



DEGREE PROJECT, IN APPLIED MATHEMATICS AND INDUSTRIAL
ECONOMICS , FIRST LEVEL
STOCKHOLM, SWEDEN 2014

Optimering av antal flygplanssäten

MODELLERING MED AVSEENDE PÅ YTA,
INTÄKT OCH EFTERFRÅGAN

SARA ALEXIS, EBRU ULUDAG

KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SCI SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES

Optimering av antal flygplanssäten

MODELLERING MED AVSEENDE PÅ YTA,
INTÄKT OCH EFTERFRÅGAN

SARA ALEXIS
EBRU ULUDAG

Examensarbete inom teknik:
Tillämpad matematik och industriell ekonomi (15 credits)
Civilingenjörsutbildning i industriell ekonomi (300 credits)
Kungliga Tekniska Högskolan 2014
Handledare på KTH Anna Jerbrant och Per Enqvist
Examinator Johan Karlsson

TRITA-MAT-K 2014: 14
ISRN-KTH/MAT/K--14/14--SE

Kungliga Tekniska Högskolan
Skolan för Teknikvetenskap

KTH SCI
SE-100 44 Stockholm, Sweden

URL: www.kth.se/sci

Abstract

When managing the number of seats in a plane it is important to take into account the passenger intensity, i.e. how tightly the seats are located. The critical variable for these decisions is the distance between a point on one seat and the same point on the next seat. Critical variables that have small values, i.e. short distance, means more rows of seats and thus higher profits. Any unused space is an expensive waste due to the fact that the difference between profit and loss for a given flight can be as little as less than a cost of a seat.

The purpose of this thesis is to develop a mathematical model to find the optimal seat allocation between classes in an airplane. The modeling shall be performed so that the revenues for the airlines and usage of the surface of the cabin are maximized and yet meet demand. This thesis also aims to investigate which different market strategies of airlines there are and how these affect the seat allocation.

The report shows that the revenue and demand are not the only factors that affect the optimal number of seats for a class, but that there are also external factors that may play a role. The model's ranking in reality is difficult to assess because of the lack of realistic and reliable data that can be used for a basis for decisions.

Sammanfattning

Vid införandet av säten är det viktigt att ta hänsyn till passagerarintensiteten, det vill säga hur tätt sätena ligger. Den kritiska mätvariabeln står för avståndet mellan en punkt på ett säte och samma punkt på nästa säte. Mätvariabler som har små värden, det vill säga korta avstånd betyder fler rader och därmed högre vinst. Överblivet utrymme är ett dyrt slöseri då skillnad mellan vinst och förlust för en viss flygning kan vara så liten som mindre än en kostnad för ett säte.

Syftet med detta arbete är att ta fram en matematisk modell som hittar den optimala sätesfördelningen mellan klasserna i ett flygplan. Den modell som skall ställas upp ska maximera intäkterna och ytanvändningen för ett flygbolag samt möta efterfrågan. Detta arbete syftar dessutom till att identifiera flygbolagens marknadsstrategier och undersöka hur marknadsstrategi påverkar dess sätesfördelning.

Rapporten visar att intäkt och efterfrågan inte behöver vara de enda faktorerna som bestämmer optimala antalet säten för varje klass i ett flygplan, utan att det även finns yttre faktorer som kan spela roll. Modellens rankning i verkligheten är svår att bedöma på grund av brist på realistisk och tillförlitlig data som kan användas för att tillämpa modellen med verkliga exempel.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1. Inledning.....	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Tidigare arbeten.....	7
1.3 Syfte.....	7
1.4 Problemformulering.....	8
1.5 Avgränsningar.....	8
2. Metod.....	9
2.1 Optimeringsprocessen.....	9
2.1.1 Verkligt problem.....	9
2.1.2 Optimeringsmodell.....	9
2.1.3 Optimeringsmetod.....	10
2.1.4 Utvärdering.....	10
2.2 Marknadsstrategi.....	10
2.2.1 Primärdata.....	10
2.2.2 Sekundärdata.....	10
3. Teori.....	11
3.1 Klasser- nu och då.....	11
3.2 Optimering [11].....	12
3.2.1 Matematisk formulering.....	12
3.2.2 Maximeringsproblem.....	12
3.2.3. Konvexa problem [19].....	12
3.2.4 Icke-linjär optimering.....	13
3.2.6 Känslighetsanalys [11].....	13
3.3 Sannolikhetsteori [20] [21].....	14
3.3.1 Stokastisk variabel.....	14
3.3.2. Diskret stokastisk fördelning.....	14
3.3.3. Binomialfördelning.....	14

