



**Master in de handelswetenschappen
Afstudeerrichting Operations Management
Academiejaar 2008 - 2009**

**Buffermanagement toegepast in een
studentenrestaurant
Casestudy in de Lessius – Campus Carolus**

Eindrapport masterproef voorgedragen door
Nicolas Van der Donckt
tot het behalen van het diploma van
Master in de handelswetenschappen
o.l.v. **Prof. Diederik Claerhout**

Dankwoord

Dit werk kon slechts tot stand komen dankzij de steun en hulp van vele personen.

Eerst en vooral zou ik graag mijn promotor, Prof. Diederik Claerhout willen bedanken voor zijn uitstekende begeleiding tijdens het opstellen van deze masterproef. Zijn inzicht en deskundige kennis hebben een duidelijke meerwaarde betekend.

Bijzondere dank gaat uit naar Bart Temmerman, voorzitter van ABSOC vzw en lid van de Lessius StudentenRaad (LSR), voor zijn creatieve visie omtrent het onderzoeksvorstel van deze masterproef.

Daarnaast ook een gemeend woord van dank aan de twee medewerksters van het studentenrestaurant van mijn campus, Griet Gestels en Gerda Tournay, voor hun interesse, hulp en geduld tijdens het uitvoeren van de metingen.

Verder waren de metingen in het studentenrestaurant nooit tot stand kunnen komen zonder de gulle medewerking van mijn medestudenten, namelijk Koen De Bruyn, Michel De Laet, Nilay Erdogdu, Laurent Smekens en Kristien Troost.

Vervolgens wil ik mijn dank betuigen aan Ann Van De Peer, directeur van STUVO vzw. Dankzij haar enthousiasme, informatie en hulp in dit onderzoek werden vele zaken vergemakkelijkt.

Tevens zou ik graag Quirina Rosseels bedanken die mij, ook tijdens haar examens, heeft geholpen en gesteund.

Tenslotte wil ik mijn vrienden, kennissen en ouders bedanken voor hun steun tijdens mijn studies aan de Lessius.

Nicolas Van der Donckt

Inhoudstafel

Dankwoord.....	2
Samenvatting.....	5
1 Algemene inleiding.....	6
2 Buffermanagement en het studentenrestaurant.....	8
3 Literatuuroverzicht.....	11
4 Basisveronderstellingen en uitgangspunten.....	13
5 Aantal te bakken broodjes per dag.....	15
5.1 Situatieschets.....	15
5.2 Methodologie en dataverzameling.....	15
5.3 Resultaten.....	16
6 Variëteit van de belegde broodjes in de koeltoog.....	19
6.1 Situatieschets.....	19
6.2 Methodologie en dataverzameling.....	19
6.3 Resultaten.....	20
7 Optimalisatie van de koeltoog.....	22
7.1 Inleiding.....	22
7.2 Situering.....	22
7.2.1 Het <i>news-vendor problem</i>	22
7.2.2 De verwachte doorlooptijd.....	23
7.3 Methodologie en dataverzameling.....	23
7.3.1 Het <i>news-vendor problem</i>	23
7.3.2 De verwachte doorlooptijd.....	26
7.3.3 Wachtijdkostbepaling.....	28
7.3.4 Optimalisatie via het <i>news-vendor problem</i> en de verwachte doorlooptijd.....	28
7.4 Resultaten.....	31
8 Minimalisatie van de variabiliteit van de productietijd.....	38
9 Conclusie.....	39
10 Referenties.....	40

Bijlagen

Bijlage 1: Overzicht van de verkochte broodjes en het overschot.....	43
Bijlage 2: Baalgedrag in het studentenrestaurant.....	44
Bijlage 3: Aantal te bakken broodjes – Werkblad uurroosters – Week 10.....	46
Bijlage 4: Aantal te bakken broodjes – Microsoft Excel.....	50
Bijlage 5: Aantal te bakken broodjes – Model met multicollineariteit.....	51
Bijlage 6: Aantal te bakken broodjes – Model zonder multicollineariteit.....	53
Bijlage 7: Werkbladen voor het voorspellen van de broodjesmix.....	55
Bijlage 8: Variëteit van de broodjes.....	58
Bijlage 9: Werkblad voor het schatten van de verwachte winst.....	60
Bijlage 10: Vraagverdeling van het studentenrestaurant.....	62
Bijlage 11: Vraag gedurende de middagpauze (11.55u – 12.45u).....	63
Bijlage 12: Validatie van het model voor het bepalen van de middagvraag.....	64
Bijlage 13: Menu Item Sheet – Broodje smos kaas en hesp.....	65
Bijlage 14: Verband tussen de Squared Coefficient Value en de vraag.....	66
Bijlage 15: Instabiliteit in het model.....	67
Bijlage 16: Inputtabel voor het bekomen van de verwachte winst.....	68
Bijlage 17: Bovenperspectief winstgrafiek.....	69
Bijlage 18: Verwachte winst – bovenaanzicht.....	70

Lijst van tabellen

Tabel 1. Coëfficiënten van het model ‘aantal te bakken broodjes’.....	18
Tabel 2. Samenvatting van het model ‘aantal te bakken broodjes’.....	18
Tabel 3. Percentage verkochte broodjes per soort volgens totaal aantal verkochte broodjes..	20
Tabel 4. Variëteit van de broodjes die aangeboden worden in de koeltoog.....	21
Tabel 5. Coëfficiënten en significantie van het model ‘middagvraag’.....	25
Tabel 6. Coëfficiënten en significantie van het model ‘SCV’.....	27
Tabel 7. Berekening van de Squared Coefficient of Variance.....	27
Tabel 8. Inputtabel voor het bekomen van de optimale verwachte winst.....	29
Tabel 9. Gemiddelde productietijd met hun respectievelijke standaarddeviatie en variantie..	31
Tabel 10 Verwachte doorlooptijd voor de middagpauze en haar rustige en drukke periode ..	32

Lijst van figuren

Figuur 1. Voorstelling van de wachtrijen.....	9
Figuur 2. Aantal ingeschreven studenten per dag (Week 10).....	17
Figuur 3. Variëteit van de soorten broodjes.....	21
Figuur 4. Voorstelling van de driedelige formule.....	24
Figuur 5. Tijdstip aankomst student.....	33
Figuur 6. Tussenaankomsttijd MTO-broodje per tijdstip.....	33
Figuur 7. Geschatte wachttijd per MTO-student.....	33
Figuur 8. Wachttijdkostsensibiliteit.....	34
Figuur 9. Winst voor specifiek productie- en vraagcombinatie.....	35
Figuur 10. Verwachte winst.....	36
Figuur 11. Winstoptimalisatie en verwachte winst per productiehoeveelheid.....	37

Samenvatting

Het hoofddoel van dit onderzoek bestaat erin de optimale productiehoeveelheid te zoeken van *make-to-stock*-broodjes (MTS) in de koeltoeg van het studentenrestaurant, rekening houdend met de mogelijkheid dat *make-to-order*-broodjes (MTO) ook *à-la-minute* kunnen besteld worden. Er moet een optimale productiehoeveelheid bepaald worden om minimale wachttijden te verzekeren naar de studenten toe en het overschot aan niet-verkochte broodjes in de koeltoeg en niet-belegde stokbroden te beperken. Dagelijks moet het aantal te bakken broodjes geschat worden en moet de optimale productiehoeveelheid MTS-broodjes verdeeld worden over de verschillende variëteiten. De vraag moet ook gesteld worden hoe de wachttijden bij de MTS-broodjes en het gemiddelde en de variantie van de productietijd geminimaliseerd kunnen worden.

Om het aantal te bakken broodjes te bepalen werden de uurroosters van de studenten geraadpleegd. Dankzij het aantal ingeschreven studenten kan een lineaire regressie met enkele variabelen opgesteld worden. Door deze vergelijking kan men het aantal te bakken broodjes schatten. Door de waarnemingen die werden uitgevoerd in het studentenrestaurant, kan men de variëteit van de MTS-broodjes bepalen. Dankzij het schatten van de variëteit van broodjes zullen de studenten minder MTO-broodjes bestellen. Zo verkrijgt men minimale wachttijden. De optimalisatie van de broodjes in de koeltoeg kan gerealiseerd worden dankzij het combineren van twee methoden, namelijk het *news-vendor problem* en de wachtlijentheorie. Meer concreet, de verwachte doorlooptijd, dat overeenstemt met de wachttijd voor een MTO-broodje en dat berekend wordt volgens de benadering van Kingman, doet dienst als *service level* bij het bepalen van de *understocking cost* of de tekortkost. De wachttijd kost is van groot belang om de verwachte winst te voorspellen en de optimale hoeveelheid MTS-broodjes te bepalen.

Men kan besluiten dat bij het nauwkeurig schatten van het aantal te bakken broodjes, de variëteit aan broodjes in de koeltoeg en het optimaliseren van het aanbod in de koeltoeg, de wachttijden gedurende de middagpauze voor de studenten zullen dalen. Er zal ook minder overschot van broodjes te vinden zijn in de koeltoeg en het overschot van niet-belegde broodjes zal gereduceerd kunnen worden. De werkdruk aan het MTO-station zal verlicht kunnen worden waardoor de desbetreffende medewerkster zich op andere zaken zal kunnen concentreren.

1 Algemene inleiding

Buffermanagement gaat, zoals de naam het zegt, over het correct instellen en beheren van de voorraad-, capaciteit- en tijdsbuffer. Indien deze buffers juist worden ingesteld, verkrijgt men een optimale doorlooptijd bij een correct niveau van leveringsbetrouwbaarheid. Deze casestudy past perfect binnen de problematiek van buffermanagement. Om aanvaardbare wachttijden te verzekeren en de overschotten van broodjes te beperken, dient het cateringbedrijf, Horeservi Catering, een optimale voorraadbuffer in de koeltoog aan te houden. Daarbij moet rekening gehouden worden met de vastgelegde capaciteitsbuffer die uitgedrukt kan worden als het aantal medewerkers die aan het broodjesstation werken. Tenslotte verzekert een aanvaardbare wachttijd dat ook de beschikbare tijdsbuffer gerespecteerd wordt.

Het hoofddoel van dit onderzoek bestaat erin de optimale productiehoeveelheid te zoeken van *make-to-stock*-broodjes (MTS) in de koeltoog van het studentenrestaurant, rekening houdend met de mogelijkheid dat *make-to-order*-broodjes (MTO) ook *à-la-minute* kunnen besteld worden. Er moet een optimale productiehoeveelheid bepaald worden om minimale wachttijden te verzekeren naar de studenten toe en het overschot aan niet-verkochte broodjes in de koeltoog en niet-belegde stokbroden te beperken. Dagelijks moet het aantal te bakken broodjes geschat worden en moet de optimale productiehoeveelheid MTS-broodjes verdeeld worden over de verschillende variëteiten. De vraag moet ook gesteld worden hoe de wachttijden bij de MTS-broodjes en het gemiddelde en de variantie van de productietijd geminimaliseerd kunnen worden.

De vier hoofdvragen van dit onderzoek zijn:

- 1 Hoeveel broodjes moeten dagelijks gebakken worden?
- 2 Wat is de optimale productvariëteit van de *make-to-stock*-broodjes om minimale wachttijden bij de *make-to-order*-broodjes te verzekeren?
- 3 Wat is de optimale productiehoeveelheid van de *make-to-stock*-broodjes die vooraf belegd worden, zonder op het einde van de dag een overschot aan te houden?
- 4 Hoe kunnen de wachttijden bij de *make-to-order*-broodjes geminimaliseerd worden? Hoe kan het gemiddelde en de variantie van de productietijd van een *make-to-order*-broodje geminimaliseerd worden?

De toegevoegde waarde van dit werkstuk bestaat erin een beeld te krijgen van een praktische probleemsituatie binnen het studentenrestaurant van een hogeschool en tevens een oplossing aan te reiken. Dit onderzoek kan nadien gebruikt worden voor het oplossen van gelijkaardige probleemsituaties in andere studentenrestaurants.

Dit onderzoek zal een toegevoegde waarde creëren voor meerdere doelgroepen. In de eerste plaats zal de tevredenheid bij de studenten en docenten stijgen. Zij zullen immers sneller bediend worden. Studenten en docenten gebruiken geregeld hun middagpauze om bepaalde zaken voor te bereiden. Dankzij kortere wachttijden zal deze doelgroep hun middagpauze optimaal kunnen benutten. De tweede doelgroep is Horeservi Catering. Dankzij de optimalisatie zullen er minder overschotten en dus minder kosten zijn. Ten derde zal het personeel nauwkeurig weten hoeveel broodjes er gebakken moeten worden en wat de optimale mix van MTS-broodjes is. De vierde en laatste doelgroep, die men als een geheel kunnen beschouwen, zijn de Lessius en STUVO vzw (STUdentenVOorzieningen). Het contract kan in de toekomst mogelijk herbekeken worden. Dit zal een lagere kost voor STUVO en een hogere winst voor Horeservi Catering betekenen.

De toegevoegde waarde van dit onderzoek bestaat er ook in twee verschillende methoden met elkaar te combineren. Men gaat het *news-vendor problem* verfijnen gebruik makend van een stochastisch productiemodel.

Dit werkstuk wordt als volgt ingedeeld. *Hoofdstuk 2* geeft algemene schets van buffermanagement en het studentenrestaurant weer. Hier wordt de situering van de casestudy uitgelegd. Vervolgens wordt in *hoofdstuk 3* het literatuuroverzicht van MTS/MTO-systemen, het *news-vendor problem* en de verwachte doorlooptijd weergegeven. Nadien worden de basisveronderstellingen en uitgangspunten van dit onderzoek in *hoofdstuk 4* aangehaald. *Hoofdstuk 5* bespreekt het dagelijks aantal te bakken broodjes. De variëteit van de belegde broodjes van de koeltoog worden weergegeven in *hoofdstuk 6*. Nadien wordt in *hoofdstuk 7* de optimalisatie van de koeltoog besproken. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 worden telkens de situatieschets, de methodologie, de dataverzameling en de resultaten weergegeven. Vervolgens wordt de minimalisatie van het gemiddelde en de variabiliteit van de productietijden in *hoofdstuk 8* weergegeven. Tenslotte worden de conclusies geformuleerd in *hoofdstuk 9*.

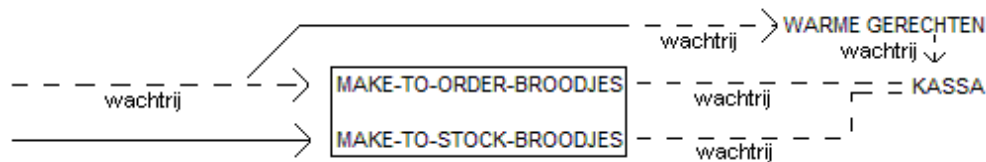
2 Buffermanagement en het studentenrestaurant

Lessius STUVO biedt aan haar studenten koude en warme maaltijden aan. Deze maaltijden kunnen genuttigd worden in het studentenrestaurant dat uitgebaat wordt door Horeservi Catering. Met meer dan 30 *insource*-vestigingsplaatsen is deze onderneming één van de belangrijkste nationale cateraars. Horeservi Catering staat bekend voor haar kennis, flexibiliteit en gezonde prijs-kwaliteitverhouding. De onderneming is vooral actief in bedrijven, maar ook in ziekenhuizen, rustoorden, scholen en universiteiten.

Gedurende de middagpauzes worden er vooral broodjes, soep en warme gerechten verkocht. In het studentenrestaurant zijn er twee medewerkers aangenomen. De taken worden op voorhand verdeeld en wisselen per week. Eén medewerkster is verantwoordelijk voor de broodjes. De andere medewerkster is verantwoordelijk voor de kassa en andere gerechten (warme gerechten, koude gerechten, soep, snack en pasta). De medewerkster aan de kassa kan eventueel helpen bij de broodjes wanneer de overige taken niet voor handen zijn. Dit gebeurt echter sporadisch. Enkel het station van de broodjes zal in deze studie onderzocht worden.

Om de werkdruk van het personeel en de wachttijden voor de studenten gedurende de piekmomenten van de middagpauze te beperken, worden er reeds broodjes op voorhand klaargemaakt in de koeltoog. Er wordt slechts op één moment vóór de middagpauze beslist hoeveel broodjes er zullen belegd worden voor de koeltoog. Studenten kunnen een vooraf bereid broodje uit de koeltoog halen (MTS), waarbij de wachttijd gelijk is aan nul. Men kan ook een broodje naar wens laten bereiden (MTO). Hier is de wachttijd groter dan nul. Er is dus duidelijk een verschil tussen de *make-to-order*-broodjes en *make-to-stock*-broodjes. De MTO-broodjes worden *à-la-minute* of *just-in-time* klaargemaakt terwijl de MTS-broodjes voordien worden belegd.

Indien een student(e) een broodje uit de koeltoog wenst, hoeft hij/zij niet aan te schuiven in de wachtrij, maar kan hij/zij onmiddellijk een broodje uit de koeltoog halen en zich naar de kassa begeven. Volgende figuur geeft een weergave van de mogelijke wachtrijen weer.



Figuur 1. Voorstelling van de wachtrijen.

In tegenstelling tot de koeltoog met MTS-broodjes zal het station van de MTO-broodjes wel een wachtrij creëren. In deze wachtrij kunnen zich studenten bevinden die een warm gerecht wensen. Deze personen veroorzaken echter geen extra wachttijd. Wanneer ze bij het MTO-station aankomen, slaan ze dit station over en richten ze zich direct tot de warme gerechten of de kassa. De kassa zal ook een wachtrij vormen. Deze wordt echter niet bestudeerd.

Op het einde van de lunch zijn er vaak onverkochte MTS-broodjes en stokbroden. Dit komt doordat de medewerkers niet over de nodige middelen beschikken om een goede voorspelling te maken betreffende het aantal te bakken en te beleggen broodjes. De overblijvende stokbroden kunnen gebruikt worden voor de soep van de volgende dag en het overschot aan broodjes van de koeltoog kunnen beschouwd worden als *waste*. Om dit te bevestigen, vindt men in bijlage 1 een overzicht van het overschot terug. De medewerkers van het studentenrestaurant hebben slechts één kans om te beslissen hoeveel broodjes zij zullen bakken en beleggen om aan de vraag van de koeltoog te voldoen gedurende de middagpauze (11.55u – 12.45u). Niet alle broodjes zullen verkocht kunnen worden via de koeltoog. Er zullen steeds broodjes, die niet uit het assortiment van de koeltoog komen, *à-la-minute* kunnen besteld worden. Dit bedraagt ongeveer 15.00 à 20.00%. Wanneer de medewerkers merken dat er onvoldoende broodjes resten en er nog een toestroom van studenten komt, worden extra broodjes gebakken met een baktijd en afkoeltijd van 12 minuten. Dit kan een extra wachttijd veroorzaken. Het is ook opvallend dat er sprake is van een *overacting*-effect waarbij de medewerkers te veel broodjes gaan bijbakken wanneer na de erg drukke periode nog studenten aankomen in het studentenrestaurant.

Deze casestudy past perfect binnen de problematiek van buffermanagement. Om aanvaardbare wachttijden te verzekeren en de overschotten van broodjes te beperken, dient het cateringbedrijf, Horeservi Catering, een optimale voorraadbuffer in de koeltoog aan te houden. Daarbij moet rekening gehouden worden met de vastgelegde capaciteitsbuffer die uitgedrukt kan worden als het aantal medewerkers die aan het broodjesstation werken. Tenslotte verzekert een aanvaardbare wachttijd dat ook de beschikbare tijdsbuffer gerespecteerd wordt.

