiseren efficiëntieniveau’ nauwelijks een rol spelen. Mensen zijn snel uitgeleerd en realiseren, binnen een beperkte spreiding, de gevraagde normtijden. Toewijzingsregels worden enkel binnen de DRC-assemblagelijijn bestudeerd. Deze regels, die aangeven naar welk station iemand gaat nadat hij/zij gereed is met een taak, zijn vooral van belang in een omgeving met een grote

taakafhankelijkheid. Met toewijzingsregels kan de stroom van producten beheerst worden. De verhouding mensen/stations is een factor die ook enkel in de DRC-assemblagelijijn wordt meegenomen. De reden hiervoor is dat deze verhouding binnen een DRC-assemblagelijijn aanzienlijk kan variëren. Bedrijven kiezen voor een DRC-assemblagelijijn vanwege het feit dat het productievolume in een dergelijk systeem eenvoudig te regelen is door het toevoegen of verwijderen van personeel aan de lijn. Het is denkbaar dat ook dit consequenties heeft voor de manier waarop invulling gegeven wordt aan de arbeidsflexibiliteit.

In het eerste deel van het proefschrift wordt gekeken naar een parallel productiesysteem waarin geen dominante stroom van producten aanwezig is. In het tweede deel staat de DRC-assemblagelijijn centraal. Hierbij volgen de producten een vaste route en moeten ze alle stations aandoen. In de conclusies van het proefschrift wordt ingegaan op de verschillen tussen de twee situaties m.b.t. de gewenste inrichting van de arbeidsflexibiliteit.

### **Deel 1. Arbeidsflexibiliteit in een parallel productiesysteem.**

Dit deel van het onderzoek begint met een literatuuronderzoek. Diverse gerelateerde onderzoeken baseren zich op het klassieke model van Nelson welke een generieke beschrijving van een DRC job shop beoogt te zijn. De karakteristieken van dit model worden in dit proefschrift beschreven en bediscussieerd. De nadruk wordt gelegd op het gemis van de factor mens als lerend element in een DRC systeem. In geval van een veranderende omgeving (nieuwe producten), zal het element 'leren en vergeten' een belangrijke rol kunnen spelen in de performance van een DRC-systeem. Op basis van deze overweging, is het model van Nelson in dit deel van het proefschrift uitgebreid met drie elementen: (i) de mate waarin verandering optreedt in de omgeving, (ii) de aanwezigheid van leren en vergeten en (iii) de aanwezigheid van verschillen tussen de werknemers in snelheid van leren en vergeten. Met deze drie additionele elementen kan een beter en realistischer inzicht verkregen worden in de betekenis van arbeidsflexibiliteit in veranderende situaties. In het literatuuronderzoek wordt voorts een overzicht gegeven van studies naar het effect van de mate van multifunctionaliteit van mensen en de mate van overlappende kwalificaties (ofwel: chaining). Deze studies laten zien dat zowel een zekere mate van multifunctionaliteit als de aanwezigheid van chaining belangrijk zijn voor de performance van een DRC-systeem. De effectiviteit van deze belangrijke flexibiliteitsfactoren in een dynamische omgeving, waarin leren en vergeten een rol speelt, is echter niet of nauwelijks onderzocht.

Naar aanleiding van het literatuuronderzoek, zijn een aantal onderzoeksvragen geformuleerd. De eerste vraag (vraag 1) betreft het functioneren van een parallel productiesysteem dat te maken heeft met een dynamische omgeving. De vraag is wat de invloed is van de additionele factoren die toegevoegd zijn aan het model van Nelson. Het doel van deze eerste vraag is om inzicht te krijgen in de performance range van variaties in deze parameters. Dit vormt een referentie bij het kunnen begrijpen van de resultaten van de volgende onderzoeksvragen. Deze vragen betreffen de effectiviteit van multifunctionaliteit (vraag 2) en chaining (vraag 3) in een parallel productiesysteem met een dynamische omgeving.

Voor het beantwoorden van de vragen is gekozen voor het gebruik van computersimulatie. Dit is de meest geëigende methodologie voor de bestudering van DRC-systemen. De complexiteit van DRC-systemen is niet te hanteren in analytische, wachtrijmodellen.

