



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## **Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen**

master handelsingenieur in de beleidsinformatica

### ***Masterthesis***

***Evaluation of process mining diagrams from a cognitive point of view***

**Femke Pieters**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur in de beleidsinformatica

**PROMOTOR :**

Prof. dr. Mieke JANS



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)  
Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2022**  
**2023**



# **Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen**

master handelsingenieur in de beleidsinformatica

## ***Masterthesis***

### ***Evaluation of process mining diagrams from a cognitive point of view***

#### **Femke Pieters**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur in de beleidsinformatica

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Mieke JANS



# Evaluatie van process mining diagrammen vanuit een cognitief standpunt

Femke Pieters

Business and Information Systems Engineering, Hasselt University

**Process mining is een waardevolle techniek voor het analyseren en verbeteren van bedrijfsprocessen. De interpreteerbaarheid van diagrammen van process mining outputs kan echter variëren, afhankelijk van hun visuele voorstelling. In dit onderzoek voeren we een experiment uit om de impact van frequentievisualisatie in procesdiagrammen op de interpreteerbaarheid ervan in kaart te brengen. We peilen naar de impact van frequentievisualisatie op verschillende soorten taken, namelijk search and recognition, problem solving en recall taken. De resultaten toonden een significant verschil tussen de twee groepen in termen van accuraatheid bij search and recognition vragen. Er werden geen significante verschillen waargenomen bij problem solving of recall taken (niet bij efficiëntie, noch bij accuraatheid). Deze bevindingen impliceren dat het gebruik van data-inzichten zoals frequenties in process mining diagrammen de interpreteerbaarheid kan verhogen bij het oplossen van search and recognition taken. Dit heeft belangrijke gevolgen voor bijvoorbeeld auditcontexten, waar search and recognition taken vaak voorkomen. Verder onderzoek kan zich richten op het analyseren van andere visuele aspecten en hun impact op verschillende soorten taken. Dit creëert een beter inzicht in de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen zodat we dit kunnen optimaliseren voor verschillende contexten.**

*Keywords - Process mining; interpreteerbaarheid; procesdiagrammen; search and recognition; visuele aspecten*

# 1 Inleiding

In organisaties wordt process mining steeds vaker als techniek gebruikt om processen te onderzoeken en te verbeteren [11, 27]. De uitkomst van een process mining algoritme dat toegepast wordt op een event log, met het oog op process discovery, is typisch een grafische voorstelling van het proces. Deze grafische voorstelling kan inefficiënties en problemen binnen het proces in kaart brengen [30]. Procesdiagrammen hebben als voordeel dat ze processen begrijpbaar kunnen maken, discussies en kritiek hieromtrent stimuleren en dat ze probleemoplossend denken ondersteunen [18].

Proces discovery algoritmes worden vaak geëvalueerd op basis van recall en precision [19]. De maatstaf recall geeft voornamelijk weer in welke mate het procesdiagram het onderliggende gedrag van het proces capteert. Daarnaast focust precision op dat men geen informatie capteert die niet in het werkelijke proces voorkomt, m.a.w. informatie die niet werd opgeslagen in de event log mag niet aanwezig zijn in het procesdiagram. De evaluatie op basis van precision en recall betreft dus de kwaliteit van de koppeling tussen het gegenereerde model en de event log [26]. Deze evaluatie toont echter niet aan hoe interpreteerbaar het procesdiagram is. Het geeft enkel een beeld van de prestatie van het process mining algoritme, maar niet van de interpreteerbaarheid van de output ervan. Dit is evenwel relevant aangezien de mens het procesdiagram steeds zelf moet interpreteren om waardevolle inzichten uit het procesdiagram te halen. Daarnaast wordt er in de literatuur minder gefocust op de evaluatie van procesdiagrammen die gegenereerd zijn door process mining algoritmes. Er zijn wel verschillende onderzoeken beschikbaar betreffende de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen in het algemeen en de cognitieve effort die dit van de gebruikers kan vragen [10, 24, 14, 32, 2]. Deze interpreteerbaarheid werd voorheen nog niet gekoppeld aan de process mining context.

De menselijke interpretatie van informatie is afhankelijk van de manier waarop deze informatie voorgesteld wordt. Een tekst wordt namelijk op een andere manier verwerkt dan een diagram. De representatievorm wordt vaak gekozen aan de hand van het doel. Bij een specifieke zoekopdracht naar informatie zorgt een visuele voorstelling bijvoorbeeld voor het sneller vinden van de nodige informatie [25]. Er bestaan verschillende procesmodelleringstalen zoals Petri Nets, Directly Follow Graphs, BupaR of BPMN. In de context van process mining wordt een proces visueel voorgesteld door gebruik te maken van een procesmodelleringstaal. Hoe een procesdiagram eruit ziet is dan afhankelijk van welke procesmodelleringstaal het algoritme hanteert. Een Petri Net ziet er bijvoorbeeld anders uit dan een diagram dat

gegenereerd werd met BupaR. Deze verschillen in visualisaties noemen we dimensies. Er zijn reeds een aantal dimensies vastgesteld die een impact hebben op de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen, zoals aesthetics [31, 6] en symbol clarity [18, 7].

Kenmerkend voor de output van process mining algoritmes zijn de procesdiagrammen waarbij een pijl de volgorde tussen activiteiten weergeeft. De pijldikte tussen activiteiten enerzijds, en de kleurintensiteit van de activiteit anderzijds, variëren naargelang de frequentie van het pad en de frequentie van de activiteit. Dit is geïnspireerd door de cartografie, waar drukke wegen visueel anders worden voorgesteld dan minder drukke wegen [12]. De visualisatie van de frequenties kan echter variëren tussen verschillende process mining outputs. In een Petri Net is deze pijl bijvoorbeeld steeds even dik en heeft elke activiteit eenzelfde kleur. Een Petri Net neemt dit data-inzicht, namelijk de frequentie, dus niet op in zijn visualisatie. In een door BupaR gegenereerde output is dit data-inzicht wel opgenomen. Hier varieert de pijldikte van de paden en de kleurintensiteit van de activiteiten naargelang de frequentie ervan. Aangezien verschillende process mining algoritmes een verschillende visualisatie van eenzelfde procesdiagram als output hebben, worden deze visualisaties ook anders geïnterpreteerd. Op welke manier de interpreteerbaarheid verschilt indien de visualisatie van de frequentie varieert, m.a.w. indien er een data-inzicht wordt opgenomen in het diagram, is in het verleden nooit onderzocht, ondanks dit een dimensie is die kan variëren naargelang een andere tool gebruikt wordt. Indien er een significante impact is van een verschil in visualisatie van de frequentie op de interpreteerbaarheid van het procesdiagram, zouden we gerichtere keuzes kunnen maken omtrent het selecteren van een process mining tool of algoritme bij het uitvoeren van bepaalde taken.

Procesdiagrammen kunnen gebruikt worden om taken op te lossen. Bijvoorbeeld in de context van een financiële audit, gebruikt een auditor een procesdiagram om op zoek te gaan naar potentiële risico's betreffende het proces. De interpreteerbaarheid van een procesdiagram is afhankelijk van het soort taak dat wordt uitgevoerd [17]. In dit onderzoek focussen we op drie verschillende soorten taken, namelijk search and recognition taken, problem solving taken en recall taken [25].

In deze paper analyseren wij het effect van frequentievisualisatie in een procesdiagram (de pijldikte enerzijds en de kleurintensiteit van de activiteiten anderzijds) op de uitvoering van taken die gerelateerd zijn aan het interpreteren van dit procesdiagram. We voerden een experiment uit om de interpreteerbaarheid van een procesdiagram bij het oplossen van taken af te toetsen. De interpreteerbaarheid van een

diagram zien we als een mate van performantie. Meer specifiek onderzoeken we de accuraatheid en efficiëntie om deze performantie in kaart te brengen. Deze paper onderscheidt zich van de reeds geschreven literatuur door te analyseren welke impact het visualiseren van data-inzichten in een procesdiagram, zoals de frequentie, heeft op de interpreteerbaarheid van het model. Dit is tot op heden nog niet onderzocht. We vertrekken hiervoor vanuit procesdiagrammen die typisch gegenereerd worden door process mining tools. Op basis van onze nieuwe inzichten kunnen we bepalen of er bepaalde tools (met bijhorende diagrammen) meer of minder geschikte outputs genereren rekening houdend met de taakcategorieën.

De paper is als volgt opgebouwd. In sectie 2 wordt de gerelateerde literatuur wat betreft de menselijke informatieverwerking en de interpretatie van procesdiagrammen beschreven. Sectie 3 gaat dieper in op de methodologie. In sectie 4 worden de resultaten van het experiment besproken en sectie 5 haalt de implicaties van het onderzoek aan en biedt een vooruitblik op mogelijk toekomstig onderzoek. Sectie 6 concludeert de studie.

## 2 Gerelateerde literatuur en hypothesen

Er zijn drie voordelen verbonden aan het zorgvuldig opstellen van een procesdiagram [16, 1, 20]. Ten eerste stimuleert het expliciet maken van bepaalde kennis uit een proces discussie en kritiek. Dit leidt tot verdere analyse en een beter begrip van het proces. Ten tweede ondersteunt het gebruik van procesdiagrammen probleemoplossend denken. Ten derde voorziet een procesdiagram traceerbaarheid van gemaakte beslissingen en kunnen ze dienen als documentatie. Deze voordelen komen enkel voor bij procesdiagrammen waarvan de interpreteerbaarheid hoog is [18]. De beschikbare studies omtrent de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen die aanleunen tot deze paper, kunnen we opdelen in verschillende onderwerpen: 1) de dimensies waarover procesdiagrammen kunnen variëren, 2) procesmodelleringstalen en de relatie met dimensies en 3) de rol van taken bij het gebruik van procesdiagrammen. De literatuur wordt bij wijze van deze opdeling besproken.

### 2.1 Dimensies van een procesdiagram

Malinova en Mendling ontwierpen een framework dat verschillende cognitieve theorieën samenbrengt en op basis hiervan dimensies opstelt voor het effectief interpreteren van diagrammen [18]. Deze dimensies worden verdeeld over verschillende fases van interpretatie. Er zijn vier fases belangrijk bij het interpreteren van procesdiagrammen, namelijk: de visuele verwerking, de verbale verwerking, de semantische verwerking en de taakverwerking [18, 7]. Onder deze fases horen telkens verschillende categorieën van dimensies die een impact hebben op de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen.