3 Literatuuroverzicht

Om het hoofddoel van dit onderzoek van naderbij te bestuderen, werd literatuur gezocht over het *news-vendor problem* en de wachtljinentheorie. Het *news-vendor problem* of het *single-period problem* wordt duidelijk weergegeven in Khouja (1999), Lambrecht (2006) en Simchi-Levi *et al.* (2008). In dit mathematisch model wordt het optimale voorraad- of productieniveau bepaald door een marginale kostenanalyse die rekening houdt met de onzekere vraag. De *overstocking cost* is het overschot van MTS-broodjes op het einde van de middagpauze. Wanneer de vraag naar MTS-broodjes groter is dan de productie voor de koeltoog zal er een *understocking cost* ontstaan. Deze tekortkost wordt uitgedrukt in functie van de verwachte doorlooptijd aan het MTO-station. Hiervoor is een literatuurstudie over de verwachte doorlooptijd nodig.

De verwachte doorlooptijd, die dienst kan doen als prestatie maatstaf, wordt berekend in de wachtljinentheorie of *Queueing Theory*. Men zal kunnen vaststellen dat het wachtrijprobleem van het studentenrestaurant voorgesteld kan worden als een G/G/1-model. Hopp en Spearman (2000) beschrijven in hun boek *Factory Physics* de Kingman-vergelijking die in deze studie de basis vormt voor het berekenen van de verwachte doorlooptijd. De alternatieve Krämer/Langenbach-Belz-benadering werd niet gebruikt om de berekeningen zo eenvoudig mogelijk te houden. Deze maakt gebruik van een correctiefactor (Bolch, *et al.*, 2006, p. 270 – 271). Dit zijn benaderingen voor het G/G/1-model. Dit model wordt samen met de wachtljinentheorie besproken door Stanford (1979), Lambrecht en Vandaele (1994), Adan & Resing (2002) en Lambrecht (2006). Naast het boek *Factory Physics* van Hopp en Spearman (2000) kan men verwijzen naar het werk van Ward Whitt (1993) die een aantal algemene benaderingen formuleert voor de G/G/1-wachtrij. *Approximations for the G/G/m queue* beschrijft duidelijk de verwachte wachttijd, de kans van een vertraging en de lengte van de wachtrijen. Whitt (1983) besprak ook de *Queueing Network Analyzer* waarbij een rekenmodel van een netwerk van wachtrijen werd ontworpen. De aankomsten en productietijden hoeven niet Poisson-verdeeld te zijn. Whitt bestudeert echter de Krämer/Langenbach-Belz-benadering. *Canteen Queues* van Farlie (1956) geeft een analyse van een wachtrij in een kantine. Er wordt descriptieve statistiek toegepast om de bewegingen van een wachtrij te bestuderen.

De bovenstaande aanpak werd uitgestippeld nadat een oplossing onvindbaar bleek in de literatuur. Hieronder kan deze studie binnen de beschikbare literatuur over MTS- en MTO-systemen gekaderd worden. Zaerpour *et al.* (2007), Rajogopalan (2002) en Gupta en Benjafaar (2003) bespreken duidelijk het verschil tussen beide productievormen. MTO-systemen bieden een hoge variëteit aan de klanten, maar de producten zijn vaak duurder. MTS-systemen bieden een lage variëteit aan producten en zijn vaak goedkoper. MTS-producten kunnen ook wel beschouwd worden als standaardproducten. Men anticipeert hier op de vraag. Niet alleen het verschil tussen een MTO- en MTS-systeem is belangrijk. Het combineren van beide systemen is ook van groot belang. Veel ondernemingen proberen zich te differentiëren door een grotere variëteit aan te bieden bij een wijzigende vraag en betaalbare prijs. Soman *et al.* (2002) geeft een duidelijk literatuuroverzicht van alle combinaties van MTO- en MTS-productiesystemen.

De vraag of een bepaald product MTO of MTS moet worden geproduceerd gaat terug tot de jaren '60 waar Popp (1965) een simpel stochastisch voorraadmodel van één product, met een doorlooptijd van productie of hervulling gelijk aan nul, wordt voorgesteld. Simpele kostenverschillen van MTO- en MTS-producten worden aangehaald. Williams (1984), Carr en Duenyas (2000), Sox *et al.*, Arreola-Risa en DeCroix (1998), Adan en Van der Wall (1998) en Rajogopalan (2002) bespreken de optimale planning van MTO- en MTS-producten op eenzelfde station. Dit onderzoek zoekt echter naar de optimale MTS-productiehoeveelheid voor de koeltoog waarbij de wachttijd aan het MTO-station binnen aanvaardbare grenzen wordt gehouden. Men zoekt dus niet naar de optimale planning van MTO- en MTS productie op eenzelfde werkstation.

4 Basisveronderstellingen en uitgangspunten

Bij het oplossen van de onderzoeksvragen worden volgende assumpties gemaakt:

- Indien studenten aanschuiven voor warme gerechten zullen zij geen invloed hebben op de wachttijden van de studenten die een MTO-broodje wensen. Aangezien de eerstgenoemde studenten niets bestellen bij het station van de MTO-broodjes zullen zij geen extra wachttijd creëren. Deze personen kunnen de wachtende persoon aan het MTO-station gewoon voorbijsteken. In bijlage 2 wordt het duidelijk dat de studenten weinig tot geen baalgedrag tonen. Het studentengedrag in het restaurant is tevens moeilijk te bepalen. Docenten, die bijvoorbeeld meer geld aan hun middageten kunnen spenderen, gaan gemakkelijker een broodje buiten de school halen. Het baalgedrag wordt daarom niet opgenomen in het model.
- Het station van de broodjes telt slechts één personeelslid. Deze persoon houdt zich uitsluitend bezig met de broodjes. De productietijd van een broodje kan wel variëren. In werkelijkheid zal de medewerkster aan de kassa kunnen helpen bij broodjes wanneer de overige taken reeds uitgevoerd zijn. Dit gebeurt echter sporadisch en wordt buiten beschouwing gelaten.
- Omwille van de complexiteit werd bij het schatten van het aantal studenten die het restaurant bezoeken, geen rekening gehouden met externe factoren zoals weersomstandigheden, studentenkortingen bij andere broodjeszaken en andere. Er werd tevens geen rekening gehouden met keuzevakstudenten uit het masterjaar en studenten met een individueel traject. Studenten uit de lerarenopleiding en het *European Business Studies*-programma worden ook buiten beschouwing gelaten.
- Er is geen sprake van een tekort van de aanvulproducten (bijvoorbeeld kaas, preparé,...) bij de MTO-broodjes. Een student zal een ander broodje bestellen indien er toch een tekort is. Dit gebeurt echter weinig. Indien er geen ruwe broodjes meer in voorraad zijn, worden er extra gebakken. Dit veroorzaakt wel een grote wachttijd daar de baktijd van 12 minuten bedraagt.
- Om de variëteit van de broodjes in deze casestudy te vereenvoudigen, werd geen onderscheid gemaakt tussen de soorten te bakken broodjes. Een student(e) zal dus steeds een broodje wensen op wit of bruin stokbrood. De speciale broodjes, zoals ruitjesbroodjes en multigranenbroodjes, worden buiten beschouwing gelaten. Omwille

van de complexiteit wordt aangenomen dat 50% op witte broodjes en 50% op bruine broodjes wordt belegd.

- De vraag naar warme gerechten en belegde broodjes zijn onafhankelijk van elkaar. Een student die een broodje wenst, zal zich dus niet bedenken om toch een warm gerecht te nemen.
- De vraag naar de verschillende soorten broodjes wordt perfect gecapteerd door de verkoopcijfers.
- Een vaste vraagverdeling, met hetzelfde gemiddelde en dezelfde standaardafwijking, wordt in dit onderzoek aangenomen. Verder onderzoek kan deze echter verfijnen door een lineaire regressie uit te voeren met als onafhankelijke variabelen het aantal ingeschreven studenten.

5 Aantal te bakken broodjes per dag

5.1 Situatieschets

De Lessius maakt gebruik van uurrooster waarbij één hoorcollege gelijkgesteld wordt aan twee uur. Een hoorcollege kan beginnen om 8.30u, 10.30u, 13.30u en 15.30u. Eén hoorcollege duurt echter 100 minuten waardoor een docent zelf kan bepalen of hij/zei vroeger¹ met zijn of haar les zal eindigen. Om het aantal bezoekers dat een broodje wenst te schatten, is het aantal ingeschreven studenten, dat aanwezig is op de Lessius – Campus Carolus, de belangrijkste factor.

5.2 Methodologie en dataverzameling

Om te weten hoeveel studenten er verwacht worden op de school werden alle uurroosters van het departement Handelswetenschappen en Toegepaste Psychologie² verzameld gedurende zeven weken (week 7 – week 13). Er werd een werkblad opgesteld met alle studiejaren³, desbetreffende leeractiviteit en aantal ingeschreven studenten per leeractiviteit. Om meer accuraat te weten hoeveel studenten de Lessius mogelijk zouden bezoeken, werd rekening gehouden met twee extra factoren. Als eerste factor moet er rekening gehouden worden met een lesverplaatsing naar een andere dag en/of uur. Bij een leswijziging van een hoorcollege werd in het Excel-werkblad het aantal ingeschreven studenten van het desbetreffende hoorcollege op nul studenten gezet en werd de aanpassing opgenomen in het werkblad van het Excel-document. Als tweede en laatste factor werd rekening gehouden met de afwezigheid van docenten. Hier werd de desbetreffende cel van het aantal ingeschreven studenten voor het hoorcollege van de leeractiviteit ook op nul gezet. Indien een nieuw hoorcollege werd gepland, werd dit ook opgenomen in het werkblad. Dit zijn de twee belangrijkste factoren die het aantal studenten op de Lessius en in het studentenrestaurant kan voorspellen aangezien ook deze ook efficiënt te bepalen zijn. Het werkblad is in bijlage 3 terug te vinden.

¹ Respectievelijk om 10.10u, 12.10u, 15.10u en 17.10u.

² Wegens plaatsgebrek op Campus Sanderus werden enkele hoorcolleges van het departement Toegepaste Psychologie gepland op Campus Carolus.

³ Bachelor 1, Bachelor 2, Bachelor 3, Schakeljaar, Master per afstudeerrichting en Toegepaste Psychologie

Verder onderzoek met bijkomende variabelen zou de voorspelling verder kunnen verfijnen. Zo zijn onder andere de weersomstandigheden, het assortiment warme gerechten, de prijzen van de broodjes en het broodje van de week mogelijke overige variabelen die het aantal restaurantbezoekers beïnvloeden.

Aan de hand van een lineaire regressie kan men het aantal te bakken broodjes voorspellen. Volgende variabelen konden opgesteld worden:

- Aantal ingeschreven studenten die enkel les hebben tussen 8.30u – 10.30u (enkel8)
- Aantal ingeschreven studenten die enkel les hebben tussen 10.30u – 12.30u (enkel10);
- Aantal ingeschreven studenten die enkel les hebben tussen 13.30u – 15.30u (enkel13);
- Aantal ingeschreven studenten die zowel les hebben om 8.30u als 10.30u (vmpauze)
- Aantal ingeschreven studenten die zowel les hebben om 10.30u als 13.30u (mpauze)
- Aantal ingeschreven studenten die les hebben om 8.30u (alle8)
- Aantal ingeschreven studenten die les hebben om 10.30u (alle10).
- Aantal ingeschreven studenten die les hebben om 13.30u (alle13)

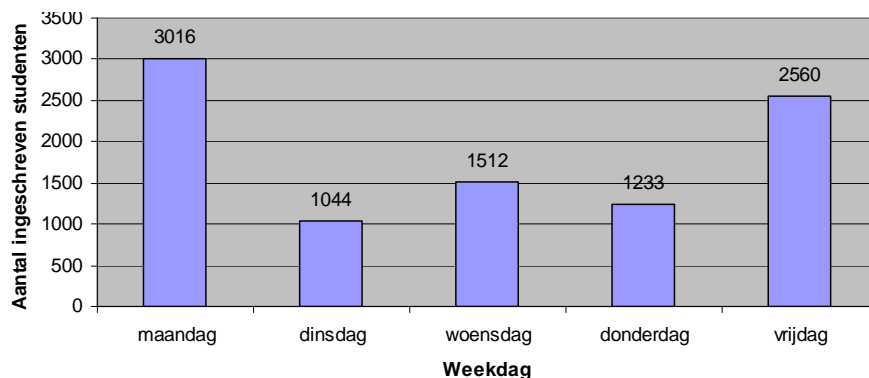
Een overzicht van het aantal ingeschreven studenten is terug te vinden in bijlage 4. Tevens werd het aantal verkochte broodjes gedurende dezelfde tijdsperiode verzameld. Omwille van de complexiteit gaat men er van uit dat 50% van de te bakken broodjes witte broodjes; de overige 50% te bakken broodjes zullen dan bruine broodjes zijn.

Indien het aantal te bakken broodjes gekend is en de medewerkers het aantal verkochte broodjes voor en tijdens de middagpauze kent, kunnen zij het aantal te bakken broodjes na de middagpauze schatten.

5.3 Resultaten

Aan de hand van het werkblad dat werd opgesteld, wordt duidelijk dat in het tweede semester van het academiejaar 2008-2009 de school en dus ook het studentenrestaurant van Campus Carolus vooral op maandag en vrijdag druk bezocht worden. Dit kan onder andere verklaard worden door de aanwezigheid van de studenten van het departement Toegepaste Psychologie. In het volgende voorbeeld vindt men het aantal ingeschreven studenten die

Campus Carolus in week 10 (maandag 2 maart 2009 – vrijdag 6 maart 2009) zouden moeten bezoeken. Dit wordt grafisch weergegeven in volgende figuur.



Figuur 2. Aantal ingeschreven studenten per dag (Week 10).

In bijlage 4 merkt men dat het aantal verkochte broodjes overeenstemt met het aantal studenten dat men verwacht op de campus. Maandag en vrijdag zijn drukkere dagen. Donderdag is dan weer een zeer rustige dag doordat Bachelor 1 en Bachelor 2 op dat moment geen hoorcolleges hebben.

Indien men alle variabelen in het model zet, vertoont de lineaire regressie multicollineariteit⁴. Dit model is terug te vinden in bijlage 5. De volgende onafhankelijke variabelen werden uiteindelijk gekozen om multicollineariteit te vermijden.

- Aantal ingeschreven studenten die enkel les hebben tussen 10.30u – 12.30u (enkel10);
- Aantal ingeschreven studenten die enkel les hebben tussen 13.30u – 15.30u (enkel13);
- Aantal ingeschreven studenten die les hebben om 10.30u (alle10).

De verklarende variabele 'aantal ingeschreven studenten die les hebben om 13.30u (alle13)' werd niet opgenomen in het model aangezien deze niet significant is volgens de lineaire regressie (0.959). De derde variabele uit de opsomming van hierboven bestaat ook uit studenten van 'enkel10'. De multicollineariteit werd nagekeken via de correlatiematrix, *collinearity diagnostics*-tabel en R^2 . Deze vindt men in bijlage 6 terug. De volgende tabel geeft de samenvatting van de coëfficiënten van het model weer.

⁴ Multicollineariteit: twee of meerdere verklarende variabelen vertonen een sterke lineaire afhankelijkheid. Dit zorgt voor storende correlatie tussen de regressoren. Deze lineaire afhankelijkheid vertoont een hoge R^2 en VIF-waarden groter dan 10. De R^2 verklaart de efficiëntie van het model. De Variance Inflation Factors (VIF) is de mate waar de multicollineariteit er in slaagt om de T-statistiek naar beneden te halen en de variantie groter te maken. Hoe lager deze ratio, des te kleiner de kans op multicollineariteit (Studenmund, 2006, p. 257 – 260).

Tabel 1

Coëfficiënten van het model 'Aantal te bakken broodjes'

Model	beta	T-Statistiek	Sig.	VIF
(Constant)	75,94	7,658	0,000	
enkel10	-0,133	-3,115	0,004	1,03
enkel13	0,247	2,276	0,030	1,051
alle10	0,062	5,919	0,000	1,034

Tabel 2

Samenvatting van het model 'Aantal te bakken broodjes'

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,801 ^a	,642	,607	20,08959

a. Predictors: (Constant), alle10, enkel10, enkel13

b. Dependent Variable: TE_BAKKEN

De determinantcoëfficiënt R^2 is de maatstaf die de degelijkheid van de fit van het model aangeeft. 64.20% van de variabiliteit van het model wordt verklaard door de drie opgenomen regressoren. In de tabel met de coëfficiënten zijn alle significanties van de verklarende variabelen lager dan ,05. Dit betekent dat de regressoren significant zijn. De lage *VIF*-waarden tonen een afwezigheid van multicollineariteit. De *ANOVA*-tabel toont aan dat de significantie lager is dan ,05 waardoor de R^2 geïnterpreteerd mag worden als de maatstaf voor de efficiëntie van het model. Hierdoor zijn de parameters voor minstens 95.00% betrouwbaar.

De *One-Sample Kolmogorov-Smirnov*-test vergelijkt de geobserveerde verdelingsfunctie van de vraag naar broodjes met de normaalverdeling. De kans dat de residu's normaal verdeeld zijn, bedraagt 80.50%. Hoe dichter de *Asymp. Sig. (2-tailed)* bij 1.000 nadert, hoe kleiner het verschil tussen de normale verdeling en de verdeling van de residu's die men bekomen heeft. De *ANOVA*-tabel en *One-Sample Kolmogorov-Smirnov*-test zijn allebei terug te vinden in bijlage 6.

De volgende lineaire regressiefunctie kan opgesteld worden:

$$TE_BAKKEN_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot enkel10 + \beta_2 \cdot enkel13 + \beta_3 \cdot alle10 + \varepsilon_i$$

waarbij:

$$TE_BAKKEN_i = 75.940 - 0.133 \cdot enkel10 + 0.247 \cdot enkel13 + 0.062 \cdot alle10 + \varepsilon_i$$

6 Variëteit van de belegde broodjes in de koeltoog

6.1 *Situatieschets*

De koeltoog in het studentenrestaurant van Campus Carolus bewaart de broodjes die op voorhand worden belegd zodat een student(e) sneller een broodje kan kiezen. Dit zorgt dat studenten niet langer hoeven aan te schuiven voor broodjes die *à-la-minute* worden belegd. Deze koeltoog beschikt over negen schappen waarin verschillende broodjes bewaard kunnen worden.

6.2 *Methodologie en dataverzameling*

Om de variëteit in de koeltoog te bepalen, werd gebruikt gemaakt van twee werkbladen die terug te vinden zijn in bijlage 7. Na vijf weken observaties merkt men dat de negen plaatsen in de koeltoog steeds bezet worden door dezelfde broodjes, namelijk:

- Broodje smos kaas
- Broodje smos kaas en hesp
- Broodje smos hesp
- Broodje martino
- Broodje smos préparé
- Broodje smos mozzarella
- Broodje spek en eiersalade
- Broodje brie
- Broodje van de week

Deze broodjes worden allemaal belegd op wit of bruin stokbrood. Omwille van de complexiteit neemt men aan dat 50.00% op wit brood en 50.00% op bruin brood belegd wordt. Enkel de broodjes smos mozzarella en broodjes brie werden klaargemaakt op respectievelijk een focaccia-broodje en bagnat-broodje. Gedurende 11 dagen werd de vraag naar de verschillende soorten broodjes, waaronder degene die zich steeds in de koeltoog bevinden, waargenomen.

Het broodje van de week, één van de negen broodjes van de koeltoog, varieert naargelang de wekelijkse menusamenstelling. Een broodje vleessalade, broodje brie-rucola en broodje zalmzalade zijn enkele voorbeelden die reeds in aanmerking zijn gekomen als broodje van de week. Aangezien het broodje van de week wekelijks varieert en de vraag naar deze broodjes moeilijk kan bepaald worden, beslisten de medewerkers in het restaurant dat er

dagelijks zes broodjes van de week in de koeltoog worden geplaatst. Afhankelijk van de voorraad en bestellingen kan het broodje brie vervangen worden door een andere soort. Het percentage wordt wel behouden. Wegens de korte houdbaarheidsperiode van sommige producten, worden deze broodjes in de koeltoog geplaatst.