3.3.4. Väntevärde.....	15
3.4 Revenue Management	15
3.4.1 Kapacitetskontroll för en resurs inom flygplansindustrin [24].....	16
3.4.2 Statiska modeller	16
3.5 Marknadsstrategier	17
3.5.1 Affärsidé.....	17
3.5.2. Strategi.....	17
3.5.3. Vinstmaximering (Den nya ekonomistyrningen)	19
.....	19
4. Optimeringsprocessen	20
4.1. Antaganden.....	20
4.2 Modellformulering	20
4.2.1. Målfunktion	20
4.2.2. Matematisk formulering av bivillkor.....	21
4.3 Uppställning av optimeringsmodell	22
4.4 Optimal lösning i heltal	23
5. Resultat.....	24
5.1. Lågprisflygbolag	24
5.2. ”Traditionella” flygbolag	25
6. Marknadsstrategier	30
6.1 Nulägesanalys av marknadsstrategier.....	30
6.2.1 Ryan Air	30
6.2.2 Emirates.....	31
6.3 Diskussion	31
6.4 Slutsatser	34
7. Diskussion	35
7.2 Data	35
7.3 Modell	37
9. Slutsatser	42

Framtida undersökningar.....	42
10. Referenser.....	43
11. Bilagor.....	46

1. Inledning

Rapporten inleds med att arbetet sätts i ett större perspektiv. Det ges en beskrivning av problembakgrunden samt tidigare väsentliga arbeten inom området (en mindre litteraturstudie). Efter att ha läst följande sektioner kommer läsaren få förståelse av relevansen kring detta område. Syftet och målet med detta arbete presenteras utifrån en ekonomisk (strategiperspektiv) och matematisk perspektiv. Avslutningsvis ges en beskrivning av hur resten av rapporten är strukturerad.

1.1 Bakgrund

Flygindustrin har sedan början av 90-talet successivt expanderat. Avregleringar av den svenska flygmarknaden har öppnat inrikesmarknaden för fler svenska flygbolag för att därefter påverka utrikesmarknaden. Idag befinner flygbolagen sig i en intensiv konkurrensmarknad där de måste stå ut för att kunna behålla sina befintliga kunder samtidigt som de attraherar nya. Lågprisbolagen tar allt större marknadsdelar från de stora traditionella företagen. I takt med befolkningstillväxten har låga flygbiljetter inneburit att efterfrågan ökat markant. Expandingen har förändrat kundernas krav på flygbolagen. Resenärer som prioriterar bekvämlighet och service ställer högre krav på en flygresa medan budgetresenärer fokuserar mer eller mindre på att endast ta sig från punkt A till punkt B. Därför är det av stort intresse för ett flygplansbolag att förbättra sig i alla avseenden så som service, tillförlitlighet och värdefullhet [1].

Förändringar i branschen har emellertid medfört konsekvenser för flygbolag då de måste hitta lösningar för att på ett bättre sätt ska kunna möta kundens efterfrågan. Under tidigare skeden har flygbolag mött dessa förändringar genom att ändra klasserna i flygplanet. Man har då infört nya klasser av säten samt testat fram optimala kombinationen för att maximera intäkter. Tidigt erbjöd man endast två typer av säten, en med högre servicenivå och en med vad som skulle motsvara dagens ekonomiklass. Utvecklingen i branschen ledde då till införandet av premiumekonomiklassen som är ett mellanting av ekonomi och affärsklassen [2].

I dagens marknad blir det allt svårare att ignorera behovet och innebörden av en god sätesfördelning. Flygbolag försöker därför hitta den bästa lösningen för deras bolag. Exempelvis har VD för Ryan Air utifrån kundens efterfrågan på prisminskningar föreslagit införande av ståplatser för ett budgetpris [3]. Samtidigt som man inför nya klasser i andra bolag har SAS valt att i dagsläget gå tillbaka till att erbjuda endast två olika klasser i sina flygplan [4]. Å andra sidan finns det bolag som behåller alla tre klasser i sina flygplan och istället lägger fokus på att förbättra och förstora kabinytan för första klass. Bland dessa finns Singapore Airlines och Emirates [5].