Een andere manier om naar interpreteerbaarheid te kijken is door een opsplitsing te maken naar dimensies gerelateerd aan het procesdiagram en persoonlijke dimensies [28]. De dimensies gerelateerd aan het procesdiagram kunnen gelinkt worden aan de dimensies behorende tot de vier interpretatiefases. Ondanks de lijst van Dikici et al. minder uitgebreid is, wordt er hier wel rekening gehouden met persoonlijke dimensies zoals de expertise, de kennis en het motief van de persoon die het procesdiagram gebruikt.

Binnen deze uitgebreide lijst van dimensies zijn er slechts enkele extensief onderzocht in relatie tot interpreteerbaarheid van procesdiagrammen. Voorbeelden van vaak onderzochte dimensies zijn aesthetics [23, 31, 6] en symbol clarity [13, 10, 8, 22, 29]. Uit deze studies blijkt dat langere pijlen en een meer vetgedrukte tekst zorgen voor een betere aesthetic van het procesdiagram [23]. Op basis van theorieën



wordt er aangenomen dat verschillende dimensies een impact hebben op de interpreteerbaarheid van een diagram. Welke deze impact is, is nog niet eerder gevalideerd. In dit onderzoek willen we de kennis wat betreft het visualiseren van data-inzichten, zoals frequenties, uitbreiden. Deze dimensie behoort volgens Malinova en Mendling tot de visuele verwerkingsfase [18].

## **2.2 Procesmodelleringstalen in relatie tot dimensies**

Wanneer dimensies van procesdiagrammen, zoals aesthetics of symbol clarity, geïdentificeerd zijn, kunnen ook procesmodelleringstalen hieraan gelinkt worden. In de literatuur werd namelijk eerder de vraag gesteld hoe goed procesmodelleringstalen deze dimensies benutten en dus hoe ze in relatie staan tot elkaar [10, 9]. Wanneer we de hoeveelheid onderzoeksinspanningen over de verschillende procesmodelleringstalen verdelen, zien we dat BPMN het sterkst onderzocht werd [28, 2, 15, 6, 22, 10]. BPMN wordt in verschillende onderzoeken een suboptimale oplossing genoemd aangezien het probeert een zekere balans te vinden wat betreft de interpretatie van het procesdiagram en de grafische complexiteit ervan. Deze grafische complexiteit is echter te hoog. BPMN diagrammen zijn vaak te complex aangezien de vele mogelijke symbolen die BPMN hanteert een negatieve invloed hebben op de interpreteerbaarheid van het diagram [10].

Naast onderzoeken die zich baseren op de interpretatie van één specifieke taal [21, 23, 22, 10], worden er ook dimensies vergeleken over verschillende procesmodelleringstalen heen. Hieruit blijkt YAWL de minst goede modelleringstaal tegenover BPMN, UML en EPC om routing symbolen, en dus control flow logica, in te modelleren [8]. Dit betekent ook dat YAWL minder interpreteerbaar is dan de andere talen aangezien control flow een voorheen geïdentificeerde dimensie is die de interpreteerbaarheid beïnvloedt [4, 18].

## **2.3 Taken in relatie tot dimensies en procesmodelleringvormen**

In de context van performantie en procesdiagrammen is reeds aangetoond dat het type van taken dat uitgevoerd wordt met behulp van het diagram van belang is om te bepalen of een proces best visueel of tekstueel wordt weergegeven. Ritchi et al. vinden dat bepaalde taken meer affiniteit kunnen vertonen met een bepaalde modelleringvorm. Met andere woorden wordt de affiniteit van verschillende auditing taken met twee modelleringvormen (tekstueel en visueel) onderzocht. Hieruit blijkt dat search and recognition taken en recall taken het meeste affiniteit vertonen met een visuele modellering [25].

De interpreteerbaarheid van de voorstelling van informatie is afhankelijk van de taak die men oplost [25]. Taken kunnen worden opgedeeld in schema-based taken en non-schema-based taken. De schema-based taken zijn taken die kunnen worden opgelost aan de hand van een schematische voorstelling. Non-schema-based taken vergen een diepere kennis van het domein waarover de taak gaat [5]. Onderzoek naar de affiniteit van bepaalde taken met een visuele of tekstuele voorstelling van een proces toont aan dat: 1) search and recognition taken en recall taken een hogere affiniteit tonen met een visuele voorstelling [25]. Deze taken horen onder de schema-based tasks. 2) Problem solving taken en inference taken vertonen meer affiniteit met een tekstuele voorstelling van een proces [25], en kunnen dus non-schema-based taken worden genoemd. Andere taken die werden onderzocht zijn classificeren, ordenen en vertalen [3]. In dit onderzoek focussen we enkel op proces-gerelateerde taken en laten we deze dus buiten beschouwing.

We kiezen drie verschillende soorten taken om aan te tonen welk effect de visualisatie van frequentie in een procesdiagram heeft op de interpreteerbaarheid ervan. De taken die we opnemen in het experiment zijn search and recognition taken, problem solving taken en recall taken. Ondanks de problem solving taken een meer onderliggend begrip van het proces vergen, nemen we ze toch op in het experiment omdat we een data-inzicht zullen toevoegen aan het proces.

## **2.4 Onderzoeksvraag en hypotheses**

De literatuur geeft ons een aantal resultaten wat betreft dimensies van procesdiagrammen, procesmodelleringstalen en taken die men oplost aan de hand van diagrammen. Hieruit konden we besluiten dat dimensies zoals aesthetics [31, 6] en symbol clarity [18, 7] reeds vaker onderzocht werden, maar het opnemen van een data-aspect zoals de visualisatie van de frequentie van de paden en activiteiten beperkt naar voren kwam. Daarnaast werd er een sterke visuele affiniteit gevonden voor search and recognition taken en recall taken, maar vertonen problem solving taken meer affiniteit tot een tekstuele procesbeschrijving [25].

Aan de hand van onze bevindingen trachten we de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden: wat is de impact van het visualiseren van frequenties in een procesdiagram op de taakperformantie? In navolging van andere studies rond performantie onderzoeken wij zowel de accuraatheid als de efficiëntie waarmee de taak uitgevoerd wordt [3, 25].

In onze hypotheses nemen we de drie taakcategorieën, namelijk search and recognition, problem

solving en recall in acht. We testen later in de studie of er significante verschillen zijn tussen het oplossen van deze taken aan de hand van procesdiagrammen met of zonder frequentievisualisatie. We verwachten bij de search and recognition taken en de recall taken een significant verschil in zowel accuraatheid als efficiëntie aangezien deze taken een sterke affiniteit vertonen met een visuele voorstelling van het proces [25]. De problem solving taken geven mogelijk geen verschil weer aangezien de affiniteit met visuele voorstellingen voor deze taken lager is [25].

- Hypothese 1a: bij een procesdiagram zonder frequentievisualisatie is de accuraatheid bij het oplossen van search and recognition taken en recall taken lager dan bij een procesdiagram met frequentievisualisatie.
- Hypothese 1b: bij het oplossen van problem solving taken is er geen accuraatheidsverschil tussen het gebruik van een procesdiagram met frequentievisualisatie of een procesdiagram zonder frequentievisualisatie.
- Hypothese 2a: bij een procesdiagram zonder frequentievisualisatie is de efficiëntie bij het oplossen van search and recognition taken en recall taken lager dan bij een procesdiagram met frequentievisualisatie.
- Hypothese 2b: bij het oplossen van problem solving taken is er geen efficiëntieverschil tussen het gebruik van een procesdiagram met frequentievisualisatie of een procesdiagram zonder frequentievisualisatie.

### **3 Methodologie**

Om de onderzoeksvraag "wat is de impact van het visualiseren van frequentie in een procesdiagram op de taakperformantie?" op te lossen, hebben we een experiment uitgevoerd. In de volgende secties bespreken we de inhoud van het experiment en de variabelen.

#### **3.1 Experiment**

Als materiaal voor dit experiment bouwen we verder op het experiment zoals uitgevoerd door Ritchi et al. [25]. Dit experiment richt zich op het testen van de affiniteit van verschillende taken met verschillende representatievormen. De taakperformantie dient als maatstaf voor de affiniteit van een specifieke taak met een bepaalde representatie. Er worden twee business processen enerzijds gemodelleerd aan de hand van BPMN en anderzijds tekstueel beschreven. Deze processen zijn het goods handling (GH) proces en het purchase-to-pay (PP) proces. Uit het eerdere experiment blijkt dat search and recognition taken en recall taken een grotere affiniteit vertonen met een grafische weergave van het proces, met andere woorden is de performantie van deze taken hoger bij een grafische weergave. Daarnaast vertonen inference taken en problem solving taken een grotere affiniteit bij een tekstuele beschrijving van het proces en dus zal de performantie van deze taken lager zijn bij een grafische weergave. Deze bevindingen benadrukken het belang van de interactie tussen taakkenmerken en representatievormen.

In deze studie richten we ons specifiek op grafische weergaven van processen en leggen we de nadruk op één aspect, namelijk de visualisatie van frequenties. We baseren ons op het instrument ontwikkeld door Ritchi et al., maar breng enkele aanpassingen om het beter af te stemmen op de doelstellingen van onze studie.

In ons onderzoek worden het goods handling proces en het purchase-to-pay proces gemodelleerd met Disco, een process mining (discovery) tool, en dus niet met BPMN. De respondenten ontvangen een procesdiagram samen met een reeks taken die ze oplossen aan de hand van het procesdiagram. Elke respondent ontvangt niet één, maar twee procesdiagrammen betreffende twee verschillende processen.

Binnen de procesdiagrammen van het GH proces enerzijds en het PP proces anderzijds, manipuleren we de visualisatie van de frequentie. Eén groep van respondenten ontvangt de procesdiagrammen waarbij de frequentie van het pad en de activiteiten respectievelijk worden weergegeven door een variërende pijldikte (tussen de activiteiten) en een variërende kleurintensiteit van de activiteiten. Een tweede groep

respondenten ontvangt de procesdiagrammen waarbij de frequentie van het pad en de activiteiten niet visueel worden weergegeven. De pijldikte blijft hier constant, alsook de kleurintensiteit van de activiteiten.