6.3 Resultaten

Op 11 februari 2009 was de verkoop van een smos kaas gelijk aan 20 broodjes. Die dag werden er gedurende de middagpauze 76 broodjes verkocht. Dit wil zeggen dat 26.32% van de verkochte broodjes smos kaas waren. De verschillende verhoudingspercentages worden in de volgende tabel weergegeven.

Tabel 3

Percentage verkochte broodjes per soort volgens totaal aantal verkochte broodjes (gedurende de middagpauze)

	11/feb	12/feb	13/feb	16/feb	18/feb	19/feb	23/feb	24/feb	25/feb	26/feb	27/feb	AVG
Smos kaas	26,32%	19,40%	12,15%	15,45%	24,19%	20,31%	19,23%	20,18%	21,59%	17,19%	20,54%	19,69%
Smos hesp	10,53%	8,96%	4,67%	16,26%	14,52%	10,94%	10,58%	10,09%	10,23%	7,81%	12,50%	10,64%
Smos kaas en hesp	10,53%	16,42%	12,15%	17,89%	16,13%	17,19%	13,46%	17,43%	7,95%	15,63%	7,14%	13,81%
Broodje martino	6,58%	10,45%	8,41%	12,20%	6,45%	21,88%	8,65%	9,17%	10,23%	10,94%	8,93%	10,35%
Smos préparé	2,63%	1,49%	3,74%	3,25%	4,84%	3,13%	3,85%	5,50%	13,64%	7,81%	2,68%	4,78%
Broodje smos mozzarella	1,32%	8,96%	6,54%	7,32%	11,29%	9,38%	8,65%	4,59%	7,95%	6,25%	8,93%	7,38%
Broodje spek en ei	7,89%	7,46%	6,54%	6,50%	4,84%	0,00%	0,00%	1,83%	9,09%	6,25%	8,93%	5,40%
Broodje brie	5,26%	5,97%	2,80%	9,76%	12,90%	6,25%	0,00%	0,92%	0,00%	0,00%	0,00%	3,99%
Broodje van de week	2,63%	0,00%	0,00%	0,81%	4,84%	10,94%	0,00%	0,00%	5,68%	10,94%	3,57%	3,58%
	73,68%	79,10%	57,01%	89,43%	100,00%	100,00%	64,42%	69,72%	86,36%	82,81%	73,21%	77,87%

Gedurende de observaties werd het duidelijk dat wanneer er een bepaald soort broodje niet meer aanwezig was in de koeltoog, deze *à-la-minute* besteld werd. Dit betekent dat er wachttijden ontstonden door een te klein aantal op voorhand belegde broodjes. Uit vorige tabel kan men ook afleiden dat op 19 februari 2009 geen broodje met spek en ei werd verkocht voor de koeltoog. Meer informatie vindt men in bijlage 8 terug.

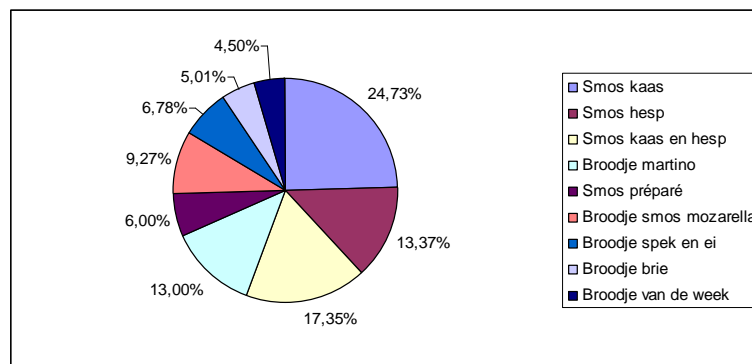
Afgerond 78.00% van de verkochte broodjes gedurende de middagpauze zouden kunnen verkocht worden via de koeltoog. Zoals eerder beschreven zijn acht van de negen soorten broodjes op de meeste dagen terug te vinden in de koeltoog. Deze broodjes worden dan ook het meest gevraagd door de studenten. Dankzij het schatten van de broodjesmix, zou 20.00% meer broodjes in de koeltoog geplaatst kunnen worden. Men zou de verwachte doorlooptijd met 20.00% kunnen reduceren. Volgende tabel (tabel 4) geeft de variëteit per soort broodje weer die berekend werd aan de hand van vorige tabel (tabel 3). Enkel het

gemiddelde van de percentages van het broodje van de week verschilt doordat men er vanuit gaat dat er steeds zes broodjes van deze soort in de koeltoog worden geplaatst.

Tabel 4
Variëteit van de broodjes die aangeboden worden in de koeltoog

	MIX 1	MIX 2
Smos kaas	19,69%	20,61%
Smos hesp	10,64%	11,14%
Smos kaas en hesp	13,81%	14,46%
Broodje martino	10,35%	10,84%
Smos préparé	4,78%	5,00%
Broodje smos mozzarella	7,38%	7,73%
Broodje spek en ei	5,40%	5,65%
Broodje brie	3,99%	4,18%
Broodje van de week	3,58%	
	79,62%	79,62%

Het is duidelijk dat het broodje smos kaas en broodje smos kaas en hesp de populairste broodjes zijn. MIX 1 geeft de gemiddelde waarden weer indien men veronderstelt dat zes broodjes van de week aanwezig zijn in de koeltoog. Indien men veronderstelt dat er toch geen broodje van de week aanwezig is, bekomt men andere percentages (MIX 2). Het kan gebeuren dat het broodje van de week wordt vervangen door andere broodjes waarvan de producten een kortere houdbaarheidsdatum hebben. De percentages die terug te vinden zijn in de bovenstaande tabel, kunnen gebruikt worden voor het bepalen van de broodjesvariëteit. Indien men het vorige percentage op 100% zet, verkrijgt men de volgende cirkelgrafiek.



Figuur 3. Variëteit van de soorten broodjes.

Na het meten van de productietijden van de broodjes is gebleken dat het maken van broodjes die worden aangeboden in de koeltoog ook het meeste tijd in beslag neemt doordat deze veel garnituur vereisen. Zowel een broodje tonijnsalade als een broodje kip-currysalade kunnen echter *à-la-minute* klaargemaakt worden aangezien hun productietijd ongeveer 22 seconden bedraagt.

7 Optimalisatie van de koeltoog

7.1 Inleiding

In het *single-period problem* (SPP), beter gekend als het *news-vendor problem*, wordt gezocht naar de bestelhoeveelheid die de verwachte winst maximaliseert in een situatie waarbij men slechts één kans krijgt om te bestellen en de vraag onzeker is. Het SPP neemt aan dat overschot met korting verkocht wordt. In deze casestudy wordt gezocht naar de productiehoeveelheid voor de koeltoog die de verwachte winst zal maximaliseren. De *overstocking cost* is de kost wanneer het studentenrestaurant een overschot aan broodjes in de koeltoog ondervindt terwijl de *understocking cost* de kost is bij een tekort aan broodjes in de koeltoog.

7.2 Situering

7.2.1 Het *news-vendor problem*

In dit mathematisch model wordt het optimale voorraad- of productieniveau bepaald. Het wordt gekarakteriseerd met marginale kosten en opbrengsten waarbij er een onzekere vraag aanwezig is. In deze casestudy kan het *news-vendor problem* opgesplitst worden in drie situaties. Ten eerste weten de medewerkers exact hoeveel broodjes er in de koeltoog moeten worden aangeboden. Er zijn geen tekorten waardoor de belasting van het MTO-station tot een minimum wordt herleid. Om 12.45u is er tevens geen overschot in de koeltoog waardoor de waste geminimaliseerd wordt. De productie P is gelijk aan de vraag gedurende de middagpauze D .

De tweede situatie bestaat wordt gekenmerkt door een overschot aan broodjes in de koeltoog. Hierbij is de productie P groter dan de vraag D . Daardoor zal het studentenrestaurant een *overstocking cost* per broodje moeten betalen. Aangezien het broodje wordt weggegooid, is de waarde van deze kost gelijk aan de productiekost van 0.97 euro.

De laatste en derde situatie is de meest complexe situatie. Indien een student(e) merkt dat het gewenste broodje niet aanwezig is in de koeltoog, zal hij/zij een broodje *à-la-minute* bestellen. Bij een tekort aan broodjes, zal het studentenrestaurant een *understocking cost* of

tekortkost moeten betalen. De verwachte doorlooptijd zal gebruikt worden om de wachttijdkost te schatten.

De medewerkers van het studentenrestaurant hebben slechts één kans om te beslissen hoeveel broodjes zij zullen bakken en beleggen om aan de vraag van de koeltoog te voldoen gedurende de middagpauze. Vervolgens realiseert zich de vraag van de studenten, gekenmerkt door een verdelingsfunctie. Het is dus belangrijk om een betrouwbare verdelingsfunctie van de vraag gedurende de middagpauze te schatten. Indien dit optimum van de koeltoog bereikt kan worden, zal de verwachte winst maximaal zijn. In dit onderzoek gaat men er van uit dat wanneer er geen gewenste broodjes meer zijn in de koeltoog, de student(e) een broodje *à-la-minute* zal vragen.

7.2.2 De verwachte doorlooptijd

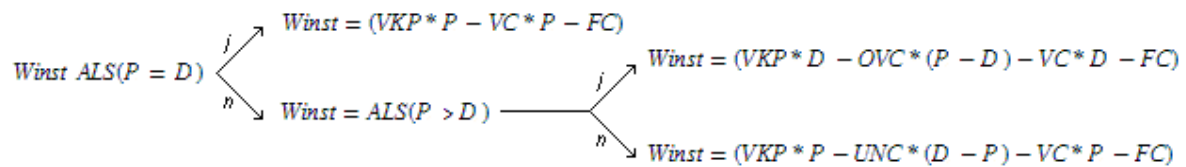
Het wachtrijenprobleem van het studentenrestaurant kan voorgesteld worden als een G/G/1-model. Ten eerste is de verdelingsfunctie van de tijden tussen twee aankomsten of het *arrival process* willekeurig (G) verdeeld. Studenten komen op willekeurige momenten aan in het studentenrestaurant volgens een niet verder gespecificeerde verdelingsfunctie. Daarnaast is de verdelingsfunctie van de productietijden of *service process* ook willekeurig (G) verdeeld. Indien een student(e) twee broodjes bestelt, zal dit beschouwd worden als twee studenten met een tussenaankomsttijd die gelijk is aan nul. Tenslotte bedraagt het aantal parallelle machines of *number of servers* één (1). Er is slechts één station met één wachtrij, namelijk het MTO-station (Lambrecht, 2006, p. 423). De tweede medewerkster kan inspringen wanneer zij geen overige taken hoeft uit te voeren. Dit gebeurt echter sporadisch en wordt buiten beschouwing gelaten.

7.3 Methodologie en dataverzameling

7.3.1 Het news-vendor problem

Aan de hand van de drie situaties uit 7.2.1 kan een formule opgesteld worden om de verwachte winst te bepalen. De formule bestaat uit drie delen die elke situatie voorstelt. Om de winst te bepalen, vermindert men de omzet met de *over-* of *understocking cost* en de

variabele kost, gelijk aan de productiekost. Men gaat er van uit dat de vaste kosten gelijk zijn aan nul. In volgende figuur wordt de formule-opbouw weergegeven.



Figuur 4. Voorstelling van de driedelige formule.

Indien het aanbod in de koeltoog gelijk is aan de vraag naar MTS-broodjes, is de winst gelijk aan de verkoopprijs minus de variabele kosten en de vaste kosten. Dit wordt vermenigvuldigd met het aantal verkochte broodjes. Indien de productie groter zal zijn dan de vraag, zal er een bijkomende kost zijn, namelijk de *overstocking cost* (OVC). Er is sprake van een *understocking cost* (UNC) indien de vraag naar de broodjes van de koeltoog groter is dan de productie. Naarmate meer tekort zal de *understocking cost* exponentieel stijgen. Deze moet uitgedrukt worden in functie van het tekort $D - P$. Het werkblad in bijlage 9 geeft de formule weer die werd gebruikt voor het bepalen van de verwachte winst van een willekeurig vraag- en productieniveau.

Om een correcte vraagverdeling te bepalen werd de vraag naar broodjes gedurende drie semesters genoteerd. Gedurende het tweede semester '07-'08, het eerste semester '08-'09 en het tweede semester '08-'09 werden 149 dagen geanalyseerd. Een gemiddelde van 121.32 broodjes en een standaardafwijking van 29.12 broodjes wordt bekomen. Dit wordt weergegeven in bijlage 10.

Aangezien het onmogelijk is om te weten wat de middagperiode was van de vorige twee semesters werd een lineaire regressie berekend op de 23 dagen in het tweede semester van '08-09. Hierbij werd wel een onderscheid gemaakt tussen het aantal verkochte broodjes die al dan niet verkocht werden in de drukke periode.

De vraag gedurende de middagpauze kan bepaald worden door 0.493 te vermenigvuldigen met de dagvraag. De constante van 31.033 moet hierbij opgeteld worden. Meer gegevens over de middagvraag zijn terug te vinden in bijlage 11. De lineaire regressie is

zeer significant aangezien de onafhankelijke variabele ‘DAGVRAAG’ een significantiewaarde heeft van 0.000. In volgende tabel vindt men de coëfficiënten terug.

Tabel 5
Coëfficiënten en significantie van het model ‘middagvraag’

Coefficients ^a						
Model	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B				Tolerance	VIF
1	(Constant)	31,033	4,108	,001		
	DAGVRAAG	,493	8,159	,000	1,000	1,000

a. Dependent Variable: MIDDAGVRAAG

Indien deze vergelijking aangewend wordt voor de 149 dagen van de drie semesters bekomt men de vraag gedurende de middagpauze. Hieruit kan men een normaalverdeling bepalen. De validatie van dit model is terug te vinden in bijlage 12. De *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test* op de vraagverdeling van de middagpauze⁵ concludeert dat het gemiddelde gelijk is aan 90.83 broodjes en de standaarddeviatie gelijk is aan 14.39. Er is sprake van een normale verdeling aangezien de *Asymp. Sig. (2-tailed)* 43.70% is en dus hoger is dan 5.00%. De *Normal P-P-plot* geeft de data weer ten opzichte van een theoretische normale verdeling die weergegeven wordt door een rechte lijn. De punten van de data sluiten sterk aan bij de rechte lijn waardoor er sprake is van een normaalverdeling.

Men merkt dat 76.90% van de verkochte broodjes worden verkocht onder de middagpauze. Met een R² van 76.00% bekommen we de volgende lineaire regressie die zeer significant is:

$$MIDDAGVRAAG_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAGVRAAG + \varepsilon_i$$

Na het aanvullen van de regressiecoëfficiënten, die terug te vinden zijn in tabel 5, bekomt men:

$$MIDDAGVRAAG_i = 31.033 + 0.493 \cdot DAGVRAAG + \varepsilon_i$$

Het *news-vendor problem* heeft ook een financieel luik. De verkoopprijs bedraagt 1.95 euro. Er is geen restwaarde aangezien men er van uit gaat dat de koeltoog niet meer gebruikt wordt na 12.45u. Na dat uur worden alle broodjes *à-la-minute* klaargemaakt. Om de productiekost per eenheid te bepalen, werd een *menu item sheet*, die in de horecasector wordt gebruikt, opgesteld. Deze is in bijlage 13 terug te vinden. In de veronderstelling dat een smos

⁵ Als dagvraag normaal verdeeld is met gemiddelde 121.29 en standaardafwijking 29.19 dan zal middagvraag normaal verdeeld zijn met gemiddelde $31.033 + 0.493 \cdot 121.32 = 90.83$ en standaardafwijking $0.493 \cdot 29.12 = 14.39$.

kaas en hesp de gemiddelde *food cost* is, zal deze 0.84 euro per broodje zijn. Indien men het dienstpercentage van 16.00% hierbij optelt, verkrijgt men een productiekost van 0.97 euro. Deze kost is dan de *overstocking cost* maar ook de variabele kost.

7.3.2 De verwachte doorlooptijd

Aan de hand van 410 observaties gedurende 11 dagen werd de gemiddelde productietijd berekend. Daarnaast werden gedurende acht dagen de tussenaankomsttijden van de middagpauze bepaald. Deze gegevens werden gemeten aan de hand van een macro die terug te vinden is in bijlage 7. Aangezien er sprake is van een rustige en drukke periode kan men de verwachte doorlooptijd voor beide perioden bepalen. Aan de hand van de gemiddelde productietijden en tussenaankomsttijden, en hun respectievelijke standaardafwijking en variantie, kan men de bezettingsgraad bepalen. Tevens kan men de gekwadrateerde variantiecoëfficiënten bepalen. Zo kunnen de verwachte doorlooptijden bepaald worden.

Met behulp van volgende formule kan men de verwachte doorlooptijd bepalen. Dit wordt ook wel de *Kingman's Formula* genoemd. De eerste term van de vermenigvuldiging van de formule heeft betrekking op de gemiddelde wachttijd. De tweede verwijst naar de gemiddelde productietijd.

$$E(W) = \frac{(C_a^2 + C_e^2)}{2} * \left(\frac{\rho}{1-\rho}\right) * t_e + t_e$$

De verwachte doorlooptijd $E(W)$ is afhankelijk van de productietijd t_e , de variabiliteitsmaatstaven C_a^2 en C_e^2 en de bezettingsfactor $(\rho/(1-\rho))$.

. Een middagpauze wordt gelijkgesteld aan 50 minuten. De tussenaankomsttijd van een MTO-bestelling kan bepaald worden door de volgende formule te gebruiken.

$$\rho = \frac{t_e}{t_a} \quad \text{waarbij} \quad t_a = \frac{50\text{min}}{D-P}$$

Zo bepaalt men hoeveel verwachte tijd er is tussen de aankomst van twee studenten die een MTO-broodje wensen. Dit is de tussenaankomsttijd (t_a). Bij $(D - P) > 0$ zal er een bestelling zijn op het MTO-station. De bezettingsgraad is gelijk aan de productietijd gedeeld door de tussenaankomsttijd. De gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor productietijden C_e^2 is constant voor alle soorten broodjes. De variantie van de productietijden zal dagelijks niet

wijzigen aangezien de productiesnelheid van een broodje altijd even snel zal zijn. Men neemt aan dat de gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor tussenaankomsttijden C^2_a ook constant zal zijn. Men zou vermoeden dat deze coëfficiënt afhankelijk is van de vraag. Volgende tabel bewijst dat dit niet het geval is. De gebruikte gegevens zijn terug te vinden in bijlage 14.

Tabel 6
Coëfficiënten en significantie van het model 'SCV'

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B			Tolerance	VIF
1	(Constant)	1,636	2,821	,030		
	DEMAND	,002	,155	,882	1,000	1,000

a. Dependent Variable: cza

Door de hoge significantiewaarde van 0.882 en een zeer lage beta-coëfficiënt kan men besluiten dat de C^2_a niet afhankelijk is van de vraag. Om een betrouwbare constante C^2_a te bepalen werd de variabiliteit van alle tussenaankomsttijden tussen 11.55u en 12.45u van alle gemeten dagen bepaald. Deze is gelijk aan 1.9467. De *Squared Coefficient of Variance* (SCV) kan bepaald worden door de som van de gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor aankomsten en productietijden te delen door twee.

Tabel 7
Berekening van de Squared Coefficient of Variance

Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor aankomsten	C^2_a	1,946716
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor productietijden	C^2_e	0,136142
Variabiliteit C^2	C^2	2,082859
Gemiddelde variabiliteit	$C^2/2$	1,041429
Squared Coefficient of Variance	SCV	1,041429

De SCV is de macht van de variatiecoëfficiënt. Deze coëfficiënt is gelijk aan 1.0414. Dit wil zeggen dat er in het proces een gemiddelde variabiliteit aanwezig is.