Dagens flygmarknad präglas av hårt konkurrens där maximering av vinst och marknadsposition relativt efterfrågan är två viktiga faktorer för framgång. Därför förekommer det olika typer av

flygbolag; allt från lågpris till lyxbolag. Det är särskilt viktigt för varje flygbolag att ha den rätta marknadsstrategin då prissättningen av flygbiljetter beror mest på den och inte kostnader [6] [7]. Detta beror på att tillägg av säten i ett flygplan ökar dess förmåga att generera intäkter till en låg marginalkostnad. I verkligheten påträffas det däremot inte endast en typ av klass utan för de flesta flygbolag är målet hitta den rätta balansen och ha en bred mix av olika typer av klasser [7].

Vid införandet av säten är det viktigt att ta hänsyn till passagerarintensiteten, det vill säga hur tätt sätena ligger. Den kritiska mätvariabeln står för avståndet mellan en punkt på ett säte och samma punkt på nästa säte. Mätvariabler som har små värden, det vill säga korta avstånd betyder fler rader och därmed högre vinst. Överblivet utrymme är ett dyrt slöseri då skillnad mellan vinst och förlust för en viss flygning kan vara så liten som mindre än en kostnad för ett säte [8].

1.2 Tidigare arbeten

Flertalet arbeten har gjorts som berör flygbranschen då det finns många olika sorters optimeringsproblem att ta itu med. Huvudfrågan i dessa arbeten har dock inte varit vad en optimal sätesfördelning kan vara utan de kan vara betydelsefulla för utveckling av en modell som besvarar en sådan fråga. Majoriteten av dessa arbeten är i sig vidareutvecklingar av tidigare uppfunna grundläggande modeller.

Optimala bokningsgränser beräknade från statisk modell med faktorerna efterfrågan och intäkt för två klasser togs fram först på 1980-talet som vidare utvecklades till en modell för n klasser [9] [10]. Syftet var då att ta fram en modell för att beräkna dessa gränser, utifrån två olika typer av efterfrågan – oberoende och beroende sådan. Detta för att flygbolagen ska kunna sätta bokningsgränser för kunderna, vilket också kan betraktas som hur många säten per klass de bör erbjuda.

Områdena intäktsmaximering och efterfrågan har således behandlats under andra marknadsförhållanden. Än idag finns de inga andra modeller förutom dessa. Alltför litet uppmärksamhet har emellertid visats andra faktorer som kan spela roll i intäktsmaximering.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att ta fram en matematisk modell som hittar den optimala sätesfördelningen mellan klasserna i ett flygplan. Modelleringen skall utföras så att intäkterna för flygbolaget och användningen av ytan maximeras samt möter efterfrågan. Tidigare arbeten har inte inkluderat ytan som en faktor vid optimering av antal säten. Modellen skall kunna tillämpas på alla sorters flygplan och klasser som förekommer och ska kunna hantera de varierande indata som är specifika för flygplanstyperna för diverse flygbolag och efterfrågan i respektive marknad.

Detta arbete syftar dessutom till att identifiera olika flygbolags marknadsstrategier och undersöka de påverkar sätesfördelning. Modellen ska då även kunna vara användbar vid beslut av sätesfördelning utifrån flygbolagens marknadsstrategier.

1.4 Problemformulering

Målet är att sätta upp en modell som optimerar antalet säten per klass med hänsyn till intäkt, efterfrågan och yta. Modellen kommer att tillämpas på exempel och ge underlag för en huruvida användbar den skulle kunna vara i verkligheten. Nyckelfrågan som besvaras för dessa tillämpningar och används för analys är:

- Hur stämmer detta överens med verklighet?