Aan het begin van het experiment, zoals in de studie van Ritchi et al., werd er een manipulation check uitgevoerd bij de respondenten om statistisch te verifiëren dat er geen significante verschillen zijn in het aantal geïdentificeerde activiteiten. Deze manipulatiecheck dient als controlemechanisme om te verzekeren dat de visualisaties equivalent zijn in termen van de verstrekte informatie over de activiteit in het procesdiagram.

In het uitgevoerde experiment werden de taken van de deelnemers ingedeeld in drie verschillende categorieën, namelijk search and recognition, problem solving en recall taken. De vierde categorie, inference taken, die in het onderzoek van Ritchi werd gebruikt, werd uitgesloten omdat deze geen affiniteit vertoonde met een visuele representatie en dus uitsluitend affiniteit vertoonde met een tekstuele beschrijving [25]. Binnen deze taakcategorieën werden bepaalde vragen weggelaten, aangezien ze niet konden worden opgelost aan de hand van de gebruikte visualisatie. Onze modellering ondersteunde bijvoorbeeld niet het gebruik van swimlanes (dat in BPMN wel mogelijk is). Tegelijkertijd werden er taken toegevoegd die een dieper begrip vereisten van het pad dat werd afgelegd tussen verschillende activiteiten.

We mikken op 30 studenten met enige voorkennis wat betreft procesdiagrammen. Deze 30 respondenten worden random opgedeeld in twee groepen. Een eerste groep respondenten lost de taken op met behulp van de procesdiagrammen met de aanwezigheid van de frequentievisualisatie. Een tweede groep respondenten krijgt dezelfde reeks taken, maar dient deze op te lossen met behulp van de procesdiagrammen zonder frequentievisualisatie. De vooraf gedefinieerde hypothesen hierbij zijn dat de procesdiagrammen met de aanwezigheid van frequentievisualisatie leiden tot een betere taakperformantie bij search en recognition taken en recall taken dan de diagrammen zonder frequentievisualisatie. Bij problem solving taken verwachten we geen verschil in taakperformantie.

### **3.2 Afhankelijke variabelen**

De performantie bij het oplossen van taken wordt gemeten aan de hand van twee maatstaven. De eerste maatstaf is accuraatheid. Dit betekent dat het antwoord van de deelnemer wordt vergeleken met een verbeter sleutel [3]. De tweede maatstaf is efficiëntie. Efficiëntie wordt gezien als de tijd die nodig is om de taak op te lossen en af te ronden [3]. De tijd die nodig is om een taak op te lossen wordt automatisch

gemeten door de website waarop de deelnemers de taken oplossen en indienen.

De accuraatheid van de search and recognition taken wordt geëvalueerd aan de hand van zowel het juiste multiple-choice antwoord als het juiste tekstuele antwoord voor de overige gesloten vragen met betrekking tot het proces. Dit resulteert in een scoresysteem dat varieert van 0 tot 6. Voor de beoordeling van het identificeren van het belangrijkste pad worden de respondenten gevraagd om zowel de juiste activiteiten op te sommen als de activiteiten in de juiste volgorde te noteren. De beoordeling is gebaseerd op de aanwezigheid en de juiste volgorde van negen activiteiten, wat resulteert in een score die varieert van 0 tot 18 voor het GH proces. Op dezelfde manier leidt het bepalen van het pad bij PP proces tot een score van 0 tot 28. Bijgevolg varieert de totale score voor de search and recognition taken bij het GH proces van 0 tot 24 en bij het PP proces van 0 tot 34.

Voor het berekenen van de accuraatheidsscore van de problem-solving taken wordt gekeken naar het aantal juiste antwoorden. De antwoorden van de respondenten worden vergeleken met een vooraf gedefinieerde set van mogelijke correcte antwoorden. Voor elk juist antwoord ontvangt de respondent één punt. Daarnaast wordt de accuraatheid van de recall task geëvalueerd op basis van het aantal correct ingevulde woorden of synoniemen. Dit resulteert in een score van 0 tot 8 voor het GH proces en een score van 0 tot 6 voor het PP proces.

Naast de accuraatheidsscores wordt ook de tijd gemeten die een deelnemer nodig heeft om een set vragen te beantwoorden. Er worden drie categorieën getimed, namelijk de voorheen gedefinieerde taak-categorieën: search and recognition, problem-solving en de recall taken.

Om enkel kwaliteitsvolle data te gebruiken worden in de statistische analyse van de resultaten outliers van tweemaal de standaardafwijking verwijderd van het gemiddelde weggelaten. Dit wordt zowel voor accuraatheid als voor efficiëntie gedaan.

## 4 Resultaten

Deze sectie toont de resultaten van de statistische analyse. Allereerst worden de beschrijvende statistieken aangehaald en daarna de resultaten van de ANOVA analyse.

### 4.1 Beschrijvende statistieken

Er namen in totaal 26 respondenten deel aan het experiment, waaronder 13 in groep één en 13 in groep twee. De beschrijvende statistieken betreffende de accuraatheid en efficiëntie overheen de verschillende taken staan samengevat in tabellen 1, 2, 3 en 4. Deze tabellen tonen de gemiddelden, standaardafwijkingen en het aantal observaties. Deze statistieken worden opgedeeld per taak (search and recognition, problem solving en de recall task) en per dimensie (aanwezigheid van frequentievisualisatie of niet). We zien dat er gemiddeld genomen een hogere accuraatheidsscore behaald werd bij de search and recognition taken indien de frequentievisualisatie aanwezig was. Deze observatie klopt zowel voor het GH proces als voor het PP proces. Of dit verschil significant is moet nog worden getest. Bij de problem-solving taken en de recall task is dit verschil in accuraatheid niet zo duidelijk op te merken. Ook in efficiëntie, dat gemeten wordt aan de hand van tijd, zijn de verschillen in gemiddelden tussen de twee groepen eerder klein. De verschillen worden verder besproken in de sectie omtrent de statistische ANOVA testen.

Naast de beschrijvende statistieken omtrent de taken, zijn we ook nagegaan of het level van voor kennis wat betreft procesdiagrammen gebalanceerd is. Dit deden we om valide antwoorden te garanderen. In tabel 5 zien we dat er geen statistische verschillen zijn tussen de kennis van de twee groepen.

Table 1: Descriptieve statistieken van accuraatheid voor het goods handling proces

	Task		
	M (SD) [N]		
	Search and Recognition	Problem Solving	Recall task
Met frequentie- visualisatie	18.1 (5.93) [13]	2.23 (1.64) [13]	7.08 (0.954) [13]
Zonder frequentie- visualisatie	8.92 (6.09) [13]	2.54 (1.39) [13]	6 (2.12) [13]

Table 2: Descriptieve statistieken van efficiëntie voor het goods handling proces

	Task M in seconds (SD) [N]		
	Search and Recognition	Problem Solving	Recall task
Met frequentie- visualisatie	247 (126) [13]	211 (198) [13]	218 (87.1) [13]
Zonder frequentie- visualisatie	243 (121) [13]	232 (250) [13]	216 (63.1) [13]

Table 3: Descriptieve statistieken van accuraatheid voor het purchase-to-pay proces

	Task M (SD) [N]		
	Search and Recognition	Problem Solving	Recall task
Met frequentie- visualisatie	18.8 (4.93) [13]	1.69 (1.25) [13]	4.77 (1.09) [13]
Zonder frequentie- visualisatie	12.9 (4.11) [13]	2.23 (1.36) [13]	5 (1.16) [13]

Table 4: Descriptieve statistieken van efficiëntie voor het purchase-to-pay proces

	Task M in seconds (SD) [N]		
	Search and Recognition	Problem Solving	Recall task
Met frequentie- visualisatie	254 (106) [13]	227 (162) [13]	191 (68.4) [13]
Zonder frequentie- visualisatie	253 (96.9) [13]	229 (127) [13]	388 (435) [13]



Table 5: Validiteitschecks tussen de twee groepen van respondenten

<b>Variables</b>	<b>Group 1</b>	<b>Group 2</b>	<b>P-value</b>
	(Met frequentie-visualisatie)	(Zonder frequentie-visualisatie)	
Prior use of text to use business processes (yes = 1, no = 0)	0.846	0.769	0.635
Prior use of diagram to document business process (yes = 1, no = 0)	0.923	0.923	1
Overall familiarity with method (yes = 1, no = 0)	0.538	0.769	0.233
Perceived knowledge of business processes	4.54	4.46	0.881
Perceived knowledge of audit and risk	3.23	2.77	0.363
Perceived knowledge of internal control	3.31	3.23	0.887
Perceived knowledge of accounting information systems	3.23	2.85	0.455
Perceived knowledge of goods handling processes	4	3.08	0.0983
Perceived knowledge of purchase to pay processes	4.08	3.62	0.404
Number of activities involved in	3.77	3	0.458

Daarnaast is er gecontroleerd voor mogelijke leer- of vermoeidheidseffecten. We hebben dit gedaan aan de hand van een ANOVA-test. We zien dat er een leereffect was voor de efficiëntie bij het oplossen van de search and recognition vragen wanneer eerst het PP proces werd bevraagd. Meer specifiek betekent dit dat de groep aan wie eerst het PP proces bevraagd werd, significant sneller de search and recognition vragen kon oplossen voor de tweede case (GH) dan de groep die eerst het GH proces kreeg. Deze bevindingen zijn terug te vinden in tabel 6.