Uit het simulatieonderzoek voor vraag 1, blijkt dat omgevingsdynamiek (ofwel: frequent nieuwe producten) een negatieve invloed heeft op de gemiddelde doorlooptijden van productieorders en werknemers zwaarder belast, gegeven een vaste stroom van productieorders. Met andere woorden, des te dynamischer de omgeving van een DRC-systeem, des te drukker de werknemers het hebben en des te langer de gemiddelde doorlooptijden. Het simulatieonderzoek laat ook zien dat naarmate de omgevingsdynamiek toeneemt, de maximale werklast die het systeem aankan (d.i. de omvang van de stroom van orders) afneemt. Tot slot laat het onderzoek zien dat werknemers die snel leren beter functioneren in een hoog dynamische omgeving. In een meer stabiele omgeving zullen werknemers die langzaam leren beter functioneren. Deze laatste resultaten worden veroorzaakt door de aanname dat operators die snel leren ook snel vergeten, en bovendien een lager uiteindelijk efficiëntieniveau kunnen realiseren. Deze aanname is gebaseerd op empirisch onderzoek van Nembard en Uzumeri (2000). Hoewel verder empirisch onderzoek naar het leren en vergeten gewenst is, kan gesteld worden dat leer- en vergeetsnelheid factoren van betekenis kunnen zijn in de selectie van werknemers. In het algemeen kan, naar aanleiding van het simulatieonderzoek voor vraag 1, gezegd worden dat bedrijven rekening moeten houden met capaciteits- en personele effecten in geval hun omgeving dynamischer of meer stabiel wordt.

Het simulatieonderzoek naar onderzoeksvraag 2, de relatie tussen multifunctionaliteit en omgevingsdynamiek, laat zien dat een optimaal niveau van multifunctionaliteit af zal hangen van de mate van omgevingsdynamiek. Het is,

in een situatie waarin leren en vergeten aanwezig is, niet meer zo dat de performance van een systeem enkel stijgt bij toenemende multifunctionaliteit. Te hoge multifunctionaliteit zal ertoe leiden dat er teveel gewisseld wordt en dat te weinig gebruik gemaakt wordt van leereffecten.

Met betrekking tot onderzoeksvraag 3, de effectiviteit van chaining (overlappende kwalificaties), is het resultaat dat een lange keten altijd beter is dan korte ketens. Een keten geeft aan hoeveel mensen met elkaar verbonden zijn middels overlappende kwalificaties. Langere ketens maken het mogelijk dat in meer situaties werk overgeheveld kan worden van zwaarbelaste naar minder zwaarbelaste werknemers. Het relatieve voordeel van lange ketens (t.o.v. korte ketens) is afhankelijk van de mate van omgevingsdynamiek. Een langere keten heeft relatief meer voordeel in een tamelijk hoog dynamische omgeving én een tamelijk laag dynamische omgeving. Dit heeft te maken met het feit dat in beide omgevingen het leer- en vergeeteffect een beperkte rol speelt. In het gebied waar leren en vergeten wel voortdurend een rol speelt, d.i. in een situatie waar regelmatig (maar niet voortdurend) nieuwe producten geïntroduceerd worden, zal chaining relatief minder gunstig zijn doordat het kan leiden tot minder specialisme (ofwel efficiencywinst) per werknemer. Chaining zorgt ervoor dat de werkdruk eerlijker verdeeld wordt. Dit gaat echter ten koste van het leereffect dat optreedt als mensen blijven zitten waar ze zitten, ook al is er elders werk. Samengevat kan gezegd worden dat chaining altijd gunstig is in parallel productiesysteem, maar dat de gunstigheid ervan minder groot is naarmate chaining leidt tot minder specialisatie van werknemers.

### **Deel 2. Arbeidsflexibiliteit in een DRC assemblagelijijn.**

Dit deel van het onderzoek is gebaseerd op de situatie in een Nederlands productiebedrijf (Kalk 2005, Van den Brink 2005). De situatie heeft een tamelijk generiek karakter en diverse bedrijven zullen hun assemblagesituatie kunnen relateren aan de situatie van het Nederlandse productiebedrijf. Dit deel van het onderzoek richt zich op een assemblagelijijn met meer stations dan medewerkers, waarbij elk station slechts één assemblagetafel bevat, en waarbij er kleine buffers (met ruimte voor één product) tussen de stations/tafels bestaan. In een dergelijke assemblagelijijn zijn de taken, in tegenstelling tot de situatie in deel 1, sterk met elkaar verbonden: er zijn geen resource-duplicaties en kleine buffers. In voorgaand onderzoek over arbeidsflexibiliteit in assemblagesystemen gaat men veelal uit van minder sterk gerelateerde assemblagetaken; er is meestal sprake van resource-duplicaties en aanzienlijke buffers. Uit deze onderzoeken

komt naar voren dat een toename van overlappende capaciteiten (ofwel chaining) en multifunctionaliteit altijd gunstig is voor de performance. Het is de vraag of deze conclusie ook geldig is voor een assemblagelijijn waarin de interdependentie van taken groot is. Dit is het onderwerp van onderzoek in dit deel van het proefschrift. In het onderzoek worden vier elementen van arbeidsflexibiliteit bestudeerd: de mate van multifunctionaliteit, de mate en omvang van overlappende capaciteiten (overlap en lengte van chains), arbeidstoewijzingsregels en de verhouding werknemers/stations.