Niet alle broodjes zullen verkocht kunnen worden via de koeltoeg. Er zullen steeds broodjes, die niet uit het assortiment van de koeltoeg komen, *à-la-minute* kunnen besteld worden. Dit bedraagt ongeveer 15.00% à 20.00%. Dit wil zeggen dat de verwachte doorlooptijd de som zal zijn van het tekort aan broodjes in de koeltoeg met de broodjes die altijd *à-la-minute* besteld zullen worden.

7.3.3 Wachtijdkostbepaling

De *understocking cost* (UNC) is afhankelijk van de verwachte doorlooptijd $E(W)$. Deze *understocking cost* en de verwachte doorlooptijd kunnen dus bepaald worden door de volgende formule te gebruiken.

$$UNC = WC * E(W) \quad E(W) = \frac{C_i + C_o}{2} * \left(\frac{\frac{Te}{50 \text{ min}}}{(D - P)} * Te + Te \right) \left(1 - \frac{\frac{Te}{50 \text{ min}}}{(D - P)} \right)$$

Het is belangrijk om een correcte wachtijdkost (WC) te bepalen. De formule van de verwachte doorlooptijd $E(W)$ geeft een meer uitgebreide formulering weer. De uitleg hiervoor werd reeds uitgelegd in hoofdstuk 7.3.2.

De verwachte doorlooptijd is één van de twee factoren om de *understocking cost* te bepalen. De tweede factor is het bepalen van de kost dat een student ervaart bij het wachten voor een broodje *à-la-minute*. Om te zien of de wachtijdkost een grote invloed heeft op het optimum werd een wachtijkostsensibiliteit uitgevoerd. Men gaat er verder van uit dat de wachtijkost een rechtevenredig verloop heeft met de wachttijd.

Voor verdere analyse neemt men aan dat de wachtijkost gelijk is aan 0.21 euro per minuut. Deze parameter kan men beschouwen als *service level* waarbij een student die drie minuten wacht ontevreden zal zijn en fictief een broodje zou durven halen bij de directe concurrentie. In dit geval is dit Panos Groenplaats waar een belegd broodje gemiddeld 0.65 euro meer kost. Waarom voor 0.21 euro per minuut werd gekozen, wordt in 7.4 besproken.

7.3.4 Optimalisatie via het *news-vendor problem* en de verwachte doorlooptijd

Aan de hand van de formule uit figuur 4 kan per productie- en vraagniveau de winst bepaald worden. De formule werd toegepast voor een vraag- en een productioniveau tussen 55 en 150 broodjes om zo een rooster met de verschillende winstcombinaties op te stellen. Via de vraagverdeling kan de kans van een specifiek vraagniveau bepaald worden. Zo kan men de verwachte winst op een bepaald productioniveau bepalen. Deze verwachte winst is de totale winst van alle vraagscenario's gewogen door de kans dat elk scenario zich zou voordoen. Men

zal de productiehoeveelheid vinden die de gemiddelde verwachte winst zal maximaliseren. Deze kans kan voorgesteld worden met de volgende formule:

$$f(D) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

De Griekse sigma (σ) staat voor de standaardafwijking en de Griekse mu (μ) voor het gemiddelde. Aan de hand van deze formule bepaalt men de kans van een specifiek vraagscenario en verkrijgt men de gemiddelde winst.

Indien de bezettingsgraad groter is dan 100%, is er geen sprake meer van een stabiele productieomgeving. Een zeer hoge vraag naar broodjes en een weinig gevulde koeltoog zal zorgen voor buitensporige verwachte doorlooptijden. Indien de bezettingsgraad groter is dan 100% bij een specifiek vraag- en productieniveau zal het werkblad automatisch het woord 'instabiel' vermelden. In bijlage 15 wordt de instabiliteit weergegeven. Een instabiele omgeving kan ontdekt worden dankzij volgende formule:

$$t_e \cdot D - t_c \cdot P > 50 \text{ minuten}$$

Als de productieomgeving aan deze formule voldoet, kan men spreken van een instabiele omgeving. Het rechterdeel van de formule is de middagpauze. Er werd ook een handig werkblad aangemaakt waarbij men de parameters gemakkelijk kan aanpassen zodat men het optimum kan simuleren. Meer informatie over tabel 8 is terug te vinden in bijlage 16.

Tabel 8
Inputtabel voor het bekomen van de optimale verwachte winst

Verkoopprijs	<i>euro per eenheid</i>	VKP	€ 1,95
Vaste kosten	<i>euro</i>	FX	€ 0,00
Food cost	<i>euro per eenheid</i>	FC	€ 0,84
Labour cost (16,00%)	<i>euro per eenheid</i>	LC	€ 0,13
Productiekost			€ 0,97
Overstocking cost	<i>euro per eenheid</i>	OVC	€ 0,97
Wachttijd kost	<i>euro per minuut</i>	WC	€ 0,21
Salvage Value	<i>euro per eenheid</i>	SV	€ 0,00
Gemiddelde tussenaankomsttijd	<i>minuten per eenheid</i>	ta	1,3113
Gemiddelde productietijd	<i>minuten per eenheid</i>	te	0,6675
Aankomst ritme	<i>eenheden per minuut</i>	λ	0,7626
Productieritme	<i>eenheden per minuut</i>	μ	1,4981
Gemiddelde tussenaankomsttijd ²		t²a	1,7194
Gemiddelde productietijd ²		t²e	0,4456

Variatie van tussenaankomsttijden		$\sigma^2 a$	3,3472
Variatie van productietijden		$\sigma^2 e$	0,0607
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor aankomsten		$C^2 a$	1,9467
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor productietijden		$C^2 e$	0,1361
Variabiliteit C^2		C^2	2,0829
Gemiddelde variabiliteit		$C^2/2$	1,0414
Squared Coefficient of Variance		SCV	1,0414
Duur piekperiode	<i>minuten</i>	MIN	50
Standaardafwijking vraag piekperiode		σ	14,39
Gemiddelde vraag piekperiode	<i>eenheden</i>	μ	90,83
Minimale vraag en productie			55
Percentage broodjes die zeker 'à-la-minute' worden gevraagd			15%
Vraag (DAG)	<i>eenheden</i>	DDAG	170
Vraag piekperiode (constant e)		α	31,03
Vraag piekperiode (beta)		β	0,49
Vraag gedurende piekperiode	<i>eenheden</i>	D	115
Productie	<i>eenheden</i>	P	100,00
WINST/VERLIES	euro	W	€ 94,7802
<u>Verwachte</u> winst bij het respectievelijke productieniveau			€ 74,7723
Maximale verwachte winst			€ 76,3105
bij een productieniveau van			93

Het werkblad dat opgesteld werd, kan gebruikt worden voor studentenrestaurants of productieomgevingen met dezelfde probleemstelling waarbij het moet kiezen voor een optimaal productie- en voorraadbeleid voor een koeltoog om minimale wachttijden voor de klant te verzekeren. De volgende parameters kunnen aangepast worden om een accurate curve en gemiddelde verwachte winst te bekomen:

- Verkoopprijs, voedingskost, arbeidskost, restwaarde, wachttijdkost en vaste kost;
- Variatie van de tussenaankomsttijden;
- Duur van de middagpauze;
- Dagvraag en productiehoeveelheid.

De andere parameters, die in dit studentenrestaurant constant worden geacht, kunnen ook aangepast worden, na het uitvoeren van metingen zoals in dit onderzoek.

7.4 Resultaten

In volgende tabel vindt men het gemiddelde, de standaardafwijking en de variantie terug van alle broodjes (broodjes zonder garnituur en broodjes met garnituur).

Tabel 9
Gemiddelde productietijd met hun respectievelijke standaarddeviatie en variantie

	Gemiddelde (seconden/metrisch)		Standaardafwijking (seconden)	Variantie
Alle broodjes	0:00:40	0,667518473	0:00:15	0,060662485
Broodjes exclusief garnituur	0:00:31	0,523856982	0:00:15	0,059900291
Broodjes inclusief garnituur	0:00:45	0,744160256	0:00:13	0,044153297

Uit de tabel kan men afleiden dat het gemiddelde over alle broodjes gelijk is aan 40 seconden. De broodjes exclusief garnituur⁶ worden belegd in 31 seconden terwijl de broodjes inclusief garnituur worden bereid in 45 seconden. De productietijd van een broodje inclusief garnituur is dus 30.00% hoger als de broodjes exclusief garnituur. Uit de tabel kan men ook de standaardafwijkingen en varianties bepalen. Voor het verdere onderzoek werd enkel rekening gehouden met het gemiddelde, de standaardafwijking en de variantie van ‘alle broodjes’.

De middagpauze kan men verder opsplitsen in een rustige en drukke periode. Deze varieert dagelijks. In volgende tabel vindt men de noodzakelijke gegevens terug voor het bepalen van de doorlooptijd voor beide perioden. Er werd een gemiddelde van alle tussenaankomsttijden van de desbetreffende periode (rustig, druk en middag) berekend.

⁶ Een broodje exclusief garnituur is een broodje zonder sla, eieren, komkommer, worteljulienne en andere. Indien een student een broodje kaas met enkel sla vraagt, en dus niet met alle garnituur, beschouwt men dit wel als een broodje exclusief garnituur. De productietijd van het desbetreffende broodje zal geen grote impact hebben op de productietijd.

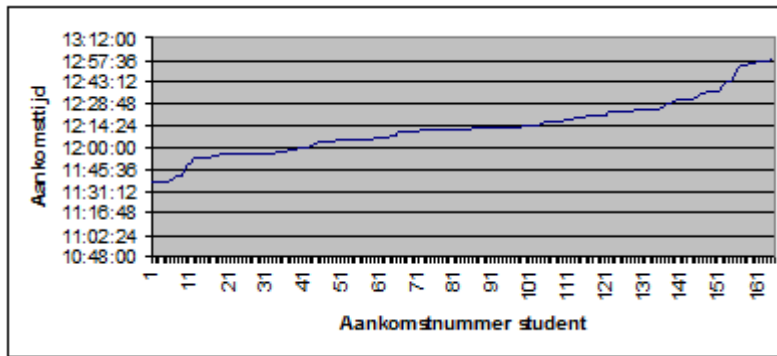
Tabel 10

Verwachte doorlooptijd voor de middagpauze en haar rustige en drukke periode

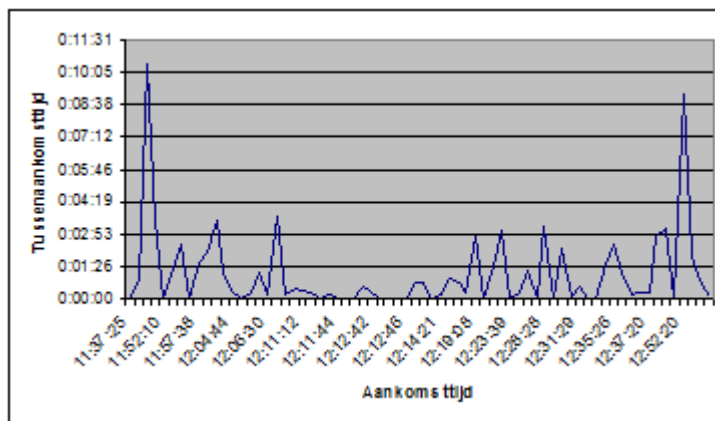
	RUSTIG	DRUK	MIDDAG
Gemiddelde tussenaankomsttijd t_a	0:02:24	0:00:49	0:01:19
	2,3987	0,8197	1,3113
Aankomstrijtme λ	0,4169	1,2199	0,7626
Gemiddelde productietijd t_e	0:00:40	0:00:40	0:00:40
	0,6675	0,6675	0,6675
Productierijtme μ	1,4981	1,4981	1,4981
Bezettingsgraad ρ	27,83%	81,43%	50,91%
Variantie van tussenaankomsttijden σ_a^2	8,0341	1,2350	3,3472
Variantie van productietijden σ_e^2	0,0607	0,0607	0,0607
Gemiddelde tussenaankomsttijd t_a^2	5,7540	0,6719	1,7194
Gemiddelde productietijd t_e^2	0,4456	0,4456	0,4456
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor aankomsten C_a^2	1,3963	1,8380	1,9467
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor productietijden C_e^2	0,1361	0,1361	0,1361
Variabiliteit C^2	1,5324	1,9742	2,0829
Gemiddelde variabiliteit $C^2/2$	0,7662	0,9871	1,0414
Verwachte doorlooptijd $E(W)$ (metrisch)	0,8647	3,5574	2,4011
Verwachte doorlooptijd $E(W)$ (tijd)	0:00:52	0:03:33	0:02:24

In de rustige periode is het aankomstrijtme λ gelijk aan 0.42. Dit wil zeggen dat er 0.42 studenten per minuut aankomen. In de drukke periode komen er gemiddeld 1.22 studenten per minuut aan. De drukke periode heeft een bezettingsgraad van 81.43% terwijl de rustige periode een graad heeft van 27.83%. De verklaring hiervoor ligt in de verhouding tussen de werkbelasting ρ en de capaciteit μ van het systeem. Deze is veel hoger in de drukke periode. De kolom ‘middag’ wordt gebruikt voor de verdere analyse van de optimalisatie van de koeltoog. Hier vindt men de gemiddelden van alle waarnemingen gedurende de middagpauze. De verwachte doorlooptijd voor de drukke periode bedraagt 3 minuten en 33 seconden terwijl de rustige periode 52 seconden bedraagt.

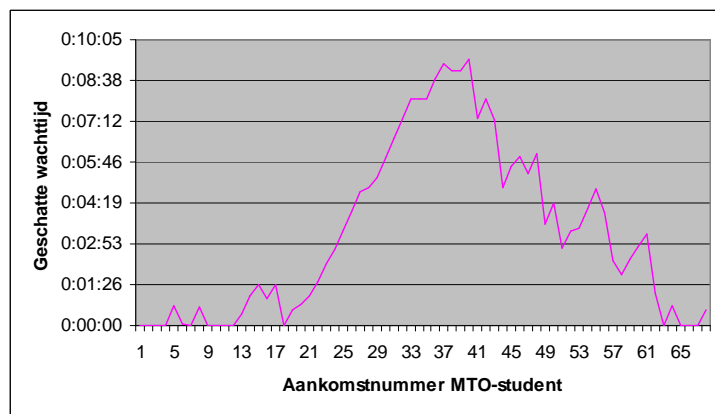
Om deze gegevens beter te begrijpen, wordt er in de volgende drie figuren (figuur 5, figuur 6 en figuur 7) een analyse van vrijdag 6 maart 2009 opgesteld. De eerste figuur geeft de tussenaankomsttijden van alle personen die het studentenrestaurant bezoeken. De tweede figuur geeft de tussenaankomsttijden weer van de MTO-studenten. De wachttijden per student wordt weergegeven in de derde figuur.



Figuur 5. Tijdstip aankomst student.



Figuur 6. Tussenaankomsttijd MTO-broodje per tijdstip.

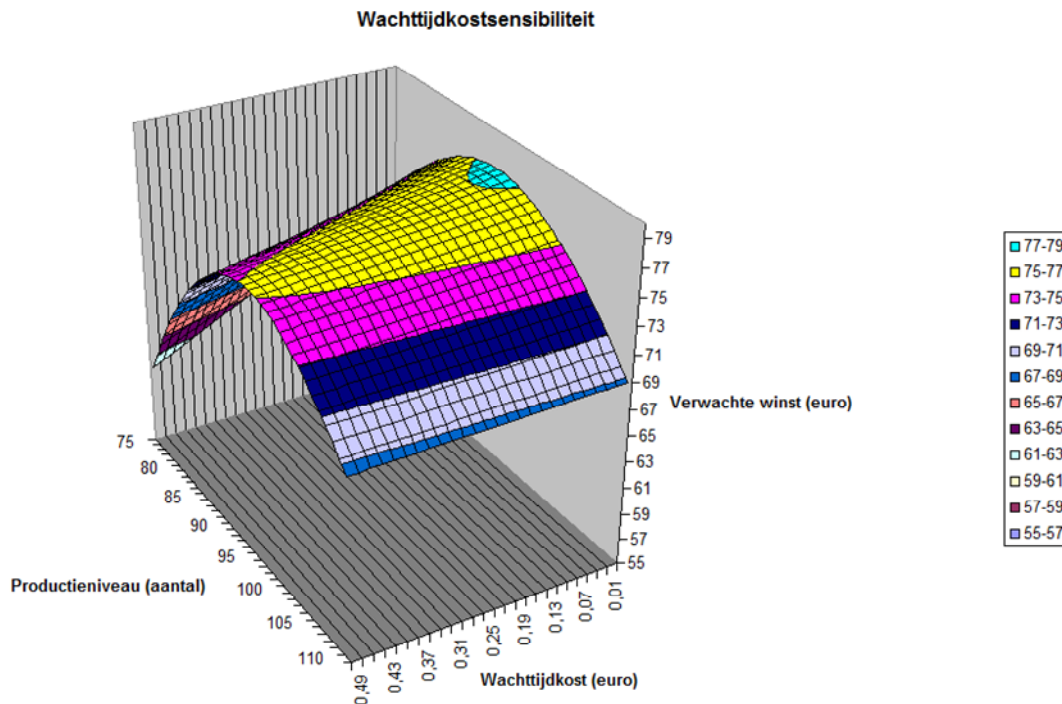


Figuur 7. Geschatte wachttijd per MTO-student.

De eerste grafiek (figuur 5) geeft het aantal studenten weer die aankomen in het restaurant op een bepaald tijdstip. Hoe horizontaler de blauwe lijn, hoe meer studenten op hetzelfde moment aankomen. Tussen 11.55u en 12.15u komen ongeveer 85 studenten aan. De tweede grafiek (figuur 6) geeft enkel de studenten weer die een broodje *à-la-minute* nemen. Tussen 12.10u en 12.20u bestellen de meeste studenten een broodje aan het MTO-station. Hoe lager de blauwe lijn, hoe kleiner de tussenaankomsttijd. Vanaf MTO-student 20 stijgt de wachttijd tot op een niveau van 9 minuten 22 seconden. Dit wordt weergegeven in de derde

grafiek (figuur 7). Dankzij deze opsplitsing merkt men duidelijk het verschil tussen de drukke en rustige periode tijdens de middagpauze.

Om de optimale productiehoeveelheid te bepalen, is het belangrijk om een correcte wachttijdkost te bepalen. Deze kost zal dienen als *service level*. Volgende grafiek geeft de sensibiliteit van de wachttijdkost weer.

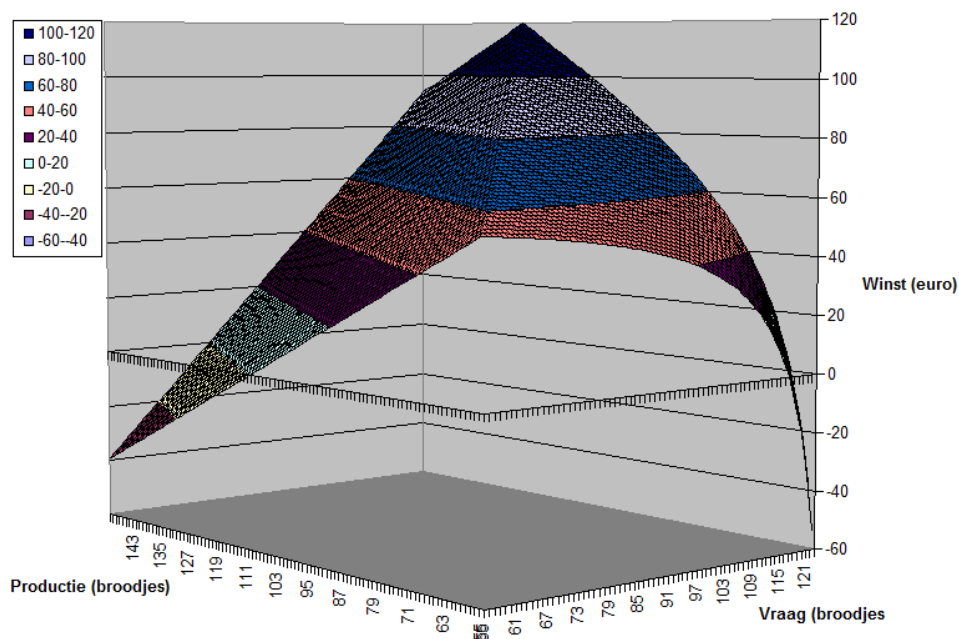


Figuur 8. Wachttijdkostsensibiliteit.