Ett annat mål i detta arbete är att ur ett strategiskt perspektiv från ett flygbolags synvinkel analysera sätesfördelningen. En utredning skall utföras av olika marknadsstrategier som används idag av flygbolagen och analysera hur detta påverkar deras val av sätesfördelning. Nyckelfrågor som besvaras är:

- Vilka marknadsstrategier använder sig flygbolagen av?
- Vad är relationen mellan marknadsstrategi och sätesfördelning?

1.5 Avgränsningar

Modellen kommer att tillämpas på fyra olika kontinenter; Mellanöstern, Europa, Nordamerika och Asien. För varje kontinent väljs två typer av flygbolag som klassificerats enligt ett så kallat ”traditionellt” flygbolag respektive lågprisflygbolag. Vad som menas med ett traditionellt flygbolag är alltså alla flygbolag som inte räknas till att vara lågprisbolag.

Vid uppsättning av kabinens yta tas det inte hänsyn till att de data som används inkluderar ytan för toaletter, utgångar, kabinpersonalens utrymme etc. Därmed kommer det att utgå från att hela denna yta utnyttjas för optimering. Mittengångar i flygplanet har generellt sett olika utseende från klass till klass. I detta arbete kommer det att försummas och en och samma dimension kommer sättas för alla mittengångar. De flygplansresor som betraktas för jämförelse är direkta flyg, det vill säga inga mellanlandningar. Detta säkerställa att den flygplanstypen som används för resmålet inte ändras.

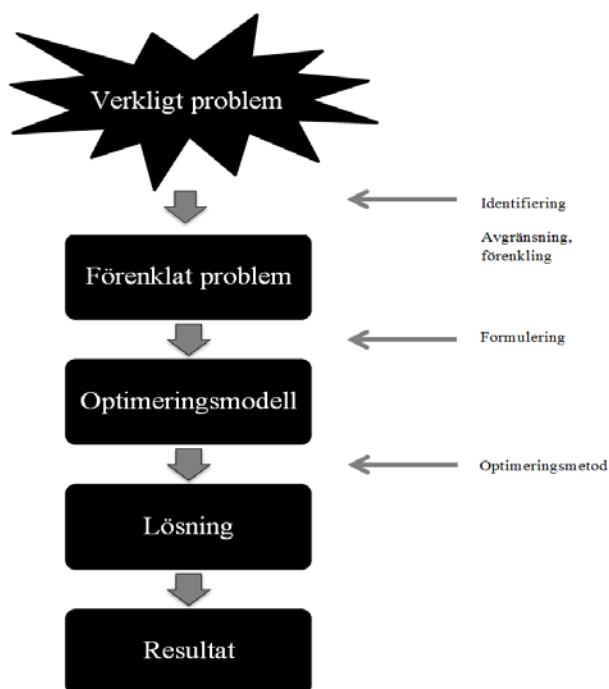
Data som används som intäkter kommer att vara den intäkt ett flygbolag får för en såld biljett av en viss klass. Andra intäkter försummas.

2. Metod

Tillvägagångssättet för optimeringsprocessen samt hur framtagande och undersökning av marknadsstrategi har varit möjlig för att komma fram till resultat och kunna föra en diskussion.

2.1 Optimeringsprocessen

Optimeringslära, sannolikhetsteori och optimeringsmodeller har använts i detta arbete för att analysera problemställningen och lösa diverse beslutsproblem. En speciell metodik har följts som rent allmänt gäller när en optimeringsmodell ska ställas upp. Figur 1 ger denna översikt och nedanstående rubriker förklarar varje del.



Figur 1. Optimeringsprocessen [11]

2.1.1 Verkligt problem

Verkliga problemställningar har undersökts för att identifiera ett optimeringsproblem. Verkliga problem är komplexa sammansatta och alla verkliga faktorer för optimeringsproblem kan inte inkluderas i optimeringsmodellen. Här gjordes avgränsningar och resulterade i ett förenklat problem.

2.1.2 Optimeringsmodell

Det förenklade problemet beskrevs och formulerades. Formuleringen beskrevs enklast först i ord och sedan i matematiska variabler i termer av målfunktion och bivillkor. Även här har det förekommit behovet av (matematiska) förenklingar.