Table 6: Validiteitschecks met betrekking tot de volgorde van cases

<b>Variables</b>	<b>GH first</b>	<b>PP first</b>	<b>P-value</b>
GH Search and Recognition Score	15.8	12.3	0.258
GH Search and Recognition Timing	312	209	<b>0.0368</b>
GH Problem Solving Score	2.56	2.29	0.681
GH Problem Solving Timing	272	195	0.415
GH Cloze Test Score	6.89	6.35	0.456
GH Cloze Test Timing	250	200	0.106
PP Search and Recognition Score	17.9	14.8	0.163
PP Search and Recognition Timing	226	267	0.321
PP Problem Solving Score	1.78	2.06	0.613
PP Problem Solving Timing	186	251	0.277
PP Cloze Test Score	5.11	4.76	0.459
PP Cloze Test Timing	331	268	0.644

Om de mogelijke verschillen duidelijker weer te geven zijn volgende lijngrafieken en boxplots gegeven. We zien aan de hand van de lijngrafieken en boxplots visueel in figuren 4, 5 en 3 de verschillen in accuraatheid en efficiëntie voor beide processen. Opvallend is dat bij het PP proces de recall task ongeveer in de helft van de tijd opgelost wordt wanneer de visualisatie de frequentie mee in acht neemt ten opzichten van als de frequentie niet mee in acht wordt genomen. Mogelijke leereffecten zouden een verklaring kunnen zijn voor deze observatie. Er zou hierbij ook verder gekeken kunnen worden naar de onderliggende verschillen tussen het GH proces en het PP proces. Wanneer we deze verschillen in kaart zouden brengen, kunnen we verder zoeken naar een oorzakelijk verband om te verklaren waarom dit niet voorkomt bij het GH proces.

Bijkomend zien we dat voor zowel het GH als het PP proces er een sterk verschil is in de accuraatheidsscore bij de search and recognition taken. De respondenten scoren voor deze beide processen minder goed op de search and recognition taken die uitgevoerd werden met behulp van de processen zonder frequentievisualisatie en scoren dus beter met de processen die de frequentievisualisatie wel opnemen. Voor de problem solving taken zien we dat in de processen met frequentievisualisatie er net minder gescoort wordt dan wanneer de frequentie niet gevisualiseerd werd. Een mogelijke verklaring is dat problem solving taken een dieper begrip van het proces vergen dat gebouwd is op achtergrondkennis die niet af te lezen is uit de procesvisualisatie.

Wat betreft de efficiëntie zien we dat de duurtijd voor het oplossen van search and recognition taken en recall taken min of meer constant blijft voor de beide processen. Dit betekent dat de respondenten even snel de taken oplossen, ongeacht of men een procesdiagram krijgt met of zonder frequentievisualisatie.

Wanneer we de boxplots bekijken zien we dat de data zeer gespreid is. Om deze reden is niet mogelijk conclusies te trekken uit de gemiddeldes die we voorheen bespraken. Voor de recall task van het PP proces zien we bijvoorbeeld een outlier in de groep die het procesdiagram zonder frequentievisualisatie ontving. Deze outlier heeft een sterke invloed op het gemiddelde maar wordt mogelijk niet meegenomen bij het berekenen of het verschil tussen de twee visualisaties significant is.

Figure 1: Lijngrafieken voor accuraatheid en efficiëntie van search and recognition task

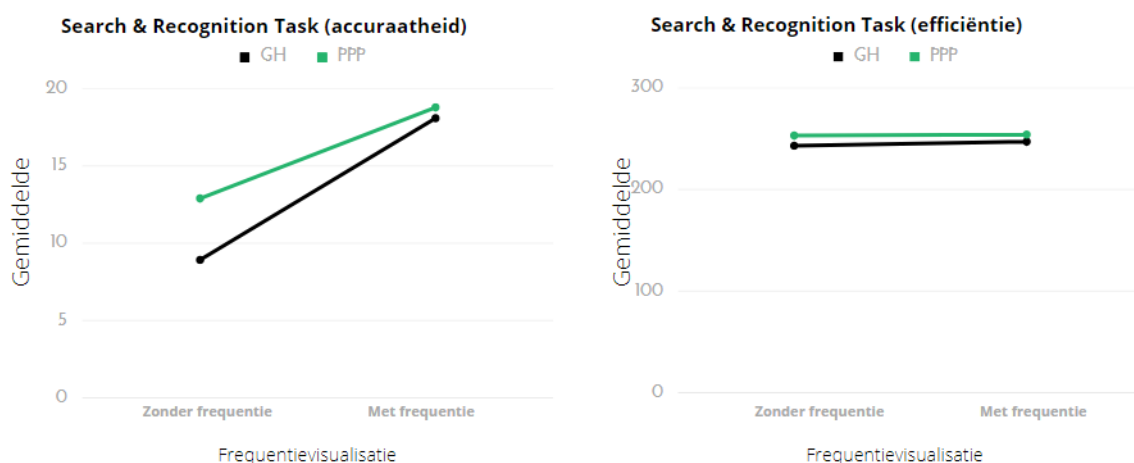


Figure 2: Lijngrafieken voor accuraatheid en efficiëntie van problem solving task