De verwachte maximale winst zal logischerwijze dalen bij een hogere wachttijdkost. Naarmate de wachttijdkost stijgt, zal ook de optimale productiehoeveelheid voor de koeltoog stijgen van 91 broodjes naar 95 broodjes. Indien men per wachttijdkost een productieniveau-curve opstelt, dan verloopt deze smaller bij een hogere wachttijdkost. Het is opvallend dat wanneer de wachttijdkost groter is dan 0.45 euro per minuut de zone rondom het optimum vrij horizontaal verloopt. Dit wil zeggen dat er weinig verschil is in de verwachte winst bij een productieniveau rond het optimum. Wanneer de wachttijdkost stijgt, is het logisch dat het optimum zal stijgen aangezien de medewerkers meer broodjes zullen moeten voorzien in de koeltoog.

Een wachttijdkost van 0.21 euro per minuut is een correcte benadering voor het studentenrestaurant. Studenten die niet wensen aan te schuiven zullen liever elders een broodje kopen. In een andere broodjeszaak zal een student tevens moeten wachten maar de student zal hier een andere perceptie op hebben. Een student zal het immers zo aanvoelen dat hij in deze andere broodjeszaak minder lang moet wachten. Aangezien een broodje bij de concurrentie ongeveer 2.60 euro⁷ kost, zal een student 0.65 euro meer willen betalen. Een student zal het ervaren alsof hij minder dan drie minuten moet wachten vooraleer hij bediend wordt. Deze drie minuten wordt als *service level* beschouwd. De wachttijdkost zal dus 0.21 euro per minuut bedragen. Deze kost wordt voor verder onderzoek gebruikt.

Aan de hand van de methodologie die uitgelegd werd in hoofdstuk 7.3 kan de volgende winst grafiek met de winsten voor alle vraag- en productiecombinaties opgesteld worden. Hiervoor werden de berekende of geschatte gegevens uit tabel 8 gebruikt. Deze wordt in een driedimensionale grafiek weergegeven.



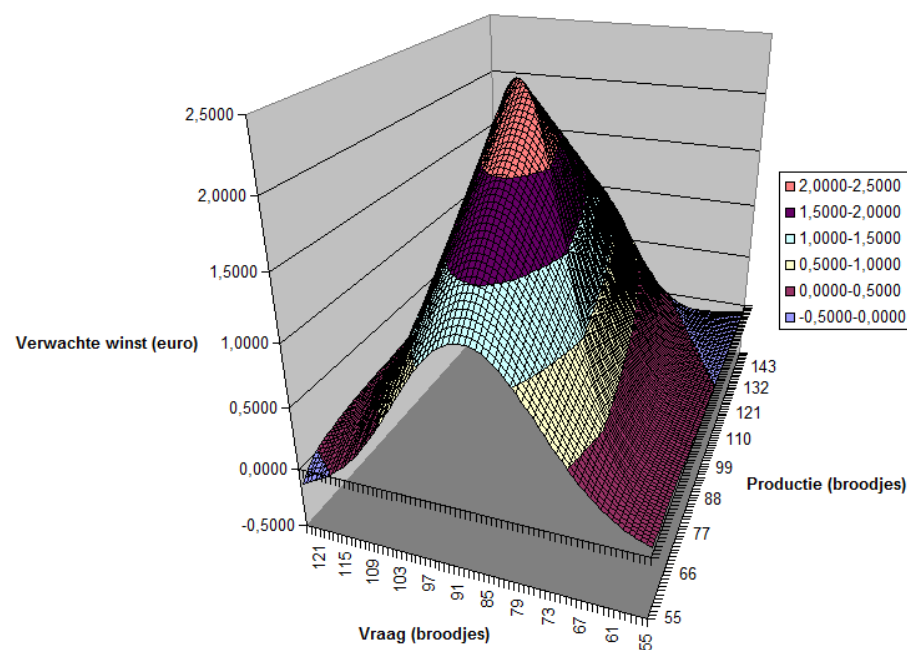
Figuur 9. Winst voor specifiek productie- en vraagcombinatie.

De grafiek kan onderverdeeld worden in twee delen. Het eerste gedeelte bestaat uit een vlak gedeelte. Dit is het gedeelte waarbij de productie groter is dan de vraag naar de broodjes in de koeltoeg. Het andere gedeelte heeft een exponentieel verloop. Dit komt omdat

⁷ Een broodje smos kaas en hesp kostte, gedurende de metingen in het studenten, 2.60 euro

de verwachte doorlooptijd een exponentieel stijgend verloop ondervindt. Een vraag die groter is dan 123 broodjes werd buiten beschouwing gelaten aangezien deze de winstgrafiek zou vertekenen. Het bovenperspectief van de winstgrafiek is terug te vinden in bijlage 17.

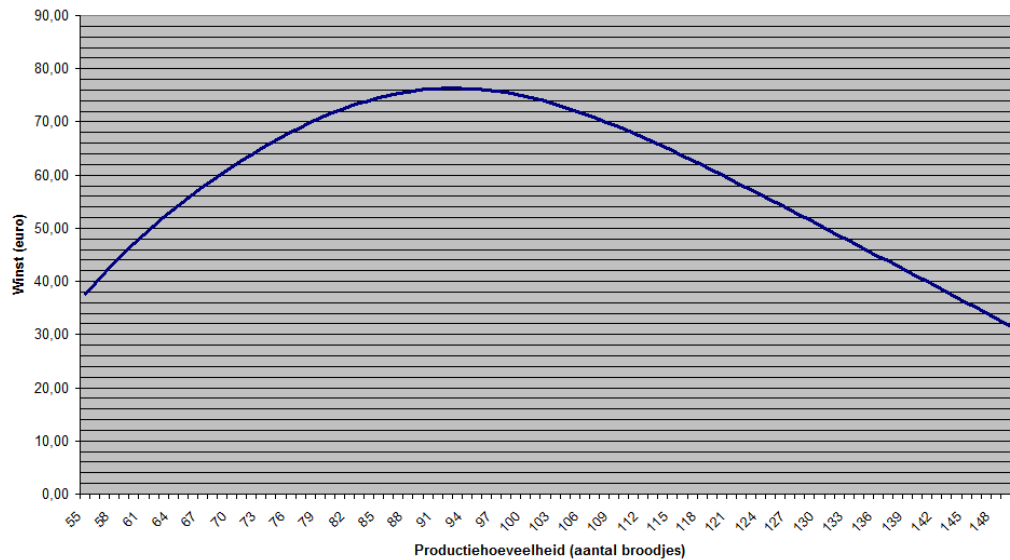
Volgende grafiek geeft de totale winst van elk vraagscenario gewogen door de kans dat elk scenario zich zou voordoen weer. Per productieniveau geeft dit dus een Gauss-curve weer. Om een vertekend beeld te vermijden, werd de vraag die hoger dan 123 broodjes ligt uit de grafiek verwijderd.



Figuur 10. Verwachte winst.

Veronderstel dat de geschatte vraag naar broodjes, die gevonden werd via de lineaire regressieanalyse van de uurroosters, gelijk is aan 170 broodjes. Dit wil zeggen dat er die dag 170 broodjes verkocht worden. Dankzij de methodologie die reeds werd uitgelegd, stelt men vast dat de geschatte vraag naar broodjes gedurende de middagpauze gelijk is aan 115 broodjes. De maximale verwachte winst bedraagt 76.31 euro bij een productieniveau van 93 broodjes. De verwachte winst bij een productieniveau van 100 broodjes is gelijk aan 74.77 euro. Dit kan ook weergegeven worden in de grafiek in bijlage 18 maar dan bekeken vanuit een bovenperspectief.

Men kan hier ook vaststellen dat de verwachte maximale winst wijzigt per vraag- en productieniveau. Naarmate de vraag daalt, zal het optimum bij een lager productieniveau liggen. Het optimum bij een geschatte middagvraag van 115 broodjes kan ook tweedimensionaal bekeken worden. Dit wordt in de volgende figuur weergegeven.



Figuur 11. Winstoptimalisatie en verwachte winst per productiehoeveelheid.

Veronderstel dat de medewerksters 100 broodjes voor de koeltoeg beleggen. Dit wil zeggen dat er te weinig broodjes werden belegd voordat de drukke periode begon. De broodjes die niet op voorhand werden bereid, zullen à-la-minute besteld worden. Er zal een winst van 94.78 euro gegenereerd worden. De maximale verwachte winst bedraagt 76.31 euro bij een productieniveau van 93 broodjes.

Indien men een sensibiliteitsanalyse uitvoert op de variantie van de tussenaankomsttijden, merkt men dat het optimum niet snel zal wijzigen. De maximale verwachte winst zal slechts met 0.23 euro dalen wanneer de variantie stijgt van één naar acht. De optimale hoeveelheid wijzigt van 92 naar 93.

8 Minimalisatie van de variabiliteit van de productietijd

Deze volgende extra inspanningen kunnen gebruikt worden naast het optimaliseren van de koeltoeg. Het zijn middelen om de verwachte doorlooptijd te reduceren maar zijn geen doelen op zich.

De variantie in de productietijd wordt veroorzaakt door enkele organisatorische zaken. Ten eerste kan de variabiliteit beperkt worden door bepaalde producten tijdig aan te vullen. De medewerkers zouden alert moeten zijn en er voor zorgen dat bijvoorbeeld kaas, sla en eieren sneller bijgevuld worden. Het aanvullen mag echter geen invloed hebben op de wachttijd van een student. Dit zou moeten gedaan worden in rustigere perioden.

Een tweede punt dat variabiliteit veroorzaakt, is het zoeken naar producten of materiaal dat niet meteen gebruiksklaar was. Dit kan bijvoorbeeld gaan over mosterd of een lepel. Voor het drukke moment ontstaat, zou de medewerkster moeten nakijken of alles wel klaar staat.

De productietijd kan gemakkelijk gereduceerd worden. Indien de broodjes worden voorgesneden in een rustige periode, kan men gemakkelijk de productietijd van een broodje met vijf seconden gereduceerd worden. Dit zal een effect hebben op de verwachte doorlooptijd.

9 Conclusie

Met behulp van dit onderzoek kan men besluiten dat de productiehoeveelheid van *MTS*-broodjes en *MTO*-broodjes op één station met één arbeidskracht bepaald kan worden. Het secretariaat van de Lessius – Campus Carolus kan advies geven over het aantal te bakken broodjes. Dit zou moeten gedaan worden rond 10.30u. Dankzij het opstellen van de lineaire regressie kan het aantal te bakken broodjes geschat worden. Zo zal er minder overschot zijn waardoor de kost voor Horeservi Catering zal dalen. Hoeveel broodjes er na de middagpauze zullen verkocht worden, kan bepaald worden door de reeks verkochte broodjes van vóór en tijdens de middagpauze te verminderen van de dagvraag.

Aan de hand van deze percentages kan de broodjesmix van de koeltoog bepaald worden om minimale wachttijden te verzekeren. Deze percentages kunnen enkel gebruikt worden als men de vraag van de middagpauze kent. Dankzij het schatten van de broodjesmix, zou 20.00% meer broodjes in de koeltoog geplaatst kunnen worden. Door het huidige aanbod met 20.00% te doen toenemen, kan de verwachte doorlooptijd met 20.00% gereduceerd worden.

Dankzij het combineren van het *news-vendor problem* en de formule van de verwachte doorlooptijd van Kingman kan de optimale productiehoeveelheid voor de koeltoog gevonden worden. De optimalisatie houdt rekening met de wachttijden. Het is belangrijk om een correcte wachttijdkost te bepalen. De wachttijdkostsensibiliteit bewijst dat bij een wijzigende wachttijdkost het optimale productieniveau kan wijzigen. De wachttijdkost zal dienen als een *service level* voor het studentenrestaurant. De maximale verwachte winst kan ook bepaald worden.

Men kan besluiten dat bij het nauwkeurig schatten van het aantal te bakken broodjes de variëteit aan broodjes in de koeltoog en het optimaliseren van deze koeltoog de wachttijden gedurende de middagpauze voor de studenten zullen dalen. Er zal ook minder overschot van broodjes te vinden zijn in de koeltoog en het overschot van niet-belegde broodjes zal gereduceerd kunnen worden. De werkdruk aan het *MTO*-station zal verlicht kunnen worden waardoor de desbetreffende medewerkster zich op andere zaken zal kunnen concentreren.

10 Referenties

- Adan, I. & Van der Wal, J. (1998). Combining make to order and make to stock. *OR Spektrum*, Vol. 20, No. 2, p. 73 – 81.
- Adan, I. & Resing, J. (2002). *Queueing Theory*. (Research paper / Department of Mathematics and Computing Science)- Eindhoven: University of Technology.
- Arreola-Risa, A. & DeCroix, G. (1998). Make-to-order versus make-to-stock in a production-inventory system with general production times. *IIE Transactions*, Vol. 30, No. 8, p. 705 – 713.
- Bolch, G., Greiner, S., de Meer, H. & Trivedi, K. (2006). *Queueing Networks and Markov Chains* (2^{de} ed.), John Wiley & Sons, Hoboken, 878 p.
- Carr, S. & Duenyas, I. (2000). Optimal admission control and sequencing in a make-to-stock make-to-order production system. *Operations research*, Vol. 48, No. 5, p. 709 – 720.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. New Jersey, Prentice Hall.
- Farlie, D.J. (1956). Canteen Queues. *The Incorporated Statistician*, Vol. 7, No. 2, p. 73 – 84.
- Federgruen, A. & Katalan, Z. (1999). The Impact of Adding a Make-to-Order Item to a Make-to-Stock Production System. *Management Science*, Vol. 45, No. 7, p. 980 – 994.
- Gupta, D. & Benjafaar, S. (2004). Make-to-order, make-to-stock, or delay product differentiation? A common framework for modelling and analysis. *IIE Transactions*, Vol. 36, p. 529 – 546.
- Hopp, W.J., & Spearman, M.L. (2000). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management* (2^{de} ed.). McGraw-Hill, New York (NY), 698 p.

- Horeservi Catering (2008). *Horeservi Catering*. Opgevraagd op 9 januari 2009, Verkrijgbaar op <http://www.researchcampushasselt.be/content/documents/horeservi.pdf>
- Husken, B. (2001). *Buffermanagement: betere leverbetrouwbaarheid en gericht verbeteren binnen de productie*. Opgevraagd op 14 november 2008, Verkrijgbaar op: www.gig-europe.eu/page26/page16/files/DBR%20en%20Buffermanagement%2001.pdf
- Khouja, M. (1999). The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. *The International Journal of Management Science*, vol. 27, p. 537 – 553.
- Lambrecht, M. & Vandaele, N. (1994). Queueing Theory and Operations Management. *Tijdschrift voor Economie en Management*, Vol. XXXIX.
- Lambrecht, M. (2006). *Handboek productie- en logistiek management*. Leuven-Heverlee, Alta Uitgeverij, 590 p.
- Milroy, P. (2003). The buffer zone: finding a happy medium between supply and demand in inventory management, *CMA Management*, April 2003, 18-21.
- Rajagopalan, S. (2002). Make to Order or Make to Stock: Model and Application. *Management Science*, Vol. 48, No. 2, p. 241 – 256.
- Simchi-Levi, D., & Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2008). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies* (3rd ed.). New York, McGraw-Hill, 498 p.
- Soman, C., van Donk, D.P. & Gaalman, G. (2004). Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, Vol. 90, p. 223 – 235.
- Sox, C., Thomas, L. & McClain, J. (1997). Coordinating production and inventory to improve service. *Management Science*, Vol. 43, No. 9, p. 1189 – 1197.

- Studenmund, A.H. (2006). *Using Econometrics: a practical guide* (5de ed.). Pearson Education, Inc., 639 p.
- Whitt, W. (1983). The Queueing Network Analyzer. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 62, No. 9, p. 2779 – 2815.
- Whitt, W. (1993). Approximations for the GI/G/m Queue. *Production and Operations Management*, Vol. 2, No. 2, p. 114 – 161.
- Williams, T. (1984). Special products and uncertainty in production/inventory systems. *European Journal of Operations Research*, Vol. 15, p. 46 – 54.
- Yuan, K. J., Chang, S. H. & Li, R. K. (2003). Enhancement of theory of constraints replenishment using a novel generic buffer management procedure, *International Journal of Production Research*, 41, 725-740.
- Zaerpour N., Rabbani, M., Gharehgozli, A. & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2008). Make-to-order or make-to-stock decision by a novel hybrid approach. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 22, p. 186 – 201.

11 Bijlagen

Bijlage 1: Overzicht van de verkochte broodjes en het overschot

DATUM	Observatie ruwe broodjes						Aantal broodjes belegd					Overschot				Kassaregister			
	Gebakken stokbrood	Gebakken speciaal brood	totaal extra gebakken brood	minus hotdogs & pizza	minus brood voor soep	Totaal ruwe broodjes voor beleg	MTS broodjes (voor nicolas)	MTS (koeltoog)	MTO (voor&na nicolas)	MTO (nicolas)	TOTAAL belegde broodjes	Overschot koeltoog	Overschot ruwe stokbroden	overschot ruwe speciale broodjes	totale overschot aan broodjes	verkocht volgens observaties (ruw)	verkocht volgens observaties (belegd)	Verkochte broodjes	Verkochte smosjes
11/02/2009	131	24	0	6	20	129	7	61	16	30	114	15	24	6	45	99	99	99	87
12/02/2009	100	20	0	4	1	115	0	64	10	17	91	14	38	0	52	77	77	77	65
13/02/2009	101	24	43	6	0	162	24	53	28	59	164	5	3	0	8	159	159	159	128
16/02/2009	107	48	34	6	0	183	24	56	15	67	162	0	9	12	21	162	162	162	135
17/02/2009	108	26	25	4	15	140	10	60	6	30	106	1	23	12	36	105	105	105	78
18/02/2009	106	24	0	8	17	105	9	62	7	27	105	27	20	5	52	80	78	78	59
19/02/2009	94	32	12	7	15	116	11	45	4	28	88	4	12	20	36	84	84	84	69
20/02/2009	96	32	12	9	0	131	6	50	18	56	130	4	0	5	9	126	126	126	92
23/02/2009	121	55	27	0	20	183	26	69	24	39	158	4	12	17	33	154	154	154	121
24/02/2009	80	48	20	0	0	148	0	62	17	47	126	0	4	19	23	125	126	125	104
25/02/2009	105	24	24	0	8	145	23	58	16	31	128	1	14	4	19	127	127	127	113
26/02/2009	68	26	0	0	0	94	0	65	5	16	86	17	13	12	42	69	69	69	53
27/02/2009	113	24	23	0	4	156	19	69	15	46	149	3	10	0	13	146	146	146	126
2/03/2009	81	32	24	0	0	137	10	60	0	52	122	1	5	10	16	122	121	121	102
3/03/2009	64	24	21	0	9	100	12	40	2	42	96	5	0	9	14	91	91	91	83
4/03/2009	104	28	6	0	8	130	10	60	23	33	126	0	0	4	4	126	126	126	104
5/03/2009	68	17	25	0	0	110	6	50	11	40	107	0	3	0	3	107	107	107	87
6/03/2009	110	35	34	0	2	177	38	40	31	67	176	0	1	0	1	176	176	176	136
9/03/2009	121	38	20	0	8	171	15	67	31	41	154	7	13	11	31	147	147	147	127
10/03/2009	90	33	16	15	1	123	10	60	27	22	119	6	3	7	16	113	113	114	97
11/03/2009	111	39	0	0	17	133	6	51	26	26	109	10	16	18	44	99	99	99	90
12/03/2009	111	20	16	0	20	127	11	59	12	33	115	9	17	4	30	106	106	106	97
13/03/2009	128	12	60	0	7	193	24	61	50	50	185	2	10	0	12	183	183	183	169

In het eerste deel ‘observatie ruwe broodjes’ worden de stokbroden, die belegd moeten worden, terug. Het tweede deel geeft het aantal belegde broodjes weer, zowel MTS als MTO, voor, tijdens (‘nicolas’) en na de middagpauze. De derde kolom geeft het overschot van de stokbroden en belegde broodjes van de koeltoog weer. Kolom ‘verkocht volgens observaties (ruw)’, ‘verkocht volgens observaties (belegd) en ‘verkochte broodjes – kassaregister’ geeft een inventarisatie en controle van de waarnemingen.