Data för variabler i optimeringsmodellen har varit i sekundär form samlat från *SeatGuru* samt Airbus officiella hemsida och har använts som underlag för information om flygbolag, befintliga klasser och nödvändiga mått för flygplan. Underlag för efterfrågan har fått från företaget *Industrial Optimizers*. Intäkter har baserats på priset för en såld biljett för respektive klass vilket har bokats från flygbolagens egna hemsidor.

2.1.3 Optimeringsmetod

Det uppställda optimeringsproblemet löstes med en optimeringsmetod. Teoretiska metoder användes inte i detta arbete utan. MATLAB är den programvara som använts med dess inbyggda optimeringsmetoder *fmincon* och *patternsearch*.

2.1.4 Utvärdering

Modellen och uppkomna lösningar från modellen utvärderades slutligen och omsattes till underlag för beslut. Känslighetsanalyser gjordes även i detta moment.

2.2 Marknadsstrategi

2.2.1 Primärdata

Primär data samlades genom en intervju med Tore Jenner, Mercedes Inal och Sara Snabb från företaget *Industrial Optimizers*. Intervjun planerades via mail och gjordes fysiskt den 23 april 2014. Intervjun spelades in och tog ca 1 h. Den var semistrukturerad och ordningen av frågorna ändrades vilket var anpassat efter situationen. Det förekom även en del öppna diskussioner. Frågorna för denna intervju finns bifogade i Bilaga 3.

2.2.2 Sekundärdata

Sekundärdata samlades främst genom litteraturstudier. Vid analysen och framtagande av marknadsstrategier användes fyra litteraturböcker som behandlade ämnena management, marknadsföring, ekonomistyrning och industriell ekonomi. Två artiklar från KTHB har använts för att sätta en grund för teorin i detta arbete. Sex hemsidor varav flygbolagens egna hemsidor har gett underlag för beskrivning av Emirates och Ryan Air [12] [13] [14] [15] [16] [17].

3. Teori

I denna del av rapporten ges teoretisk bas för förståelse av den matematiska modell som utformas i detta arbete och för en analys av marknadsstrategier samt den kunskap om flygindustrin som är nödvändig att känna till.

3.1 Klasser- nu och då

En flygplans kabin är indelad i olika delar beroende på prisklass. Den lägsta prisklassen är ekonomi där bekvämligheten är i en nivå tillräcklighet, det vill säga att säten inte är stora med mycket benutrymme utan att de erhåller en standard.

En annan prisklass är för affärsresenärer som innebär att man har extra stora säten och mycket benutrymme. Samtidigt får man extra bekvämligheter i form av prioritet vid ombordstigning genom att klassen är belägen längre fram i planet. Servicen i denna kabin är på en högre nivå än vid ekonomiklassen.

Förstaklass anses vara den "lyxiga" där resenärer för ett högre pris får hög service och ytterst bekväma säten för vila och sova. Sätena i denna klass kan variera mellan olika flygplanstyper och kan exempelvis endast innebära extra stora, bekväma säten med lutning i ryggstödet eller så kallade sviter med ytterst avskildhet och fullt plan säng, arpetsplats och TV.

Det finns även relativt nya klasser som brukar vara mellanting mellan första- och ekonomiklassen, det är här flygbolagen varierar sina utbud av affärsklassen för att vara konkurrenskraftiga.

Premiumklassen är bland dessa och innebär i princip säten liknande ekonomiklassens med skillnaden att man har mer benutrymme [18].

Affärsklassen har haft väldiga genomgångar i utifrån ett historiskt perspektiv då den utvecklats från att ha liten efterfrågan till att vara en stor inkomstkälla för flygbolagen. Det var på 1920-talet man först fick valmöjligheten att kunna flyga till en destination. Det fanns bara en klass och flygandet ansågs som ett nöje – något som de förmögna hade råd med. Snabbt därpå kom man i underfund med att det fanns personer som ville vara avskilda och hade ekonomi för att kunna betala extra för lyxighet och mer bekvämlighet. Under 1940-talet utvecklades den klass som idag kan mätas med första klass. Kabinen delades i två klasser; turist- och förstaklass där affärsresenärer inte hade några förmåner trots att de var trogna resenärerna. Vissa flygbolag hade dock tidigare former av affärsklassen under olika namn, priser och förmåner. Tanken var att erbjuda affärsresenärerna som annars flög ekonomiklass bättre och differentierad service. Mot slutet av 1970-talet började affärsklassen införas i större utsträckning och konkurrensen om förmåner och kvalitet inleddes mellan bolagen.