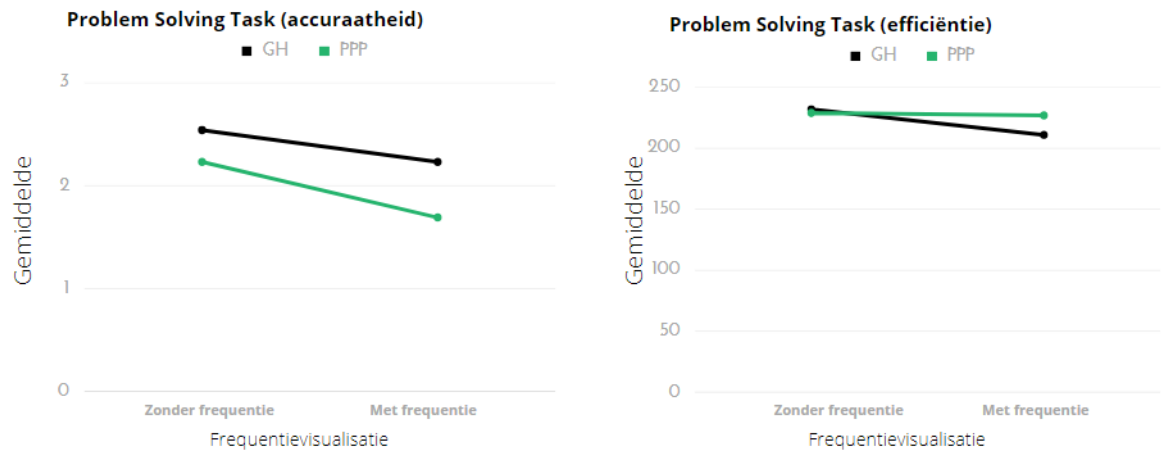


Figure 3: Lijngrafieken voor accuraatheid en efficiëntie van recall task

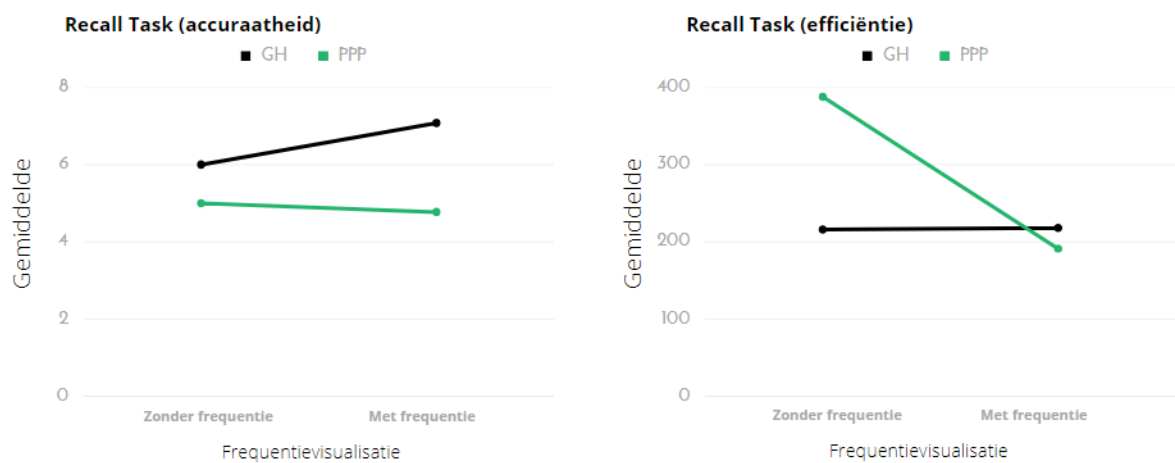


Figure 4: Boxplots voor de statistieken van het GH proces

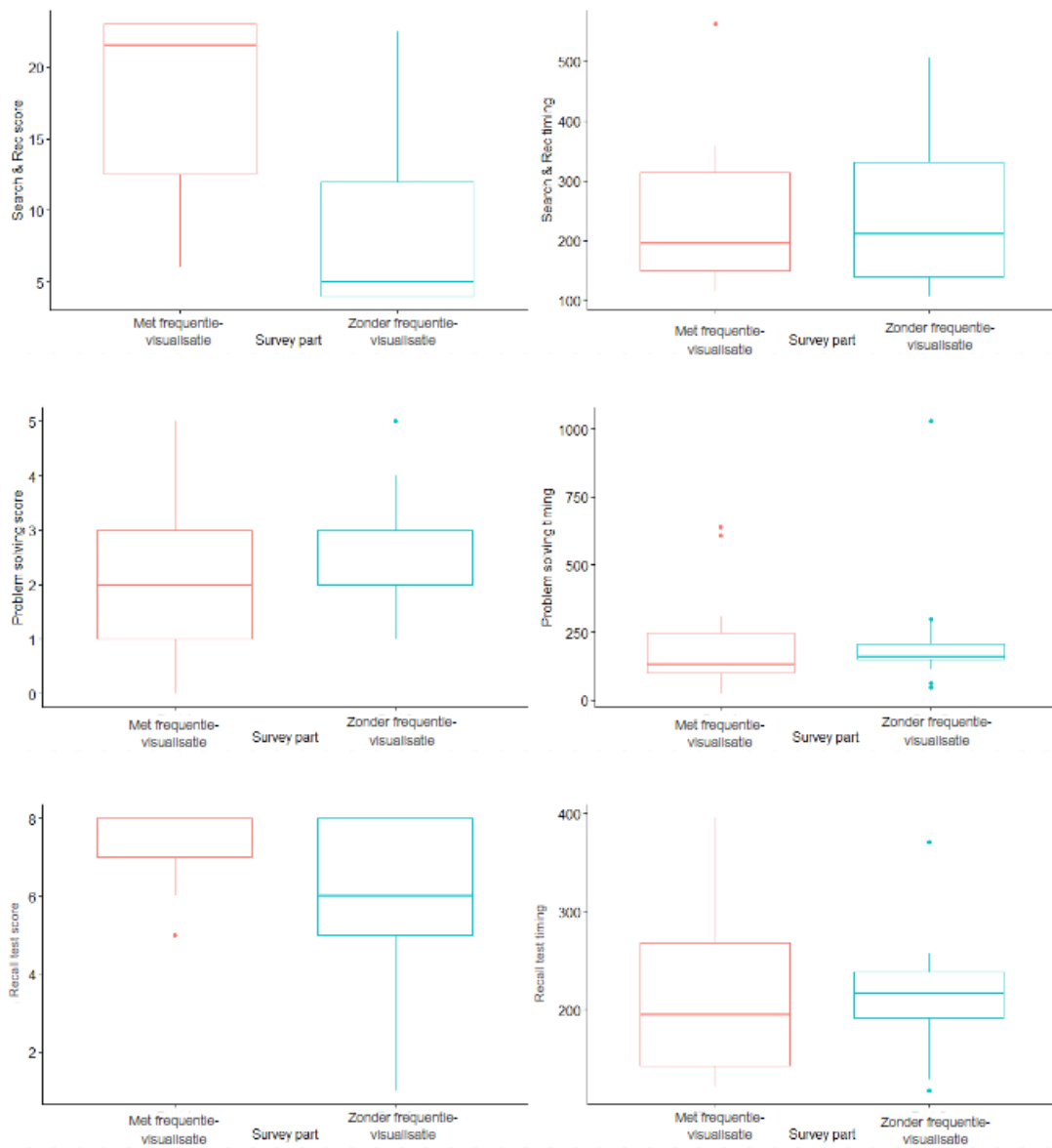
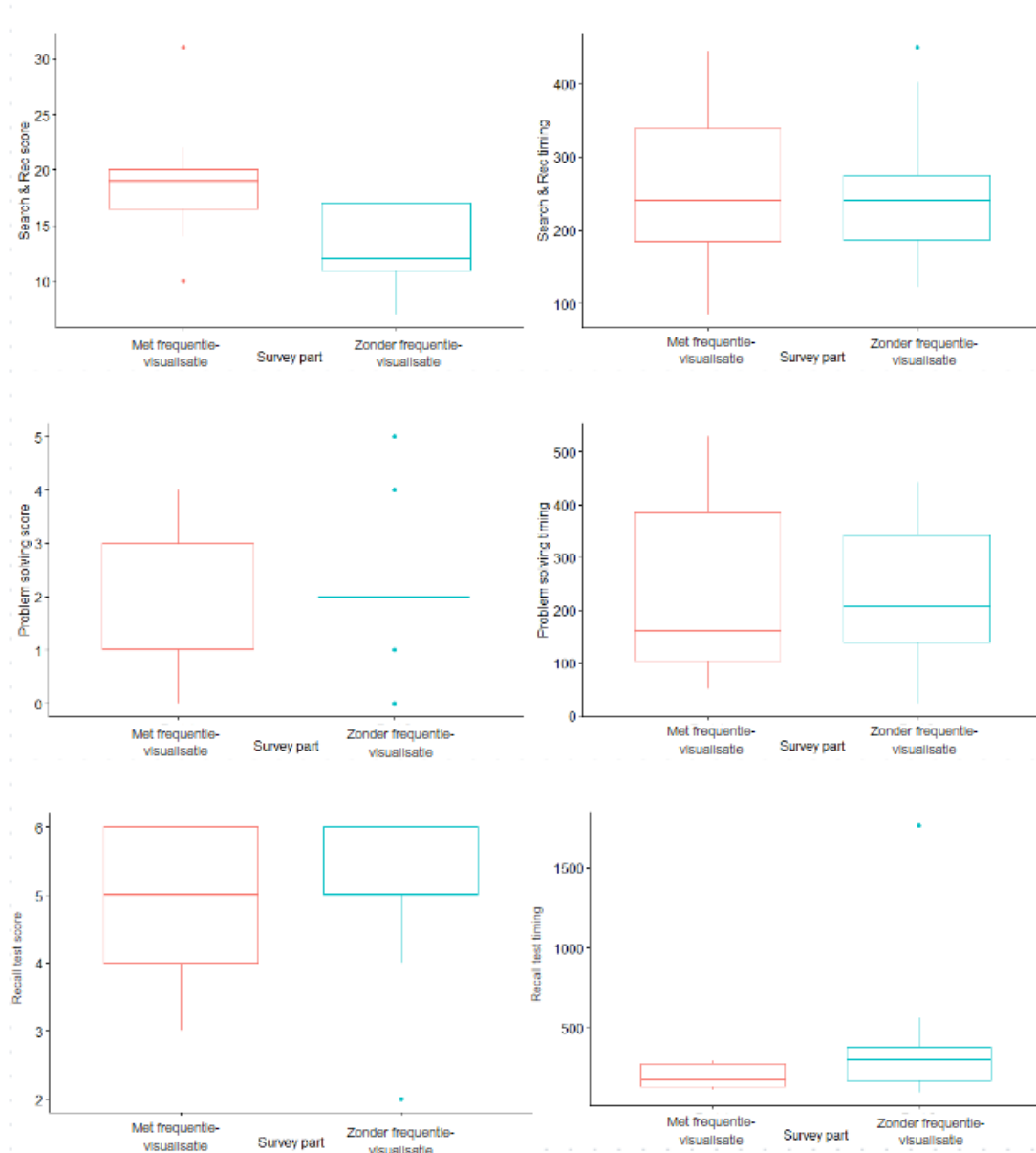


Figure 5: Boxplots voor de statistieken van het PP proces



## 4.2 ANOVA resultaten

Tabellen 7, 8, 9 en 10 vatten de resultaten voor accuraatheid en efficiëntie samen voor de twee processen. De onafhankelijke en gemanipuleerde variabele is de frequentievisualisatie. Deze kent 2 levels, namelijk de aanwezigheid van frequentievisualisatie binnen het proces (de pijldikte en de kleurintensiteit die variëren) of de afwezigheid van frequentievisualisatie binnen het proces (de pijldikte en kleurintensiteit blijven constant). De resultaten worden opgedeeld per taak. De F-statistiek maakt het mogelijk op het significantielevel P te berekenen.

Table 7: ANOVA resultaten voor accuraatheid van het goods handling proces

	Search & recognition	Problem solving	Recall task
<b>F-value</b>	15.07	0.266	2.787
<b>P-value</b>	<b>0.000709</b>	0.611	0.108

Table 8: ANOVA resultaten voor accuraatheid voor het purchase-to-pay proces

	Search & recognition	Problem solving	Recall task
<b>F-value</b>	11.08	1.101	0.274
<b>P-value</b>	<b>0.00281</b>	0.304	0.605

Table 9: ANOVA resultaten voor efficiëntie voor het goods handling proces

	Search & recognition	Problem solving	Recall task
<b>F-value</b>	0.005	0.058	0.004
<b>P-value</b>	0.943	0.812	0.95

Table 10: ANOVA resultaten voor efficiëntie voor het purchase-to-pay proces

	Search & recognition	Problem solving	Recall task
<b>F-value</b>	0.001	0.001	2.594
<b>P-value</b>	0.977	0.304	0.12

De hypothesen werden getest voor elke taakcategorie. Voor de introductory questions (die dienen als manipulation check) is er geen significant verschil tussen de gemiddelde scores. Bij het GH en PP proces bedragen de gemiddelden van de introductory questions bij de procesdiagrammen met frequentievisualisatie respectievelijk 3.96 en 2.85 en de gemiddelden bij de procesdiagrammen zonder frequentievisualisatie respectievelijk 3.46 en 3.08. Er is geen significant verschil tussen de twee gemiddelden voor elk proces.

#### **4.2.1 Hypothese 1a en 1b**

De eerste hypothesen hebben betrekking op hoe accuraat de taken werden opgelost. Meer specifiek stelde hypothese 1a dat bij een procesdiagram zonder frequentievisualisatie de accuraatheid bij het oplossen van search and recognition taken en recall taken lager is dan bij een procesdiagram met frequentievisualisatie. Voor de problem solving taken stelde hypothese 1b echter dat er geen accuraatheidsverschil is tussen de twee visualisaties.

We zien dat in termen van de accuraatheid de p-waarde voor het GH proces (0.000709) bij de search and recognition taken duidt op een significant verschil in performantie tussen de twee soorten visualisaties. Dit betekent dat de visualisatie met frequentie efficiënter is dan een visualisatie van zonder frequentie. Deze bevinding zien we ook terugkomen bij het PP proces waarbij de p-waarde 0.00281 bedraagt en dus een significant verschil aantoont. Ook hier is het proces met de frequentievisualisatie efficiënter. Gemiddeld genomen scoort de respondent 18.1 op de search and recognition taken bij de visualisatie met frequentie van het GH proces en 8.92 bij de visualisatie zonder frequentie. Bij het PP proces scoort de respondent gemiddeld 18.8 op de search and recognition taken van de visualisatie met frequentie en 12.9 bij de visualisatie zonder frequentie.

Wanneer we kijken naar de twee resterende taken, de problem solving taken en de recall taken, zien we dat er geen significante verschillen zijn wat betreft de accuraatheid. Ondanks er toch een verschil lijkt te zijn tussen de gemiddelde scores van het GH-proces bij de recall taken (6 en 7.08), blijkt dit niet significant. Ook in de boxplots en lijndiagrammen in figuren 3, 4 en 5 zien we meerdere grote verschillen terugkomen. Deze verschillen kunnen te wijten zijn één of meerdere outliers, die uiteindelijk geen invloed hebben gehad op de significantie.

Er werd dus voor zowel het GH proces als het PP proces enkel een significant accuraatheidsverschil



gevonden bij de search and recognition taken en niet bij de problem solving taken en de recall taken. De resultaten ondersteunen dus onze hypothese omtrent de accuraatheid van search and recognition taken. Deze taken halen voordeel uit de visualisatie met frequentie.