Bijlage 2: Baalgedrag in het studentenrestaurant

Student	Aankomsttijd	Tussenaankomsttijd	MTO-student	Aantal student	Reiniging-student
1	11:42:50	11:42:50	0:00:00	0	
2	11:49:58	11:49:58	0:07:08	0	
3	11:50:32	11:50:32	0:00:33	x	0
4	11:53:51	11:53:51	0:03:19	0	
5	11:53:51	11:53:51	0:00:01	1	
6	11:54:07	11:54:07	0:00:16	x	0
7	11:57:32	11:57:32	0:03:25	x	0
8	12:00:19	12:00:19	0:02:46	0	
9	12:00:33	12:00:33	0:00:15	x	1
10	12:01:19	12:01:19	0:00:46	2	
11	12:01:50	12:01:50	0:00:31	2	
12	12:01:51	12:01:51	0:00:01	3	
13	12:01:57	12:01:57	0:00:06	4	
14	12:01:59	12:01:59	0:00:02	5	
15	12:02:13	12:02:13	0:00:14	4	
16	12:02:13	12:02:13	0:00:01	5	
17	12:02:14	12:02:14	0:00:00	6	
18	12:02:18	12:02:18	0:00:04	7	
19	12:02:29	12:02:29	0:00:11	4	
20	12:02:31	12:02:31	0:00:02	x	5
21	12:02:32	12:02:32	0:00:01	x	6
22	12:02:32	12:02:32	0:00:01	7	
23	12:04:54	12:04:54	0:02:22	3	
24	12:05:01	12:05:01	0:00:07	0	
25	12:05:03	12:05:03	0:00:02	1	
26	12:05:03	12:05:03	0:00:00	2	
27	12:05:18	12:05:18	0:00:15	3	
28	12:05:38	12:05:38	0:00:20	4	
29	12:05:38	12:05:38	0:00:00	x	5
30	12:05:50	12:05:50	0:00:12	3	
31	12:05:53	12:05:53	0:00:03	4	
32	12:05:54	12:05:54	0:00:01	5	
33	12:05:59	12:05:59	0:00:06	6	
34	12:06:05	12:06:05	0:00:06	x	7
35	12:06:07	12:06:07	0:00:02	8	
36	12:06:24	12:06:24	0:00:17	9	
37	12:06:25	12:06:25	0:00:02	10	
38	12:06:47	12:06:47	0:00:21	7	
39	12:07:10	12:07:10	0:00:24	6	
40	12:07:11	12:07:11	0:00:01	7	
41	12:08:27	12:08:27	0:01:15	0	
42	12:08:28	12:08:28	0:00:01	1	
43	12:08:30	12:08:30	0:00:02	2	
44	12:09:34	12:09:34	0:01:04	x	1
45	12:09:37	12:09:37	0:00:03	1	
46	12:10:14	12:10:14	0:00:37	x	1
47	12:10:16	12:10:16	0:00:02	x	2
48	12:10:39	12:10:39	0:00:24	2	
49	12:10:50	12:10:50	0:00:11	3	
50	12:10:53	12:10:53	0:00:02	x	4
51	12:11:15	12:11:15	0:00:22	4	
52	12:11:16	12:11:16	0:00:01	x	5
53	12:11:35	12:11:35	0:00:19	6	
54	12:11:36	12:11:36	0:00:01	x	7
55	12:11:51	12:11:51	0:00:14	3	
56	12:12:01	12:12:01	0:00:10	4	x
57	12:13:16	12:13:16	0:01:15	1	
58	12:13:24	12:13:24	0:00:08	2	
59	12:13:25	12:13:25	0:00:01	3	
60	12:13:44	12:13:44	0:00:20	3	
61	12:13:55	12:13:55	0:00:10	3	
62	12:14:35	12:14:35	0:00:40		2
63	12:14:36	12:14:36	0:00:02	x	3
64	12:15:00	12:15:00	0:00:23		3
65	12:15:00	12:15:00	0:00:01	x	4
66	12:15:07	12:15:07	0:00:07		5
67	12:15:43	12:15:43	0:00:36		4
68	12:15:43	12:15:43	0:00:00		5
69	12:16:00	12:16:00	0:00:17		3
70	12:16:12	12:16:12	0:00:12		4
71	12:16:12	12:16:12	0:00:01	x	5
72	12:16:43	12:16:43	0:00:31		0
73	12:16:44	12:16:44	0:00:01	x	1
74	12:16:48	12:16:48	0:00:04	x	3
75	12:17:08	12:17:08	0:00:20	x	3
76	12:17:08	12:17:08	0:00:01		4
77	12:17:11	12:17:11	0:00:03		5
78	12:17:22	12:17:22	0:00:11		6
79	12:17:42	12:17:42	0:00:20		7
80	12:17:43	12:17:43	0:00:01		8
81	12:17:44	12:17:44	0:00:01		9
82	12:17:44	12:17:44	0:00:01		10
83	12:17:45	12:17:45	0:00:01		10
84	12:18:07	12:18:07	0:00:22		9
85	12:18:33	12:18:33	0:00:26		8
86	12:18:34	12:18:34	0:00:01		9
87	12:19:03	12:19:03	0:00:29	x	8
88	12:19:05	12:19:05	0:00:02		9
89	12:19:11	12:19:11	0:00:05		10
90	12:19:12	12:19:12	0:00:01		11
91	12:19:14	12:19:14	0:00:02	x	12
92	12:19:23	12:19:23	0:00:09		10
93	12:19:27	12:19:27	0:00:04		11
94	12:20:37	12:20:37	0:01:10		4
95	12:20:38	12:20:38	0:00:01		5
96	12:20:39	12:20:39	0:00:01		6
97	12:20:40	12:20:40	0:00:01		7
98	12:20:41	12:20:41	0:00:01	x	8
99	12:20:44	12:20:44	0:00:02		10
100	12:20:55	12:20:55	0:00:12	x	6
101	12:20:56	12:20:56	0:00:00		7
102	12:21:21	12:21:21	0:00:25	x	5
103	12:21:24	12:21:24	0:00:03	x	6
104	12:22:49	12:22:49	0:01:26		4
105	12:22:53	12:22:53	0:00:04	x	5
106	12:24:18	12:24:18	0:01:25	x	2
107	12:24:41	12:24:41	0:00:23	x	3
108	12:26:49	12:26:49	0:02:08		2
109	12:28:45	12:28:45	0:01:57		0
110	12:29:12	12:29:12	0:00:27		0
111	12:29:25	12:29:25	0:00:13		0
112	12:31:08	12:31:08	0:01:42		0
113	12:31:08	12:31:08	0:00:01	x	1
114	12:31:35	12:31:35	0:00:26		2
115	12:32:48	12:32:48	0:01:13	x	0
116	12:38:35	12:38:35	0:05:47		0
117	12:38:42	12:38:42	0:00:06	x	1
118	12:38:44	12:38:44	0:00:02	x	2
119	12:39:03	12:39:03	0:00:19		2
120	12:40:17	12:40:17	0:01:14		2
121	12:40:17	12:40:17	0:00:01		3
122	12:40:18	12:40:18	0:00:01		4
123	12:38:24	12:38:24	#####		
124	12:38:25	12:38:25	0:00:00	33	

	studenten (bezocht)	baalgedrag
4/mrt/09	138	0
5/mrt/09	115	0
6/mrt/09	165	8
9/mrt/09	164	6
10/mrt/09	136	4
11/mrt/09	118	4
12/mrt/09	122	3
13/mrt/09	171	10

Op 12 maart 2009 bezochten 122 studenten het studentenrestaurant. 33 personen bestelden een broodje *à-la-minute*. Slechts drie personen verlieten de wachtrij (reninging student). Het is duidelijk dat het baalgedrag niet echt relevant is.

Bijlage 3: Aantal te bakken broodjes – Werkblad uurroosters – Week 10

Volgende tabel geeft een overzicht van het aantal ingeschreven studenten voor een bepaalde groep van een bepaalde leeractiviteit.

		Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6	TOTAAL
BA1	Economie Semester 2	136	117					253
BA1	Financieel beleid - Controle	125	104					229
BA1	Operationeel beleid	125	104					229
BA1	Algemeen boekhouden Semester 2	143	115					258
BA1	Wiskunde Semester 2	143	121					264
BA1	Inleiding tot de statistiek	147	130					277
BA1	Wijsbegeerte, psychologie en logica	133	120					253
BA1	Frans I	49	38	35	32	54	26	234
BA1	Engels I	44	39	32	33	45	25	218
BA2	Frans II	16	25	30	16	24		111
BA2	Engels II	14	25	25	20	20		104
BA2	Duits I	34	30					64
BA2	Spaans I	31	18	15				64
BA3	Frans III	16	16					32
BA3	Spaans II	5						5
BA3	Duits II	4						4
MA	Accountancy & Fiscaliteit	44						44
MA	Financieel Management	63						63
MA	Human Resources Management	17						17
MA	Operations Management	22						22
MA	Internationaal Zakenwezen	28						28
MA	Marketing Management	22						22

Volgende tabel geeft een overzicht van de keuzevakstudenten in het masterjaar. Volgens de assumpties houden we echter geen rekening met de keuzevakstudenten en dus enkel met het totaal aantal ingeschreven studenten per leeractiviteit. Deze worden echter wel weergegeven in volgende tabel.

KEUZEVAKSTUDENTEN

Student uit deze richting kiest dit vak als keuzevak

		MM	HRM	FM	OM	AF	IZW	TOTAAL
AF	BTW			14		38		52
AF	Andere belastingen					41		41
AF	Extra Controle-opdrachten					49		49
AF	Interne Controle: Basisprincipes					49		49
AF	Interne Controle: IT audit & IT governance					49		49
FM	Vermogensplanning	7	1	65	6	17	14	110
FM	Behavioral finance		1	67				68
FM	Fusies en overnames							68
HRM	Arbeidsmarkt en arbeidsverhoudingen	1	18		1		5	25
HRM	Strategisch HRM	5	19		3		5	32
IZW	IntEc: Internationale Financiering			1			44	45
IZW	IntEc: International Taxation			1			44	45
IZW	IntEc: industrial organisation						44	44
IZW	Internationaal zaken doen	5	2	8		1	43	59
MM	Marketingcommunicatie	34	1	8	5		14	76
MM	Marketing Engineering	33		1	2		3	39
OM	Haveneconomie, transport en logistiek	9	3	18	17	2	7	56
OM	Governance and operational management	6	5	20	17	1	1	50

*: er zijn 14 studenten TT die dit vak ook volgen

De onderstaande twee werkbladen dienen om de uurrooster aan te passen naargelang de afwezigheden van docenten of het verplaatsen van een hoorcollege.

Microsoft Excel - Uurroosters WEEK 10

Bestand Bewerken Beeld Invoegen Opmaak Extra Data Venster Help

Typ een vraag voor hulp

85% Arial 10 B I U

Naar Office Live Openen Opslaan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1							10.30u - 12.30u					13.30u - 15.30u									
2		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les namiddag		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les namiddag		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les voormiddag						
3	MASTER AF																				
4	Maandag	BTW		52			CAR	Andere belastingen	38			CAR	Interne Controle: Basisprincipes	49							
5	Dinsdag																				
6	Woensdag																				
7	Donderdag	Wettelijke Controle-opdrachten		41			CAR	Extra Controle-opdrachten	41												
8	Vrijdag											CAR	Interne Controle: IT audit & IT governanc	49							
9																					
10																					
11							10.30u - 12.30u					13.30u - 15.30u									
12		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les namiddag		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les namiddag		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les voormiddag						
13	MASTER FM																				
14	Maandag																				
15	Dinsdag																				
16	Woensdag																				
17	Donderdag																				
18	Vrijdag	CAR	Vermogensplanning	110			CAR	Vermogensplanning	110			CAR	Behavioral finance / Fusies	68							
19																					
20																					
21							10.30u - 12.30u					13.30u - 15.30u									
22		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les namiddag		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les namiddag		Campus	Leeractiviteit	Aantal	Les voormiddag						
23	MASTER HRM																				
24	Maandag																				
25	Dinsdag						CAR	Arbeidsmarkt en arbeidsverhoudingen	0			CAR	Strategisch HRM	32							
26																					

GROEPSINDELINGEN KEUZEVAKSTUDENTEN MASTER MASTER BACHELOR + PSY KLAS-DAG-AANTAL SAMENVATTING - GRAFIEK

Microsoft Excel - Uurroosters WEEK 10

Bestand Bewerken Beeld Invoegen Opmaak Extra Data Venster Help

Typ een vraag voor hulp

Naar Office Live Openen Opslaan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3								10.30u - 12.30u					13.30u - 15.30u			
4		Campus	Leeractiviteit	Groep	Aantal		Campus	Leeractiviteit	Groep	Aantal		Campus	Leeractiviteit	Groep	Aantal	
5		BACHELOR 1														
6																
7	Maandag	CAR	Economie II	2	117		CAR	Economie II	1	136		CAR	Extra Wiskunde (Verplicht)	A	264	
8		CAR	Engels I (andere helft om 8.30u)	1	44		CAR	Engels I (andere helft om 8.30u)	4	33						
9		CAR	Engels I (andere helft om 8.30u)	2	39		CAR	Engels I (andere helft om 8.30u)	5	45						
10		CAR	Frans I (andere helft om 8.30u)	3	35		CAR	Frans I (andere helft om 8.30u)	6	26						
11	Dinsdag						CAR	Algemeen boekhouden	2	115		CAR	Wijsbegeerte, psychologie en logica	A	253	
12	Woensdag	CAR	Wiskunde II	2	121		CAR	Wiskunde II	1	143		CAR	Monitaraat boekhouden of economie	A	50	
13		CAR	Financieel beleid - controle week 7-12	1	125		CAR	Financieel beleid - controle week 7-12	2	104						
14		CAR	Operationeel beleid week 13-21	1	0		CAR	Operationeel beleid week 13-21	2	0						
15	Donderdag															
16	Vrijdag	CAR	Inleiding tot de statistiek	2	147		CAR	Inleiding tot de statistiek	1	130		CAR	Wiskunde Monitaraat ONEVEN	A	0	
17		CAR	Frans	1	49		CAR	Frans	4	32						
18		CAR	Frans	2	38		CAR	Frans	5	54						
19		CAR	Engels	3	32		CAR	Engels	6	25						
20																
21								10.30u - 12.30u					13.30u - 15.30u			
22		Campus	Leeractiviteit	Groep	Aantal		Campus	Leeractiviteit	Groep	Aantal		Campus	Leeractiviteit	Groep	Aantal	
23		BACHELOR 2														
24																
25	Maandag		Principes en ervaringen & Beurs- en fin A		122		CAR	Bedrijfseconomie II	A	122		CAR	Engels II	1	14	
26												CAR	Duits I	2	30	
27												CAR	Spaans I	2	18	
28												CAR	Frans II	2	25	
29												CAR	Frans II	3	30	
30	Dinsdag						CAR	Principes en ervaringen	A	122		CAR	Financiële rapportering en analyse	A	122	
31	Woensdag		TALEN D1, ESP1, FR1, ENG5		101		CAR	Bedrijfseconomie II	A	122		CAR	Informatiemanagement II	A	122	
32	Donderdag															
33	Vrijdag						CAR	Financiële rapportering en analyse (7,8	A	122		CAR	Engels II	2	25	
34												CAR	Engels II	3	25	
35												CAR	Frans II	4	16	

GROEPSINDELINGEN KEUZEVAKSTUDENTEN MASTER MASTER BACHELOR + PSY KLAS-DAG-AANTAL SAMENVATTING - GRAFIEK

De volgende tabellen geven het totaal aantal ingeschreven studenten weer per periode.

- Alle ingeschreven studenten die les hebben om 8.30u;
- Alle ingeschreven studenten die les hebben om 10.30u;
- Alle ingeschreven studenten die les hebben om 13.30u;
- Ingeschreven studenten die enkel les hebben om 8.30u;
- Ingeschreven studenten die les hebben om 8.30u en 10.30u;
- Ingeschreven studenten die enkel les hebben om 10.30u;
- Ingeschreven studenten die les hebben om 10.30u en 13.30u;
- Ingeschreven studenten die enkel les hebben om 13.30u.

BACHELOR 1			
Maandag	235	240	264
Dinsdag	0	115	253
Woensdag	246	247	50
Donderdag	0	0	0
Vrijdag	266	241	0
BACHELOR 2			
Maandag	122	122	117
Dinsdag	0	122	122
Woensdag	101	122	122
Donderdag	0	0	0
Vrijdag	0	122	90
BACHELOR 3			
Maandag	0	21	0
Dinsdag	0	0	0
Woensdag	9	126	0
Donderdag	25	103	0
Vrijdag	0	106	0
SCHAKEL			
Maandag	0	200	200
Dinsdag	200	200	0
Woensdag	0	200	200
Donderdag	0	200	0
Vrijdag	0	0	0
PSYCHOLOGIE			
Maandag	640	640	0
Dinsdag	0	0	0
Woensdag	0	0	0
Donderdag	320	320	0
Vrijdag	640	640	0
MASTER			
Maandag	52	38	125
Dinsdag	0	0	32
Woensdag	0	45	44
Donderdag	117	80	68
Vrijdag	110	201	144
	1049	1261	706
	200	437	407
	356	740	416
	462	703	68
	1016	1310	234

0	238	0	252	0
0	0	0	184	0
0	247	0	149	0
0	0	0	0	0
0	254	0	0	0
0	122	0	120	0
0	0	0	122	0
0	112	0	122	0
0	0	0	0	0
0	0	0	106	0
0	0	21	0	0
0	0	0	0	0
0	68	0	0	0
0	64	0	0	0
0	0	106	0	0
0	0	0	200	0
0	200	0	0	0
0	0	0	200	0
0	0	200	0	0
0	0	0	0	0
0	640	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	320	0	0	0
0	640	0	0	0
0	45	0	82	0
0	0	0	16	32
0	0	0	45	0
0	98,5	0	74	0
0	155,5	0	172,5	0
0	1044,5	21	653	0
0	200	0	322	32
0	425,5	0	515	0
0	482,5	200	74	0
0	1049	106	278,5	0

De omcirkelde gegevens is de sommatie van elke kolom. Deze worden gebruikt in bijlage 4.