Simulatieonderzoek laat zien dat in een assemblagesituatie met een hoge taakinterdependentie, multifunctionaliteit en chaining ook negatieve effecten kunnen oproepen, zoals leegloop bij werknemers door (i) de afwezigheid van producten, (ii) blokkering doordat vervolgstations bezet zijn, en (iii) blokkering doordat andere werknemers stations innemen die zij ook kunnen bedienen. Uit het simulatieonderzoek blijkt dat in een dergelijke assemblagelijijn een laag niveau van multifunctionaliteit genoeg is voor het realiseren van alle voordelen die met totale multifunctionaliteit gerealiseerd kunnen worden. Verder blijkt dat lange chains, d.i. meerdere werknemers zijn met elkaar verbonden door overlappende taken, vooral belangrijk is als de overlap gering is. Indien de overlap groot is, zijn korte chains aan te bevelen. E.e.a. heeft te maken met het feit dat overlappende kwalificaties ertoe kunnen leiden dat mensen elkaar in de weg gaan zitten; werknemers kunnen elkaar in de weg zitten, terwijl ze hun eigen taken niet goed (d.i. tijdig) doen. Uit het simulatieonderzoek blijkt voorts dat het aantal transfers (een transfer geeft aan dat een werknemer 'verhuist' naar een ander station) groter is naarmate chains langer zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat in geval van lange chains de werknemers tijdelijk onevenwichtiger over de lijn verdeeld kunnen zijn, wat vervolgens transfers noodzaakt. Aangezien transfers in de praktijk tijd nemen, wat overigens niet is meegenomen in dit onderzoek, zal een lange chain in praktijksituaties gepaard gaan met een lagere efficiëntie van de lijn.

Ook het onderhanden werk is gerelateerd aan de performance van een assemblagesysteem. Door het kiezen van arbeidstoewijzingsregels (b.v. 'als je klaar bent met een station, kijk dan eerst of je ingezet kan worden op stations die erna/ervoor komen') kan het onderhanden werk sterk beïnvloed worden. Het blijkt dat een arbeidstoewijzingsregel die leidt tot een relatief hoog onderhanden werk, leidt tot een betere performance, i.e. output van het systeem. Met een hoog onderhanden werk is er minder leegloop vanwege afwezigheid van werk. De hoeveelheid onderhanden werk wordt uiteraard beperkt door het aantal stations en buffers.

Uit het simulatieonderzoek blijkt tenslotte dat de performance van het systeem slechter wordt als de verhouding werknemers/stations groter wordt. Er ontstaat dan meer balanceringsverlies door de fluctuaties in de bewerkingstijden (binnen een uniforme verdeling). De invloed van de toewijzingsregels wordt ook kleiner in geval van een grote verhouding werknemers/stations. Naarmate er meer werknemers op een lijn zitten, zijn de toewijzingsmogelijkheden beperkter.

### **Tot slot**

De resultaten van dit proefschrift nuanceren het beeld dat multifunctionaliteit en chaining altijd bijdragen aan een betere performance van een productiesysteem. De aanwezigheid van dynamiek/leren kan betekenen dat het verstandig is om niet te streven naar een maximale multifunctionaliteit. In meer repetitieve omgevingen (DRC-assemblagelijnen) kan de taakafhankelijkheid een rol spelen bij het vaststellen van een optimaal niveau van multifunctionaliteit. Teveel flexibiliteit kan leiden tot onevenwichtige situaties. Chaining blijkt altijd gunstig te zijn in een situatie met een lage taakinterdependentie, hoewel de aanwezigheid van leren/vergeten ertoe kan leiden dat het positieve effect van chaining beperkt is. In een situatie met een hoge taakinterdependentie kan het effect van chaining negatief zijn doordat mensen elkaar in de weg kunnen staan.

Dit proefschrift draagt ook bij aan de kennis op het gebied van teamfunctioneren in productieomgevingen. In diverse onderzoeken wordt gesteld dat taakinterdependentie vooral bepaald wordt door de productielayout. Dit proefschrift laat zien dat ook de mate van multifunctionaliteit en de mate van chaining gerelateerd zijn aan taakinterdependentie. Chaining, bijvoorbeeld, verhoogt de taakinterdependentie, veroorzaakt blocking en verhoogt het aantal benodigde transfers, en zal derhalve een rol spelen in het functioneren van teams.

Dit proefschrift bestaat uit twee delen. Beide delen betreffen DRC-omgevingen. Ze verschillen sterk in de mate van afhankelijkheid tussen taken. Het is interessant om vervolgonderzoek ook te richten op tussenliggende situaties.