#### **4.2.2 Hypothese 2a en 2b**

Hypotheses 2a en 2b hebben betrekking op hoe efficiënt de taken werden opgelost. Meer specifiek stelde hypothese 2a dat bij een procesdiagram zonder frequentievisualisatie de efficiëntie bij het oplossen van search and recognition taken en recall taken lager is dan bij een procesdiagram met frequentievisualisatie. Voor de problem solving taken stelde hypothese 2b echter dat er geen efficiëntieverschil is tussen de twee visualisaties.

We zien dat voor geen enkele taakcategorie de p-waarde duidt op een significant verschil. De tijd die gebruikt werd om de taken op te lossen bij de visualisatie met frequentie verschilt niet met die van de visualisatie zonder frequentie, en dat voor zowel het GH proces als het PP proces. Ondanks het grote verschil tussen de gemiddelde tijdsduur bij het invullen van de recall task voor het PP proces met frequentievisualisatie (191) en het proces zonder frequentievisualisatie (388), is dit niet significant. Het grootste efficiëntieverschil ligt ook in zowel het GH proces als het PP proces bij de recall taken, maar die blijken niet significant te zijn. We zien in de boxplots echter dat de efficiëntieverschillen vaak kleiner zijn dan de accuraatheidsverschillen.

## 5 Discussie

Malinova en Mendling [18] hebben in totaal 95 verschillende dimensies van procesdiagrammen geïdentificeerd die de interpreteerbaarheid kunnen beïnvloeden, waarvan de frequentievisualisatie één is. De overige 94 dimensies zijn niet allen even grondig onderzocht. Een onderzoeksuitdaging ligt in het analyseren van de impact van al deze aspecten op de interpreteerbaarheid van het procesdiagram, evenals het identificeren van onderlinge relaties en afhankelijkheden tussen deze dimensies.

Dit onderzoek analyseerde de impact van frequentievisualisatie op de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen. Er werd vastgesteld dat frequentievisualisatie een significante invloed heeft op slechts één specifieke taakcategorie, namelijk search and recognition taken. Dit resultaat komt overeen met eerdere bevindingen, zoals die van Ritchi et al. [25], waarin juist deze taak naar voren kwam als taak die het meeste affiniteit vertoonde met visuele processen in plaats van tekstuele beschrijvingen. De waargenomen significante impact in dit onderzoek bevestigt dus deze affiniteit. Taken die onder deze categorie vallen ondervinden voordeel van het werken met data-verrijkte procesmodellen, terwijl dit mogelijk minder rendabel lijkt voor andere taken waar minder uitgebreide procesmodellen wellicht gemakkelijker kunnen worden gegenereerd.

Aangezien de taken die werden opgelost in dit experiment allen auditing taken zijn, is het interessant om te onderzoeken of het mogelijk is om een standaard visualisatierichtlijn te ontwikkelen die specifiek is afgestemd op het type taak dat moet worden uitgevoerd.

Om de interpreteerbaarheid van procesdiagrammen bij het oplossen van taken te meten, gebruikten we de maatstaf performantie (accuraatheid en efficiëntie). Deze maatstaf wordt vaker gebruikt, terwijl maar enkele studies bijvoorbeeld eye-tracking gebruiken. De implementatie van eye-tracking is dan ook uitdagender dan het meten van performantie. In de toekomst zou eye-tracking kunnen dienen als aanvullende maatstaf van performantie om de resultaten van dit onderzoek te verrijken.

In totaal voerden 26 respondenten het experiment uit, die allen studeren in België. Het is daarom onbekend in hoeverre deze resultaten generaliseerbaar zijn naar andere populaties. Het is daarom noodzakelijk om een grootschaliger onderzoek uit te voeren om de bevindingen te verifiëren bij andere groepen. Het is mogelijk dat studenten en experts procesdiagrammen op een andere manier verwerken.

Ondanks de uitdagingen van dit onderzoek toont het aan wat het belang is van het visualiseren van

data-inzichten in procesdiagrammen. Meer specifiek heeft het toevoegen van frequenties aan het procesdiagram een invloed op de juistheid bij het oplossen van bepaalde taken. Dit kan worden gerelateerd aan process mining algoritmes die elk een andere output genereren. Bepaalde process mining algoritmes genereren dus, volgens dit onderzoek, een makkelijker interpreteerbare output dan anderen aangezien ze data-inzichten zoals frequenties koppelen aan de visualisatie.

## 6 Conclusie

Deze studie richt zich op het onderzoek naar de invloed van frequentievisualisatie in een procesdiagram op de interpreteerbaarheid ervan. We hebben ons gebaseerd op het werk van Mendling en Malinova [18], waarin verschillende categorieën zijn geïdentificeerd die een invloed kunnen hebben op de interpreteerbaarheid van diagrammen. In deze paper hebben we ons specifiek gericht op één van deze categorieën, namelijk het toevoegen van data-inzichten, met name de frequentie van paden en activiteiten, aan het diagram. Hoewel dit aspect in het verleden weinig is onderzocht, blijkt het toch een andere invulling te geven aan procesdiagrammen die worden gegenereerd door process mining tools.

De uitgevoerde taken waren onderverdeeld in drie categorieën die allemaal binnen een auditcontext voorkomen. De problem solving taken vertoonden geen verschil in accuraatheid of efficiëntie tussen de twee visualisaties. Dit kan mogelijk worden verklaard doordat deze taken een dieper begrip van het proces vereisen. Ook de achtergrond van de persoon die de taak uitvoert kan een rol spelen aangezien niet alle benodigde informatie af te lezen is uit het procesdiagram. Daarnaast waren er ook geen significante verschillen te vinden bij de recall taken.

Het variëren van de frequentievisualisatie bleek enkel invloed te hebben op de accuraatheid van de search and recognition taken. Deze taken werden accurater opgelost wanneer er een frequentievisualisatie aanwezig was, bijvoorbeeld door variaties in pijldikte en kleurintensiteit van de activiteiten. De search and recognition taken omvatten situaties waarin het proces eerder wordt gescand dan grondig geanalyseerd. Een algemeen begrip van het proces volstaat dus bij het oplossen van deze taken, zonder in detail te treden. Auditors die search and recognition taken uitvoeren, ervaren dus voordelen wanneer de frequentie wordt gevisualiseerd. Het proces wordt beter interpreteerbaar. Hieruit kan worden geconcludeerd dat bepaalde soorten taken meer baat hebben bij een procesmodel dat visueel verrijkt is met data dan andere taken.

Op basis van deze bevindingen kan worden geconcludeerd dat het toevoegen van frequentievisualisatie aan een procesdiagram een positieve impact kan hebben op de interpreteerbaarheid, vooral bij search and recognition taken. Dit versterkt het belang van het ontwikkelen van procesmodellen die rekening houden met specifieke taken en data-inzichten, en benadrukt de waarde van een visueel verrijkte weergave van het proces bij het oplossen van procesgerelateerde taken.

## References

- [1] Bjørn Andersen and Tom Fagerhaug. Advantages and disadvantages of using predefined process models. January 2001.
- [2] Palash Bera. Does Cognitive Overload Matter in Understanding Bpmn Models? *The Journal of Computer Information Systems*, 52(4):59–69, 2012. Num Pages: 59-69 Place: Stillwater, United Kingdom Publisher: Taylor & Francis Ltd.
- [3] J. Efrim Boritz, A. Faye Borthick, and Adam Presslee. The Effect of Business Process Representation Type on Assessment of Business and Control Risks: Diagrams versus Narratives. *Issues in Accounting Education*, 27(4):895–915, November 2012.
- [4] José A. Cruz-Lemus, Ann Maes, Marcela Genero, Geert Poels, and Mario Piattini. The impact of structural complexity on the understandability of UML statechart diagrams. *Information Sciences*, 180(11):2209–2220, June 2010.
- [5] Cheryl L. Dunn, Gregory J. Gerard, and Severin V. Grabski. The combined effects of user schemas and degree of cognitive fit on data retrieval performance. *International Journal of Accounting Information Systems*, 26:46–67, August 2017.
- [6] Philip Effinger, Nicole Jogsch, and Sandra Seiz. On a Study of Layout Aesthetics for Business Process Models Using BPMN. In Jan Mendling, Matthias Weidlich, and Mathias Weske, editors, *Business Process Modeling Notation*, Lecture Notes in Business Information Processing, pages 31–45, Berlin, Heidelberg, 2010. Springer.
- [7] Kathrin Figl. *Symbol Choice and Memory of Visual Models*. September 2012. Journal Abbreviation: Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, VL/HCC Publication Title: Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, VL/HCC.
- [8] Kathrin Figl, Jan Mendling, Mark Strembeck, and Jan Recker. On the Cognitive Effectiveness of Routing Symbols in Process Modeling Languages. In Will van der Aalst, John Mylopoulos, Norman M. Sadeh, Michael J. Shaw, Clemens Szyperski, Witold Abramowicz, and Robert Tolksdorf,

- editors, *Business Information Systems*, volume 47, pages 230–241. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2010. Series Title: Lecture Notes in Business Information Processing.
- [9] Andrea Fürst-Graßl. Process Modeling Grammars. February 2019.
- [10] Nicolas Genon, Patrick Heymans, and Daniel Amyot. *Analysing the Cognitive Effectiveness of the BPMN 2.0 Visual Notation*, volume 6563. October 2010. Pages: 396.
- [11] Thomas Grisold, Jan Mendling, Markus Otto, and Jan vom Brocke. Adoption, use and management of process mining in practice. *Business Process Management Journal*, 27(2):369–387, January 2020. Publisher: Emerald Publishing Limited.
- [12] Christian W. Günther and Wil M. P. van der Aalst. Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics. In Gustavo Alonso, Peter Dadam, and Michael Rosemann, editors, *Business Process Management*, Lecture Notes in Computer Science, pages 328–343, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer.
- [13] Ragnhild Halvorsrud, Eunji Lee, Ida Maria Haugstveit, and Asbjørn Følstad. Components of a Visual Language for Service Design. 2014.
- [14] Constantin Houy, Peter Fettke, and Peter Loos. ON THE THEORETICAL FOUNDATIONS OF RESEARCH INTO THE UNDERSTANDABILITY OF BUSINESS PROCESS MODELS. *Tel Aviv*, 2014.
- [15] Richard Hull and Hamid R. Motahari Nezhad. Rethinking BPM in a Cognitive World: Transforming How We Learn and Perform Business Processes. In Marcello La Rosa, Peter Loos, and Oscar Pastor, editors, *Business Process Management*, Lecture Notes in Computer Science, pages 3–19, Cham, 2016. Springer International Publishing.
- [16] Meera Kesari, Shanton Chang, and Peter B Seddon. A content-analytic study of the advantages and disadvantages of process modelling. 2003.
- [17] Ralf Laue and Andreas Gadatsch. *Measuring the Understandability of Business Process Models - Are We Asking the Right Questions?*, volume 66. September 2010. Journal Abbreviation: Lecture Notes in Business Information Processing Pages: 48 Publication Title: Lecture Notes in Business Information Processing.