Bijlage 4: Aantal te bakken broodjes – Microsoft Excel

- Afhankelijke variabele:
 - o (1) Verkochte broodjes.
- Onafhankelijke variabelen:
 - o (2) Ingeschreven studenten die enkel les hebben om 8.30u;
 - o (3) Ingeschreven studenten die les hebben om 8.30u en 10.30u;
 - o (4) Ingeschreven studenten die enkel les hebben om 10.30u;
 - o (5) Ingeschreven studenten die les hebben om 10.30u en 13.30u;
 - o (6) Ingeschreven studenten die enkel les hebben om 13.30u;
 - o (7) Alle ingeschreven studenten die les hebben om 8.30u;
 - o (8) Alle ingeschreven studenten die les hebben om 10.30u;
 - o (9) Alle ingeschreven studenten die les hebben om 13.30u.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Week 7	156	0	1043	0	630	0	1049	1257	677
	120	0	234	0	356	32	234	471	441
	99	0	372	0	367	0	352	637	367
	77	0	485	200	74	0	466	703	68
	159	0	1049	106	395	0	1016	1310	225
Week 8	162	52	1026	0	696	125	1049	1223	809
	105	0	200	0	322	32	200	437	407
	80	0	426	0	367	0	356	740	367
	84	0	487	200	74	0	470	703	68
	126	0	1075	106	305	0	1016	1362	234
Week 9	154	0	1052	0	694	0	1049	1275	753
	125	0	290	0	338	32	232	469	407
	127	0	426	0	367	0	356	740	367
	69	0	487	200	74	0	470	703	68
	146	0	1049	106	279	0	1016	1310	234
Week 10	122	0	1045	21	653	0	1049	1261	706
	91	0	200	0	322	32	200	437	407
	126	0	426	0	515	0	356	740	416
	103	0	483	200	74	0	462	703	68
	176	0	1049	106	279	0	1016	1310	234
Week 11	147	0	1052	0	719	0	1049	1275	802
	113	0	282	0	343	0	225	478	407
	99	0	426	0	393	0	356	740	294
	106	0	462	200	74	0	421	703	68
	183	0	1062	106	371	65	1041	1188	299
Week 12	181	0	1071	0	759	0	1087	1275	882
	118	0	282	0	314	0	225	453	375
	121	0	374	0	516	0	356	637	417
	110	0	483	200	74	0	462	703	68
	176	0	1033	106	206	99	1016	1156	243
Week 13	158	0	1071	0	755	0	1087	1275	875
	126	0	274	0	335	0	225	462	407
	146	44	396	0	471	0	400	592	372
	81	0	614	200	74	0	462	966	68
	160	0	1016	0	230	99	1041	1097	212

Bijlage 5: Aantal te bakken broodjes – Model met multicollineariteit

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,874 ^a	,763	,690	17,83881	2,058

a. Predictors: (Constant), alle13, enkel13, alle10, enkel8, enkel10, alle8, mpauze, vmpauze

b. Dependent Variable: TE_BAKKEN

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26652,374	8	3331,547	10,469	,000 ^a
	Residual	8273,797	26	318,223		
	Total	34926,171	34			

a. Predictors: (Constant), alle13, enkel13, alle10, enkel8, enkel10, alle8, mpauze, vmpauze

b. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	132,088	21,336		6,191	,000		
	enkel8	,127	,352	,045	,361	,721	,586	1,705
	vmpauze	,381	,188	4,049	2,021	,054	,002	440,454
	enkel10	-,098	,091	-,250	-1,075	,292	,168	5,956
	mpauze	,111	,080	,737	1,389	,177	,032	30,890
	enkel13	,054	,152	,055	,354	,726	,382	2,620
	alle8	-,108	,129	-1,195	-,840	,409	,004	222,339
	alle10	-,218	,085	-2,264	-2,576	,016	,012	84,731
	alle13	-,080	,052	-,613	-1,544	,135	,058	17,302

a. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	88,1750	180,8335	126,6286	27,99810	35
Residual	-33,28312	38,44803	,00000	15,59958	35
Std. Predicted Value	-1,373	1,936	,000	1,000	35
Std. Residual	-1,866	2,155	,000	,874	35

a. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions									
				(Constant)	enkel8	vmpauze	enkel10	mpauze	enkel13	alle8	alle10	alle13	
1	1	6,085	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	1,272	2,187	,00	,19	,00	,02	,00	,05	,00	,00	,00	,00
	3	,886	2,620	,00	,06	,00	,05	,00	,08	,00	,00	,00	,00
	4	,530	3,388	,00	,44	,00	,01	,00	,29	,00	,00	,00	,00
	5	,178	5,850	,04	,03	,00	,02	,00	,05	,00	,00	,00	,01
	6	,040	12,371	,16	,05	,00	,50	,00	,06	,00	,00	,00	,16
	7	,006	32,276	,21	,21	,00	,37	,87	,36	,01	,00	,00	,66
	8	,003	48,040	,44	,00	,00	,00	,09	,08	,13	,31	,17	,17
	9	,000	143,657	,15	,01	1,00	,03	,04	,02	,86	,69	,00	,00

a. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Correlations

	TE_BAKKEN	enkel8	vmpauze	enkel10	mpauze	enkel13	alle8	alle10	alle13	
Pearson Correlation	TE_BAKKEN	1,000	,218	,722	-,332	,560	,400	,737	,663	,498
	enkel8	,218	1,000	,063	-,179	,266	,405	,089	,040	,238
	vmpauze	,722	,063	1,000	,055	,425	,248	,995	,986	,360
	enkel10	-,332	-,179	,055	1,000	-,750	-,143	,029	,068	-,743
	mpauze	,560	,266	,425	-,750	1,000	,035	,450	,430	,960
	enkel13	,400	,405	,248	-,143	,035	1,000	,275	,156	,094
	alle8	,737	,089	,995	,029	,450	,275	1,000	,972	,393
	alle10	,663	,040	,986	,068	,430	,156	,972	1,000	,348
Sig. (1-tailed)	TE_BAKKEN	.	,104	,000	,026	,000	,009	,000	,000	,001
	enkel8	,104	.	,360	,152	,061	,008	,305	,409	,084
	vmpauze	,000	,360	.	,378	,005	,075	,000	,000	,017
	enkel10	,026	,152	,378	.	,000	,206	,435	,348	,000
	mpauze	,000	,061	,005	,000	.	,421	,003	,005	,000
	enkel13	,009	,008	,075	,206	,421	.	,055	,186	,295
	alle8	,000	,305	,000	,435	,003	,055	.	,000	,010
	alle10	,000	,409	,000	,348	,005	,186	,000	.	,020
N	TE_BAKKEN	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	enkel8	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	vmpauze	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	enkel10	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	mpauze	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	enkel13	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	alle8	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	alle10	35	35	35	35	35	35	35	35	35
alle13	35	35	35	35	35	35	35	35	35	

Bijlage 6: Aantal te bakken broodjes – Model zonder multicollineariteit

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,801 ^a	,642	,607	20,08959	1,584

a. Predictors: (Constant), alle10, enkel10, enkel13

b. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	75,940	9,917		7,658	,000		
	enkel10	-,133	,043	-,340	-3,115	,004	,971	1,030
	enkel13	,247	,109	,251	2,276	,030	,952	1,051
	alle10	,062	,011	,647	5,919	,000	,967	1,034

a. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions			
				(Constant)	enkel10	enkel13	alle10
1	1	2,634	1,000	,02	,05	,04	,02
	2	,868	1,742	,00	,22	,63	,00
	3	,436	2,457	,04	,73	,33	,04
	4	,062	6,500	,94	,00	,00	,94

a. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	93,1349	183,1308	126,6286	25,67605	35
Residual	-42,10047	33,13166	,00000	19,18282	35
Std. Predicted Value	-1,304	2,201	,000	1,000	35
Std. Residual	-2,096	1,649	,000	,955	35

a. Dependent Variable: TE_BAKKEN

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22414,828	3	7471,609	18,513	,000 ^a
	Residual	12511,343	31	403,592		
	Total	34926,171	34			

a. Predictors: (Constant), alle10, enkel10, enkel13

b. Dependent Variable: TE_BAKKEN

Correlations

		TE_BAKKEN	enkel10	enkel13	alle10
Pearson Correlation	TE_BAKKEN	1,000	-,332	,400	,663
	enkel10	-,332	1,000	-,143	,068
	enkel13	,400	-,143	1,000	,156
	alle10	,663	,068	,156	1,000
Sig. (1-tailed)	TE_BAKKEN	.	,026	,009	,000
	enkel10	,026	.	,206	,348
	enkel13	,009	,206	.	,186
	alle10	,000	,348	,186	.
N	TE_BAKKEN	35	35	35	35
	enkel10	35	35	35	35
	enkel13	35	35	35	35
	alle10	35	35	35	35

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		35
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,87447463
Most Extreme Differences	Absolute	,108
	Positive	,063
	Negative	-,108
Kolmogorov-Smirnov Z		,642
Asymp. Sig. (2-tailed)		,805

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Bijlage 7: Werkbladen voor het voorspellen van de broodjesmix

Dit werkblad bepaalt de hoeveelheid van de verschillende soorten broodjes die *à-la-minute* worden besteld. De desbetreffende productietijden werden gemeten via een macro.

	Medewerkster:					Begin Productietijd	Einde Productietijd	Productietijd	START	EINDE	PRODUCTIE
1	DATUM:					13:25:03	13:25:03	13:25:26			
2						13:25:28	13:25:28			13:25:28	
3										0:00:00	
4										0:00:00	
5										0:00:00	
6										0:00:00	
7										0:00:00	
8										0:00:00	
9										0:00:00	
10										0:00:00	
11										0:00:00	
12										0:00:00	
13										0:00:00	
14										0:00:00	
15										0:00:00	
16										0:00:00	
17										0:00:00	
18										0:00:00	
19										0:00:00	
20										0:00:00	
21										0:00:00	
22										0:00:00	
23										0:00:00	
24										0:00:00	
25										0:00:00	
26										0:00:00	
27										0:00:00	
28										0:00:00	
29										0:00:00	
30										0:00:00	
31										0:00:00	
32										0:00:00	
33										0:00:00	

Volgend werkblad werd gebruikt voor het bepalen van de broodjes in de koeltoog.

	Aantal broodjes	OVERSCHOT	Soort broodje	WIT STOKBROOD	BRUIN STOKBROOD	FOCACCIA	VRUCHTENBOL	BAGNAT	RUIT	Linksboven	Middenboven	Rechtsboven	Linksmidden	Middenmidden	Rechtsmidden	Linksonder	Middenonder	Rechtsonder
1			BROODJE SMOS KAAS															
2			BROODJE SMOS HESP															
3			BROODJE SMOS KAAS & HESP															
4			BROODJE MARTINO															
5			BROODJE PREPARE															
6			BROODJE SMOS KRABSLA															
7			BROODJE SMOS TONIJSLSA															
8			BROODJE SMOS KIP'CURRYSLSA															
9			BROODJE SPEK EN EI															
10			BROODJE MOZARELLA															
11			BROODJE BRIE															
12																		
13			BROODJE VAN DE WEEK: Gerookte zalmzalade															
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Microsoft Excel - METINGEN TUSSENAANKOMSTTIDEN 130309

Bestand Bewerken Beeld Invoegen Opmaak Extra Data Venster Help

Typ een vraag voor hulp

85%

Arial 10

B I U

Naar Office Live | Openen | Opslaan

B4 25/05/2009 13:28:46

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
	Student	Aankomsttijd	Tussenaankomsttijd	MTO-student	Aantal student	Reneging-student																				
1	1	13:28:36	0:00:00																							
2	2	13:28:39	0:00:03																							
3	3	13:28:46	0:00:07																							
4	4		#####																							
5	5		0:00:00																							
6	6		0:00:00																							
7	7		0:00:00																							
8	8		0:00:00																							
9	9		0:00:00																							
10	10		0:00:00																							
11	11		0:00:00																							
12	12		0:00:00																							
13	13		0:00:00																							
14	14		0:00:00																							
15	15		0:00:00																							
16	16		0:00:00																							
17	17		0:00:00																							
18	18		0:00:00																							
19	19		0:00:00																							
20	20		0:00:00																							
21	21		0:00:00																							
22	22		0:00:00																							
23	23		0:00:00																							
24	24		0:00:00																							
25	25		0:00:00																							
26	26		0:00:00																							
27	27		0:00:00																							
28	28		0:00:00																							
29	29		0:00:00																							
30	30		0:00:00																							
31	31		0:00:00																							
32	32		0:00:00																							
33	33		0:00:00																							
34	34		0:00:00																							
35	35		0:00:00																							
36	36		0:00:00																							
37	37		0:00:00																							

INPUT Aankomsttijden MTO Grafisch

In bovenstaande werkblad kunnen de tussenaankomsttijden gemeten worden. Aan de hand van de kolom “MTO-student” kunnen de studenten aangevinkt worden die een broodje à-la-minute bestellen. ‘Reneging student’ stelt het baalgedrag van de studenten voor.

Bijlage 8: Variëteit van de broodjes

In volgende tabel worden de broodjes ingedeeld in het al dan niet à-la-minute klaargemaakt.

	11 februari 2009			12 februari 2009			13 februari 2009			16 februari 2009			18 februari 2009			19 februari 2009		
	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT
Smos Kaas	6	14	20	2	11	13	6	7	13	11	8	19	6	9	15	5	8	13
Smos Hesp	1	7	8	1	5	6	1	4	5	4	16	20	0	9	9	0	7	7
Smos Kaas&Hesp	0	8	8	0	11	11	4	9	13	6	16	22	1	9	10	3	8	11
Broodje Martino	2	3	5	0	7	7	1	8	9	7	8	15	1	3	4	0	14	14
Smos préparé	2	0	2	1	0	1	4	0	4	4	0	4	3	0	3	2	0	2
Broodje smos mozarella	1	0	1	1	5	6	1	6	7	1	8	9	1	6	7	2	4	6
Broodje Spek&Ei	0	6	6	0	5	5	0	7	7	0	8	8	0	3	3	0	0	0
Broodje Brie	1	3	4	0	4	4	3	0	3	4	8	12	0	8	8	0	4	4
Broodje van de week	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	3	0	7	7

	23 februari 2009			24 februari 2009			25 februari 2009			26 februari 2009			27 februari 2009			ALLE DAGEN		
	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT	MTO	MTS	TOT
Smos Kaas	10	10	20	12	10	22	7	12	19	0	11	11	11	12	23	76	112	188
Smos Hesp	3	8	11	3	8	11	1	8	9	0	5	5	4	10	14	18	87	105
Smos Kaas&Hesp	2	12	14	2	17	19	0	7	7	0	10	10	0	8	8	18	115	133
Broodje Martino	1	8	9	2	8	10	1	8	9	2	5	7	2	8	10	19	80	99
Smos préparé	4	0	4	1	5	6	8	4	12	2	3	5	3	0	3	34	12	46
Broodje smos mozarella	1	8	9	1	4	5	1	6	7	1	3	4	2	8	10	13	58	71
Broodje Spek&Ei	0	0	0	2	0	2	0	8	8	0	4	4	1	9	10	3	50	53
Broodje Brie	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	36
Broodje van de week	0	0	0	0	0	0	1	4	5	4	3	7	0	4	4	8	21	29

	11/feb	12/feb	13/feb	16/feb	18/feb	19/feb	23/feb	24/feb	25/feb	26/feb	27/feb	TOT	AVG	STDEV	VAR
Smos kaas	20	13	13	19	15	13	20	22	19	11	23	188	17,09	4,18	17,49
Smos hesp	8	6	5	20	9	7	11	11	9	5	14	105	9,55	4,44	19,67
Smos kaas en hesp	8	11	13	22	10	11	14	19	7	10	8	133	12,09	4,70	22,09
Broodje martino	5	7	9	15	4	14	9	10	9	7	10	99	9,00	3,35	11,20
Smos préparé	2	1	4	4	3	2	4	6	12	5	3	46	4,18	2,96	8,76
Broodje smos mozzarella	1	6	7	9	7	6	9	5	7	4	10	71	6,45	2,54	6,47
Broodje spek en ei	6	5	7	8	3	0	0	2	8	4	10	53	4,82	3,34	11,16
Broodje brie	4	4	3	12	8	4	0	1	0	0	0	36	3,27	3,85	14,82
<i>Broodje van de week</i>	2	0	0	1	3	7	0	0	5	7	4	29	2,64	2,77	7,65

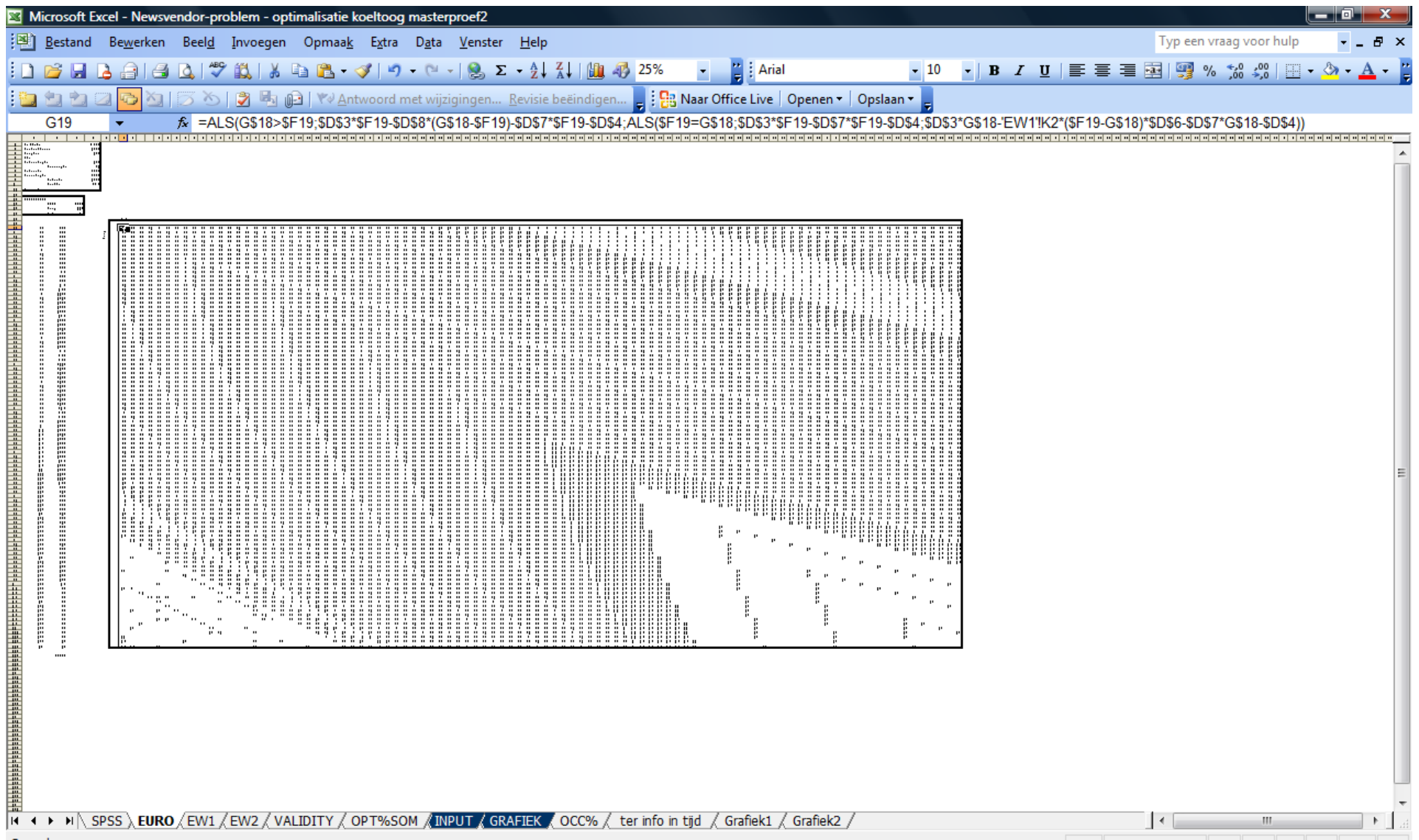
Totaal van 8 MIX 56 53 61 110 62 64 67 76 76 53 82

Aantal verkochte broodjes 99 77 159 162 78 84 154 125 127 69 146

Geschatte verkochte broodjes (middagpauze) 76 67 107 123 62 64 104 109 88 64 112
73,7% 79,1% 57,0% 89,4% 100,0% 100,0% 64,4% 69,7% 86,4% 82,8% 73,2% 79,62%

Bovenstaande tabel is een samenvatting van de tabel uit de vorige bladzijde. 79% van de broodjes zouden via de koeltoog verkocht kunnen worden. In onderstaande tabel worden de percentages weergegeven. Nadien volgt de broodjesmix.