- [18] Monika Malinova and Jan Mendling. Cognitive Diagram Understanding and Task Performance in Systems Analysis and Design. *MIS Quarterly*, 45(4):2101–2158, December 2021.
- [19] Jan Mendling, Djordje Djurica, and Monika Malinova. Cognitive Effectiveness of Representations for Process Mining. pages 17–22. August 2021.
- [20] Jan Mendling, Marlon Dumas, Marcello La Rosa, and Hajo A. Reijers. *Fundamentals of Business Process Management*. 2018.
- [21] Daniel Moody and Jos van Hillegersberg. Evaluating the Visual Syntax of UML: An Analysis of the Cognitive Effectiveness of the UML Family of Diagrams. In Dragan Gašević, Ralf Lämmel, and Eric Van Wyk, editors, *Software Language Engineering*, volume 5452, pages 16–34. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009. Series Title: Lecture Notes in Computer Science.
- [22] Michael zur Muehlen and Jan Recker. How Much Language Is Enough? Theoretical and Practical Use of the Business Process Modeling Notation. In Janis Bubenko, John Krogstie, Oscar Pastor, Barbara Pernici, Colette Rolland, and Arne Sølvberg, editors, *Seminal Contributions to Information Systems Engineering: 25 Years of CAiSE*, pages 429–443. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [23] Helen C Purchase, Jo-Anne Alder, and David Carrington. Graph Layout Aesthetics in UML Diagrams: User Preferences. 2002.
- [24] Hajo Reijers and Jan Mendling. A Study Into the Factors That Influence the Understandability of Business Process Models. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 41:449–462, June 2011.
- [25] Hamzah Ritchi, Mieke Jans, Jan Mendling, and Hajo A. Reijers. The Influence of Business Process Representation on Performance of Different Task Types. *Journal of Information Systems*, 34(1):167–194, March 2020.
- [26] A. Rozinat, A.K. Alves De Medeiros, C.W. Günther, A.J.M.M. Weijters, and van der Aalst, W.M.P. *Towards an evaluation framework for process mining algorithms*. BETA publicatie : working papers. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2007.
- [27] A. Rozinat, I. S. M. de Jong, C. W. Günther, and W. M. P. van der Aalst. Process Mining Applied to the Test Process of Wafer Scanners in ASML. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cy-*

- bernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 39(4):474–479, July 2009. Conference Name: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews).
- [28] Oktay Turetken, Ahmet Dikici, and Onur Demirors. Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review | Elsevier Enhanced Reader, September 2017.
- [29] Vienna University of Economics and Business, Kathrin Figl, Jan Mendling, Vienna University of Economics and Business, Mark Strembeck, and Vienna University of Economics and Business. The Influence of Notational Deficiencies on Process Model Comprehension. *Journal of the Association for Information Systems*, 14(6):312–338, June 2013.
- [30] van der Aalst Wil. *Process Mining: Data Science in Action*. 2018.
- [31] Antanas Zilinskas, Aušra Mackutt-Varoneckien, and Audrius Varoneckas. Weighting criteria of aesthetic attractiveness of layouts of business process diagrams. July 2012.
- [32] Stefan Zugal, Pnina Soffer, Cornelia Haisjackl, Jakob Pinggera, Manfred Reichert, and Barbara Weber. Investigating expressiveness and understandability of hierarchy in declarative business process models. *Software & Systems Modeling*, 14(3):1081–1103, July 2015.



## 7 Bijlagen

### 7.1 Processen

Figure 6: Goods handling proces zonder frequentievisualisatie

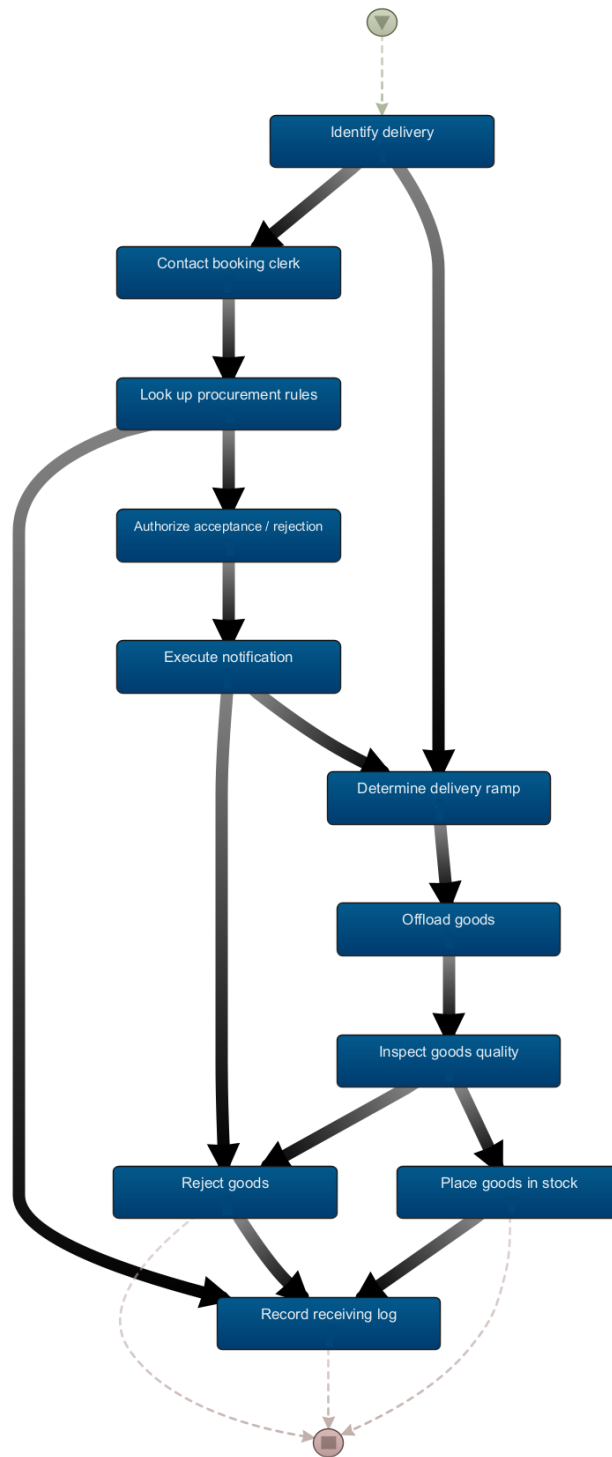


Figure 7: Goods handling proces met frequentievisualisatie

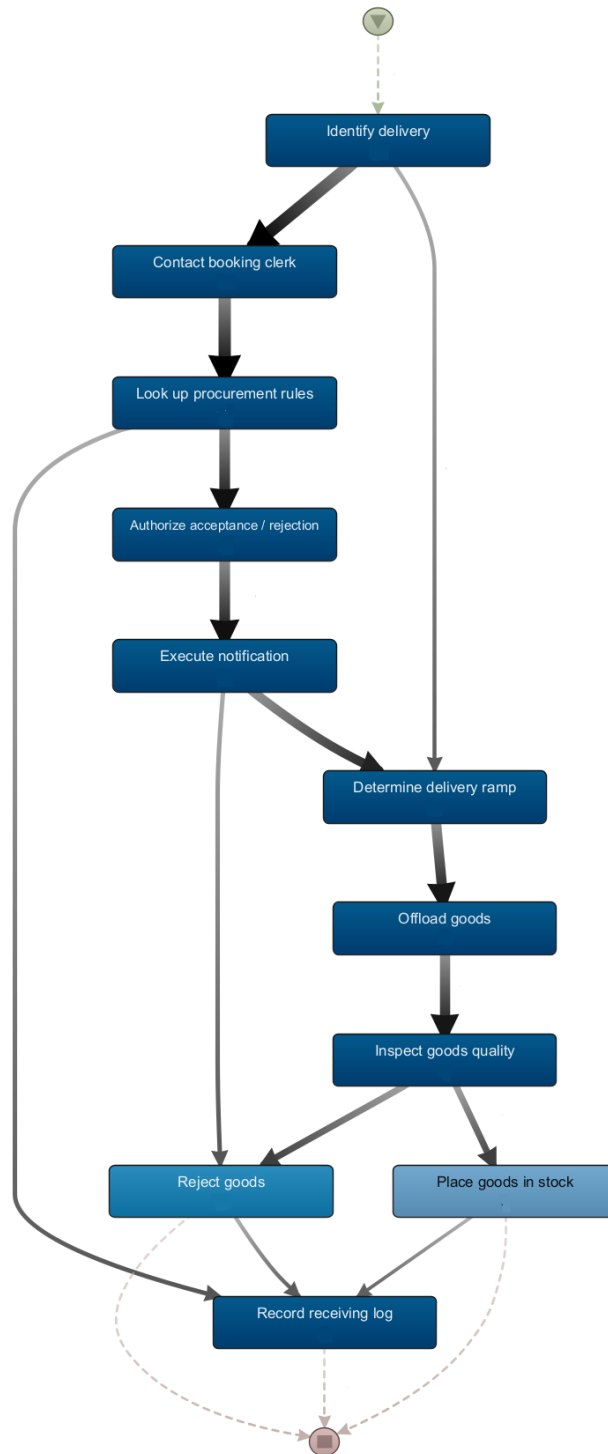


Figure 8: Purchase-to-pay proces zonder frequentievisualisatie

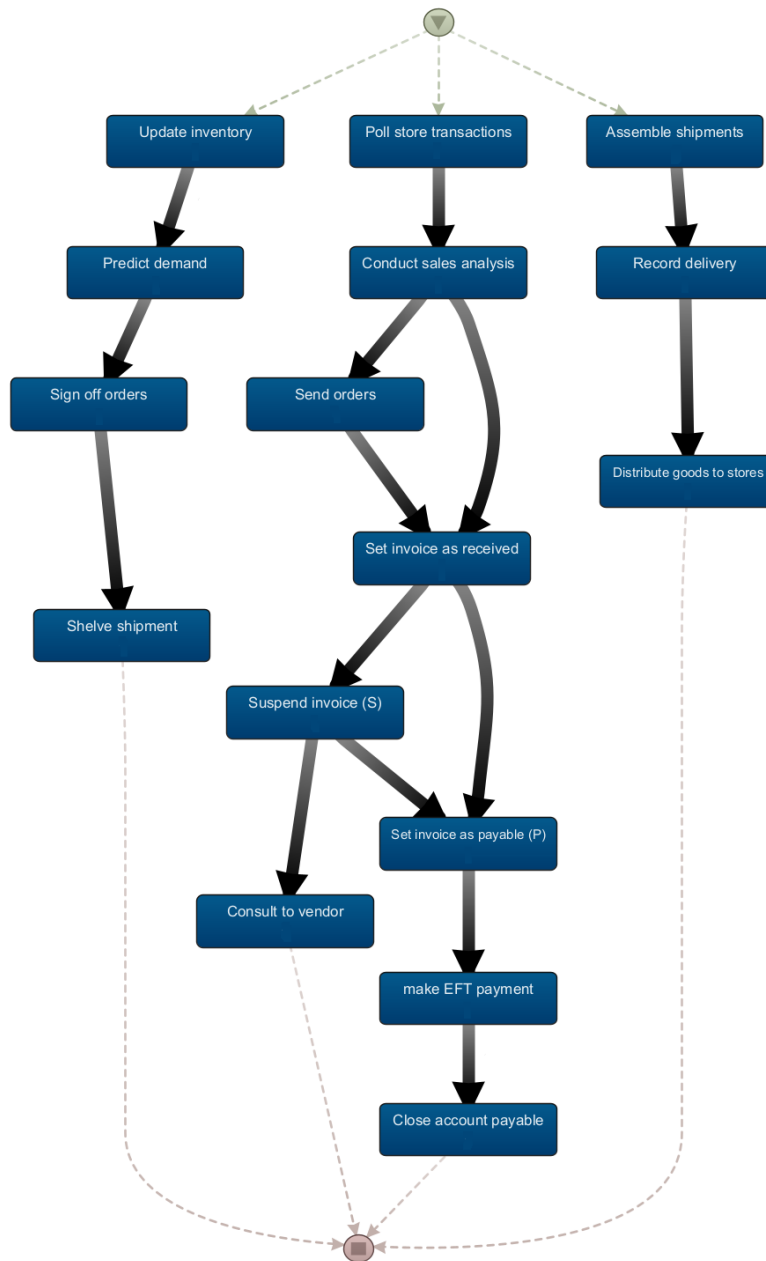
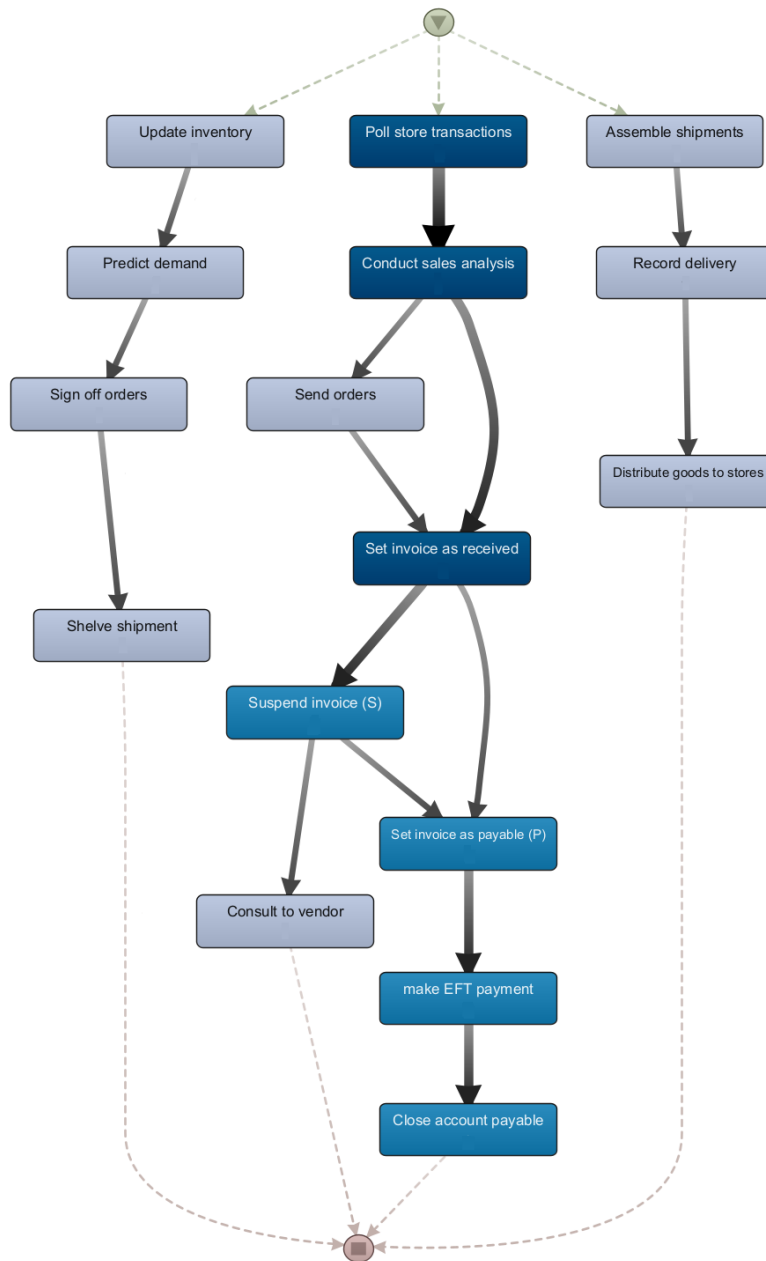


Figure 9: Purchase-to-pay proces met frequentievisualisatie



## 7.2 Survey

### Questions for the goods handling proces

#### **Introductory questions (short text answer)**

- How many activities does the process have?
- Does the documentation depict a manufacturing process?
- Does this process start with rejection of goods?
- Does this proces only allow for the delivery with purchase order?

#### **Search and recognition questions (multiple choice and short text answers)**

- What is (/are) the subsequent task(s) for looking up procurement rules?
- Which task handles the notification of acceptance / rejection?
- Which task is performed right before inspecting goods quality?
- How many decisions have to be taken for a delivery note to be placed in the stock?
- What is the most important path according to this process model?
- What is the most important activity according to this process model?
- How can the process end (or always ends)?

#### **Problem solving questions**

- A delivery had been succesfully inspected and was placed in stock. It was found out the next day that it was a delivery without accompanying purchahse order in which no approval was given by the booking clerk. List any identifiable risks that may affect financial accounts and the company operation as the result of the above situation.
- The procurement manager wants to reduce the rejected goods rate. The high number of any rejected goods deliveries reduced the inventory available to sell and creates too many backorders (out-of-stock orders), which end up being cancelled. What control procedures need to be enforced to help the manager to sort out the problem?

### **Recall task**

Please fill in the correct word in the text, based on the process diagram.

- A truck driver registers at the goods receiving department with a [1] note to a goods receipt officer. The officer identifies the delivery type. In his case, it is a delivery related to a [2] order. In case of deliveries without a purchase order, a booking clerk has to be contacted. The booking clerk shall look up the [3] rules before [4] the delivery to be accepted or not. When the decision has been made, the booking clerk [5] the goods receipt officer to execute the acceptance or rejection and [6] the receiving transaction in file. Following the assignment of a delivery ramp to the truck driver, the goods are [7] after offloading them. Since the goods inspection proceeds without complaints, the goods are [8] into stock. In case of inspection complaints, the goods would have been rejected.

### Questions for the purchase-to-pay process

#### **Introductory questions (short text answer)**

- How many activities does the process have?
- Does the documentation depict a purchasing process?
- Does this process start with updating inventory?
- Does this process deliver orders to a distribution center?

#### **Search and recognition questions (multiple choice and short text answers)**

- What is the next task after setting invoice as payable?
- Which task is performed right before recording the delivery?
- How many decisions have to be taken for a suspended invoice to be set as payable from the point when the invoice is received?
- Which activity / activities follow(s) when the invoice is suspended?
- What is the most important path according to this process model?
- What is the most important activity according to this process model?

- How can the process end (or always ends)?

### **Problem solving questions**

- When matching invoice amount with associated purchase order (PO), there are invoices whose number correspond to different POs. Those invoices actually have been paid two months ago as evidence by prior PO number stored in the PO spreadsheet. List any identifiable risks that may affect financial accounts and the company operation as the result of the above situation.
- A store manager has submitted the order for tomorrow's shipment. But when the shipment takes place at the distribution center the next day, he can only find 75% of his orders to be correct, while the remaining have not been received yet or even considered unordered. Which control procedures need to be enforced to help the manager to sort out the problem?

### **Recall task test**

Please fill in the correct word in the text, based on the process diagram.

- Daily between noon and 2 pm, each store manager updates the [1] with a handheld computer that synchronizes the inventory of the in-store computer and predicts what the store needs for the next day, before signing-off. The store manager signs off on the store order by 2 pm to data store database. At the same time, 24-Seven Company Corporate [2] stores electronically for sales, inventory, and orders from the updated corporate database. Based on the [3] analysis, Corporate prepares store orders and posts purchase orders (PO) for vendors. The corporate's distribution center, after receiving delivery notification from all vendors, assembles shipments for stores, [4] all deliveries and distributes goods to all stores. Each store clerk shelves the shipment of inventory. Monthly, 24-Seven Company Corporate procurement and payable staffs sets the status of the invoices received from vendor to R for 'received'. The amounts on the [5] is matched with the PO. When not correct, the status is set to S for 'Suspended', and payables staff resolved the mismatch. When finally matched, the invoice status is set to 'P' for [6]. If still not matching, the payable clerk will consult the vendors.