	11/feb	12/feb	13/feb	16/feb	18/feb	19/feb	23/feb	24/feb	25/feb	26/feb	27/feb				
Smos kaas	26,32%	19,40%	12,15%	15,45%	24,19%	20,31%	19,23%	20,18%	21,59%	17,19%	20,54%	19,69%	19,69%	20,61%	18,98%
Smos hesp	10,53%	8,96%	4,67%	16,26%	14,52%	10,94%	10,58%	10,09%	10,23%	7,81%	12,50%	10,64%	10,64%	11,14%	10,26%
Smos kaas en hesp	10,53%	16,42%	12,15%	17,89%	16,13%	17,19%	13,46%	17,43%	7,95%	15,63%	7,14%	13,81%	13,81%	14,46%	13,32%
Broodje martino	6,58%	10,45%	8,41%	12,20%	6,45%	21,88%	8,65%	9,17%	10,23%	10,94%	8,93%	10,35%	10,35%	10,84%	9,98%
Smos préparé	2,63%	1,49%	3,74%	3,25%	4,84%	3,13%	3,85%	5,50%	13,64%	7,81%	2,68%	4,78%	4,78%	5,00%	4,61%
Broodje smos mozzarella	1,32%	8,96%	6,54%	7,32%	11,29%	9,38%	8,65%	4,59%	7,95%	6,25%	8,93%	7,38%	7,38%	7,73%	7,11%
Broodje spek en ei	7,89%	7,46%	6,54%	6,50%	4,84%	0,00%	0,00%	1,83%	9,09%	6,25%	8,93%	5,40%	5,40%	5,65%	5,20%
Broodje brie	5,26%	5,97%	2,80%	9,76%	12,90%	6,25%	0,00%	0,92%	0,00%	0,00%	0,00%	3,99%	3,99%	4,18%	3,84%
<i>Broodje van de week</i>	2,63%	0,00%	0,00%	0,81%	4,84%	10,94%	0,00%	0,00%	5,68%	10,94%	3,57%	3,58%			



Dit zijn dezelfde uitgezoomde gegevens. Dit geeft een duidelijke weergave van het Excel-werkblad.

Bijlage 10: Vraagverdeling van het studentenrestaurant

VERK = verkochte broodjes. INCL = broodjes inclusief garnituur (smos)

SEM2	Maandag		Dinsdag		Woensdag		Donderdag		Vrijdag	
	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL
2007/2008										
Week 7	97	88	84	62	132	101	82	61	78	69
Week 8	99	87	88	72	0	0	97	80	88	78
Week 9	105	95	96	84	100	100	97	80	88	78
Week 10	102	96	112	76	100	80	0	0	118	94
Week 11	132	103	108	77	114	89	147	127	0	0
Week 12	127	106	119	88	114	92	94	79	68	51
Week 13	99	88	111	93	124	104	144	120	97	83
Week 14	0	0	0	0	104	84	120	101	93	80
Week 15	143	115	113	95	115	93	123	99	94	79
Week 16	130	110	132	110	79	69	0	0	0	0
Week 17	109	94	96	73	111	85	121	101	56	48
Week 18	0	0	126	83	130	79	134	100	97	82
Week 19	170	143	93	74	121	101	74	58	0	0
AVG	119,36	102,27	106,50	82,25	112,00	89,75	112,09	91,45	87,70	74,20
STDEV	23,23	16,42	15,17	12,86	14,80	10,76	24,73	22,03	17,15	14,41
VAR	539,85	269,62	230,27	165,48	218,91	115,84	611,69	485,47	294,01	207,51

SEM1	Maandag		Dinsdag		Woensdag		Donderdag		Vrijdag	
	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL
2008/2009										
Week 39	68	61	89	82	94	83	0	0	128	111
Week 40	97	91	0	0	0	0	99	86	118	100
Week 41	69	66	113	105	83	79	144	125	132	131
Week 42	156	146	128	114	124	117	0	0	152	127
Week 43	141	117	111	99	114	96	133	117	166	139
Week 44	144	115	121	100	120	103	122	109	112	91
Week 45	160	135	143	123	131	114	157	136	182	169
Week 46	0	0	0	0	120	89	164	136	162	143
Week 47	144	132	96	94	116	95	181	155	164	149
Week 48	155	131	117	100	123	103	171	148	140	116
Week 49	164	151	112	103	106	99	120	102	164	143
Week 50	132	121	118	105	90	79	121	109	156	144
Week 51	153	132	99	83	96	76	158	135	209	181
AVG	131,92	116,50	113,36	100,73	109,75	94,42	142,73	123,45	152,69	134,15
STDEV	34,39	29,23	15,15	11,95	15,53	13,61	25,65	20,91	26,80	25,60
VAR	1182,99	854,27	229,45	142,82	241,30	185,36	658,02	437,07	718,23	655,14

SEM2	Maandag		Dinsdag		Woensdag		Donderdag		Vrijdag	
	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL	VERK	INCL
2008/2009										
Week 7	158	143	121	106	99	87	77	65	159	128
Week 8	162	135	105	78	78	59	84	69	126	92
Week 9	154	121	125	104	127	113	69	53	146	126
Week 10	121	102	91	83	126	104	0	0	176	136
Week 11	147	127	114	97	99	90	106	97	183	169
Week 12	181	146	118	94	121	104	110	92	176	150
Week 13	158	135	126	102	146	127	81	77	160	135
Week 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Week 15										
Week 16										
Week 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Week 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Week 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVG	98,27	82,64	72,73	60,36	72,36	62,18	47,91	41,18	102,36	85,09
STDEV	79,16	66,54	58,47	48,57	60,04	52,10	47,32	41,16	82,62	69,90
VAR	6266,62	4427,25	3418,62	2359,25	3604,65	2714,76	2239,49	1694,16	6825,25	4886,09

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ALLES	149	56,00	209,00	121,3221	29,12932
Valid N (listwise)	149				

Bijlage 11: Vraag gedurende de middagpauze (11.55u – 12.45u)

(MTO (nicolas) zijn de observaties tussen 11.55u en 12.45u)

	MTS (koeltoog)	MTO (nicolas)	TOTAAL	MTS (koeltoog) %	MTO (nicolas) %	Verkochte broodjes	%
11/02/2009	46	30	76	60,53%	39,47%	99	76,77%
12/02/2009	50	17	67	74,63%	25,37%	77	87,01%
13/02/2009	48	59	107	44,86%	55,14%	159	67,30%
16/02/2009	56	67	123	45,53%	54,47%	162	75,93%
17/02/2009	59	30	89	66,29%	33,71%	105	84,76%
18/02/2009	35	27	62	56,45%	43,55%	78	79,49%
19/02/2009	41	28	69	59,42%	40,58%	84	82,14%
20/02/2009	46	56	102	45,10%	54,90%	126	80,95%
23/02/2009	65	39	104	62,50%	37,50%	154	67,53%
24/02/2009	62	47	109	56,88%	43,12%	125	87,20%
25/02/2009	57	31	88	64,77%	35,23%	127	69,29%
26/02/2009	48	16	64	75,00%	25,00%	69	92,75%
27/02/2009	66	46	112	58,93%	41,07%	146	76,71%
2/03/2009	59	52	111	53,15%	46,85%	121	91,74%
3/03/2009	35	42	77	45,45%	54,55%	91	84,62%
4/03/2009	60	33	93	64,52%	35,48%	126	73,81%
5/03/2009	50	40	90	55,56%	44,44%	107	84,11%
6/03/2009	40	67	107	37,38%	62,62%	176	60,80%
9/03/2009	60	41	101	59,41%	40,59%	147	68,71%
10/03/2009	54	22	76	71,05%	28,95%	114	66,67%
11/03/2009	41	26	67	61,19%	38,81%	99	67,68%
12/03/2009	50	33	83	60,24%	39,76%	106	78,30%
13/03/2009	59	50	109	54,13%	45,87%	183	59,56%

76,69%

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,872 ^a	,760	,749	9,15982

a. Predictors: (Constant), VERKOCHT

b. Dependent Variable: PIEK

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	31,033	7,558		4,106	,001		
	VERKOCHT	,493	,060	,872	8,159	,000	1,000	1,000

a. Dependent Variable: PIEK

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	65,0798	121,3317	90,6957	15,93299	23
Residual	-12,88293	20,26144	,00000	8,94922	23
Std. Predicted Value	-1,608	1,923	,000	1,000	23
Std. Residual	-1,406	2,212	,000	,977	23

a. Dependent Variable: PIEK

Bijlage 12: Validatie van het model voor het bepalen van de middagvraag

Statistics

Vraagpiek		
N	Valid	149
	Missing	0
Mean		90,8322
Std. Error of Mean		1,17895
Median		90,0000
Mode		80,00 ^a
Std. Deviation		14,39097
Variance		207,100
Skewness		,334
Std. Error of Skewness		,199
Kurtosis		-,311
Std. Error of Kurtosis		,395
Range		75,00
Minimum		59,00
Maximum		134,00
Sum		13534,00

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

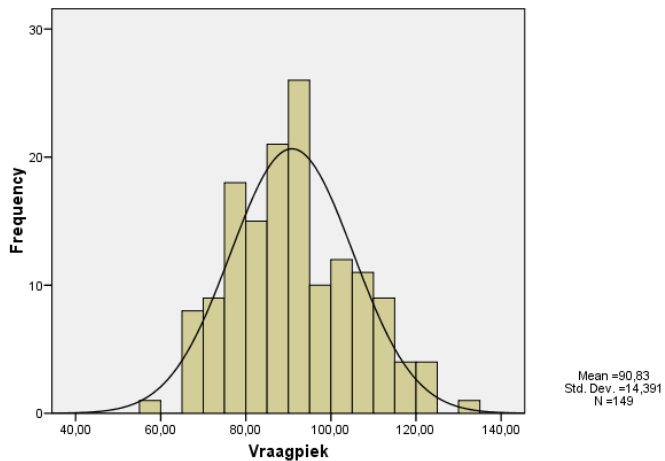
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Vraagpiek
N		149
Normal Parameters a,b	Mean	90,8322
	Std. Deviation	14,39097
Most Extreme Differences	Absolute	,071
	Positive	,071
	Negative	-,051
Kolmogorov-Smirnov Z		,869
Asymp. Sig. (2-tailed)		,437

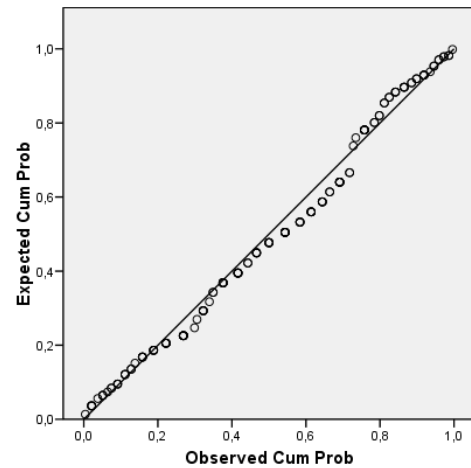
a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.


Histogram



Normal P-P Plot of Vraagpiek



Bijlage 13: Menu Item Sheet – Broodje smos kaas en hesp

Naam van het gerecht: Broodje Smos Kaas en Hesp						
Aantal porties: ...2.....			Datum van de analyse: 31 maart 2009			
Hoeveelheid	Eenheid	Ingrediënt en	Bruto kostprijs (€)		Netto kostprijs (€)	
			Eenheid	Totaal	Eenheid	Totaal
0,08	kg	Tomaten	2,79	0,22	2,63	0,21
1	stuk	Ei	0,14	0,14	0,13	0,13
0,05	kg	Kaas	4,70	0,24	4,43	0,22
0,05	kg	Hesp	6,22	0,31	5,87	0,29
0,03	kg	Wortel	0,75	0,02	0,71	0,02
0,01	kg	Komkom	0,58	0,01	0,55	0,01
0,05	kg	Ijsbergsla	0,69	0,03	0,65	0,03
0,04	kg	Mayonais	1,48	0,06	1,40	0,06
1	stuk	Stokbrood	0,75	0,75	0,71	0,71
Totale netto kostprijs voeding voor 2 couverts (exclusief 5% risico)						€ 1,68
Totale netto kostprijs voeding voor 2 couverts (inclusief 5% risico)						€ 1,76
Totale netto kostprijs voeding per couvert (inclusief 5% risico)						€ 0,88
Netto verkoopprijs van dit gerecht om een brutorendement van 65%						€ 2,52
Wenselijke verkoopprijs op de kaart inclusief dienst en BTW						€ 3,20
Werkelijke verkoopprijs op de kaart inclusief dienst en BTW						€ 1,95
Dienstpercentage: 16 %						
BTW op verkoop: 21 %						
Stuvo-tussenkomst: € 1,25						

Van Nijlen, B. (2004). *Food production*. Cursus Food Production, Plantijn Hogeschool van de provincie Antwerpen, Antwerpen

Bijlage 14: Verband tussen de Squared Coefficient Value en de vraag

	SCV	Vraag
4/03/2009	2,2140	93
5/03/2009	1,7662	90
6/03/2009	2,1672	107
9/03/2009	0,9884	101
10/03/2009	2,2121	76
11/03/2009	1,7347	67
12/03/2009	1,0220	83
13/03/2009	1,6626	109

Met deze gegevens werd een lineaire regressie opgesteld. Op bladzijde 27 staat het overzicht van het model weergegeven. Het is duidelijk dat er tussen de *Squared Coefficient of Variance* en de vraag naar broodjes geen verband bestaat.

Bijlage 15: Instabiliteit in het model

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Newsvendor-problem - optimalisatie koeltoog masterproef2". The formula bar displays the formula: `=ALS(VALIDITYIH77=0;EUROIG94*EUROISB94;"instabiel")`. The spreadsheet contains a grid of data from column B to AG and row 50 to 150. The data consists of numerical values, with many cells in the lower half of the grid containing the text "instabiel". The spreadsheet interface includes a menu bar (Bestand, Bewerken, Beeld, Invvoegen, Opmaak, Extra, Data, Venster, Help), a toolbar with various icons, and a status bar at the bottom showing "Naar Office Live", "Openen", and "Opslaan".

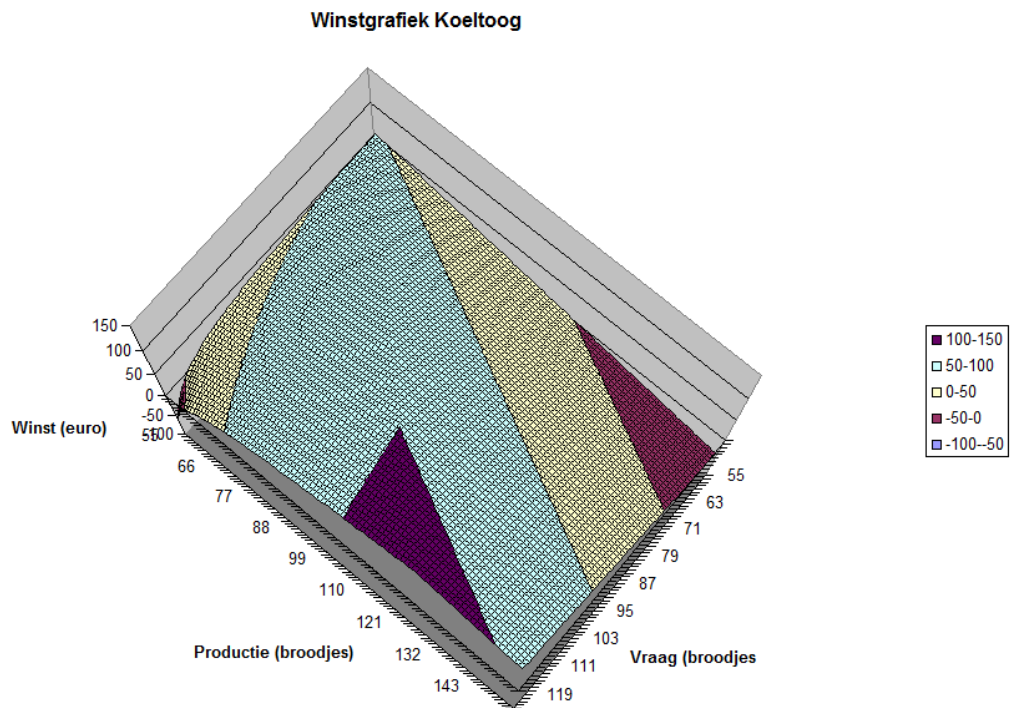
Wanneer de bezettingsgraad groter is dan 100%, vertoont de cel van het werkblad 'instabiel'. Deze cel heeft geen waarde waardoor het geen rekening houdt met de mathematische waarde van de 'instabiele zone'.

Bijlage 16: Inpuutabel voor het bekomen van de verwachte winst

Verkoopprijs	<i>euro per broodje</i>	VKP	€ 1,95
Vaste kosten	<i>euro</i>	FX	€ 0,00
Food cost	<i>euro per broodje</i>	FC	€ 0,84
Labour cost (16,00%)	<i>euro per broodje</i>	LC	€ 0,13
Productiekost	<i>euro per broodje</i>		€ 0,97
Overstocking cost	<i>euro per broodje</i>	OVC	€ 0,97
Wachttijd kost	<i>euro per minuut</i>	WC	€ 0,21
Salvage Value	<i>euro per broodje</i>	SV	€ 0,00
Gemiddelde tussenaankomsttijd	<i>minuten per broodje</i>	ta	1,3113
Gemiddelde productietijd	<i>minuten per broodje</i>	te	0,6675
Aankomst ritme	<i>broodjes per minuut</i>	λ	0,7626
Productieritme	<i>broodjes per minuut</i>	μ	1,4981
Gemiddelde tussenaankomsttijd ²		t²a	1,7194
Gemiddelde productietijd ²		t²e	0,4456
Variantie van tussenaankomsttijden		σ²a	3,3472
Variantie van productietijden		σ²e	0,0607
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor aankomsten		C²a	1,9467
Gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor productietijden		C²e	0,1361
Variabiliteit C ²		C²	2,0829
Gemiddelde variabiliteit		C²/2	1,0414
Squared Coefficient of Variance		SCV	1,0414
Duur piekperiode	<i>minuten</i>	MIN	50
Standaardafwijking vraag piekperiode		σ	14,39
Gemiddelde vraag piekperiode	<i>broodjes</i>	μ	90,83
Minimale vraag en productie	<i>broodjes</i>		55
Percentage broodjes die zeker 'à-la-minute' worden gevraagd	<i>percentage (%)</i>		15%
Vraag (DAG)	<i>broodjes</i>	DDAG	170
Vraag piekperiode (constante)		α	31,03
Vraag piekperiode (beta)		β	0,49
Vraag gedurende piekperiode	<i>broodjes</i>	D	115
Productie	<i>broodjes</i>	P	100,00
WINST/VERLIES	<i>euro</i>	W	€ 94,7802
Verwachte winst bij het respectievelijke productieniveau	<i>euro</i>		€ 74,7723
Maximale verwachte winst	<i>euro</i>		€ 76,3105
bij een productieniveau van	<i>broodjes</i>		93

In het eerste bespreekt de financiële luik van het *news vendor-problem*. Het tweede gedeelte bepaalt de verwachte doorlooptijd aan de hand van de gemiddelde productietijd, gekwadrateerde variatiecoëfficiënt voor aankomsten en productietijden. De *Squared Coefficient of Variance* wordt tevens bepaald. Het derde gedeelte is belangrijk voor de lengte van de middagpauze te bepalen. De minimale vraag en productie die gebruikt wordt voor het instellen van de grafiek wordt daar ingevoerd. Het voorlaatste gedeelte bepaald de middagvraag en het productie- of aanbodniveau van de koeltoog. Het laatste gedeelte bepaalt de optimale (verwachte) winst.

Bijlage 17: Bovenperspectief winstgrafiek



Bijlage 18: Verwachte winst – bovenaanzicht