I början ansågs affärsklassen vara en korsning mellan ekonomi och första klass men med tiden har denna bild förändras. Idag är det en klass som flygbolagen ständigt förbättrar och uppgraderar. Samtidigt har affärsklassen ersatt första klassen då den ansågs vara för dyr. SAS var ett av de tidigaste

flygbolagen som införde sin Euroclass genom att ta bort första klass på långa linjer. Den nya klassen hade ett billigare pris med samma förutsättningar som första klass vilket fick konkurrenterna satsa på att förbättra affärsklassen och första klass trenden började lida mot sitt slut.

3.2 Optimering [11]

Optimeringslära omfattar olika modeller och metoder som används för att finna det bästa handlingsalternativet i olika beslutssituationer. Vid modellering av problemställningen finns då variabler som ska bestämmas för att på bästa sätt finna målet som uttrycks med en målfunktion som antingen ska maximeras eller minimeras. Begränsningarna i valet av värden på variablerna ges av olika bivillkor. Det finns såväl tekniska som ekonomiska tillämpningsområden där optimeringsmodeller används som analysverktyg för både operativa och strategiska beslut. Exempel på tillämpningsområden är produktionsplanering, ruttplanering, packningsproblem och kostnadsminimering.

Optimering i detta arbete grundar sig på en reellvärd funktion f som är (åtminstone) definierad på en mängd F . Optimeringsproblem kommer att vara att bestämma lösning $x \in F$ som minimerar f som uttrycks till:

Hitta $x \in F$ så att alla andra y från mängden F uppfyller $f(x) \leq f(y)$.

3.2.1 Matematisk formulering

Ett optimeringsproblem kan vidare formuleras matematiskt som

$$(P) \quad \min f(x)$$

$$\text{då } x \in F$$

där $x = (x_1, \dots, x_n)$ är en vektor bestående av variablerna för problemet. Funktionen $f(x)$ som ska minimeras brukar benämnas målfunktion och den givna delmängden F definierar de tillåtna lösningarna i problemet och kallas för den tillåtna mängden.

3.2.2 Maximeringsproblem

(P) är ett minimeringsproblem och är den standardform alla optimeringsproblem ska ha. Ifall ett maximeringsproblem är givet omformuleras detta till ett minimeringsproblem genom omskrivningen:

$$\max f_1(x) \Leftrightarrow \min -f_1(x)$$

3.2.3. Konvexa problem [19]

Ett optimeringsproblem är välartat om målfunktionen är en konvex funktion och den tillåtna mängden som man skall minimera över är konvext. En av många egenskaper är att varje lokalt optimal lösning också är global.

3.2.3.1. Konvex mängd

En mängd $C \subset R^n$ är konvex om för alla $x, y \in C$ och alla $t \in (0,1)$ uppfyller att:

$(1-t)x + ty \in C$. Således är mängden C konvex om för varje par av punkter x och y i C , är linjesegmentet som ansluter sig till x och y även innesluten i C .

3.2.3.2 Konvex funktion

Låt $C \subset R^n$ vara en konvex mängd icke innehavande av icke-tomt inre och $f: C \rightarrow R$ vara två gånger kontinuerligt differentierbar på C , f är konvex om och endast om:

För alla $x \in C$, $F(x)$ är positiv semi-definit

där $F(x)$ är Hessianen av f för värdet x .

3.2.4 Icke-linjär optimering

Beroende på vilken typ av målfunktion och bivillkor som är i fråga finns det olika lösningsmetoder för de således olika optimeringsproblemen. Ett icke-linjärt optimeringsproblem med olikhetsvillkor i detta fall har följande form:

$$(NLP) \quad \min f(x)$$

$$\text{då } g_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m$$

Varav minst en av de givna funktionerna f, g_1, \dots, g_m är icke-linjär. Alla funktioner går från R^n till R och kommer antas att vara kontinuerligt differentierbara. Den tillåtna mängden F i detta fall ges av:

$$F = [x \in R^n: g_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m]$$

3.2.6 Känslighetsanalys [11]

Den lösning som kallas optimal är optimal endast i förhållande till de indata som definierar det givna problemet. Eftersom förutsättningarna kan aktivt förändra indata i ett problem är det av intresse att analysera olika förändringar i modellen. Det kan även råda osäkerheter om rätta värden på parametrar. I en praktisk frågeställning som i detta arbete är förändringar i intäkter, kapaciteter, efterfrågan etc. intressant att analysera. I detta arbete har det varit större vikt på:

- Förändringar av en målfunktionskoefficient
- Lägg till eller ta bort bivillkor
- Lägg till eller ta bort en variabel

Frågor att analysera utifrån har varit:

- Hur påverkas optimala målfunktionsvärdet av förändringen?

- Är nuvarande lösning optimal efter förändring? Är den tillåten?

3.3 Sannolikhetssteori [20] [21]

3.3.1 Stokastisk variabel

En stokastisk variabel är definierad så att ett utfall i rummet, det vill säga $\omega \in \Omega$ så att $X(\omega)$. Utfallsrummet tillhör generellt R^n . Denna procedur definierar en funktion en funktion på utfallsrummet.

Definition. En stokastisk variabel X är en reell värd funktion definierad på utfallsrummet ω så att $B_x = [X \leq x] = [\omega: X(\omega) \leq x]$ är en händelse för alla x .

Följande definition hjälper en att förstå de idéer och metoder som tas fram för att definiera stokastiska variabler. Dessa kommer att härnäst betecknas med stora bokstäver X, Y, Z och så vidare. Dess utfall betecknas med små bokstäver x, y, z etc. Den viktigaste egenskapen för stokastiska variabler är att dessa alltid har en sannolikhetsfördelningar.

3.3.2. Diskret stokastisk fördelning

Om stokastiska variabeln kan anta värden som är uppräknliga säger man att det är en diskret stokastisk variabel. Det brukar oftast konstateras att diskreta variabler är antart heltalsvärden vilket det kommer att göra i detta arbete.

I det diskreta fallet betecknas sannolikhetsfördelningen som:

$$P(x) = P(X = x) \text{ där } x \in D \text{ där } D = 0, 1, 2, \dots$$

Och har följande egenskaper:

$$\sum p(x) = 1$$

$$0 \leq p(x) \leq 1$$

$$P(X \in C) = \sum_{x \in C} (p(x))$$

3.3.3. Binomialfördelning

Binomialfördelningen är en diskret sannolikhetsfördelning. Denna uppträder när den stokastiska variabeln står för antalet lyckade försök vid oberoende upprepning av ett och samma försök.

Definition. Den stokastiska variabeln X har sannolikhetsfunktionen

$$p_x(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

där n är positiv heltal, $k = 0, 1, \dots, n$ och $0 < p < 1$

Kodbeteckningen för detta är $X \in \text{Bin}(n, p)$

3.3.4. Väntevärde

Väntevärdet för en diskret stokastisk variabel definieras som:

$$E[X] = \sum_k k p_x(k)$$

Den betingade sannolikheten för diskreta (X, Y) definieras som:

$$p_{X|Y=y}(j) = \frac{p_{X,Y}(j, k)}{p_Y(k)} \quad \text{för } j = 0, 1, 2, \dots$$

Där det betingade väntevärdet för X givet $Y = k$ definieras av:

$$E(X|Y = k) = \sum_{j=0}^{\infty} j p_{X|Y=y}(j)$$

Då kan lagen om total förväntan för diskreta fallet beskrivas med satsen:

$$E(X) = \sum_{k=0}^{\infty} E|y = k) p_Y(k)$$

För en stokastisk variabel som är binomialt fördelad gäller att:

$$E[X] = np$$

3.4 Revenue Management

Företag som säljer produkter möter ofta problemet att de måste sälja ett fixt antal av produkten inom en viss tidshorisont. Om marknaden kännetecknas av kunder som är villiga att betala olika priser för produkten, är det möjligt att rikta sig till olika kundsegment med hjälp av produktdifferentiering. Detta skapar möjligheten att sälja produkten till olika kundsegment för olika priser, t.ex. ta ut olika priser vid olika tidpunkter eller erbjuda en bättre service till ett högre pris. För att bestämma en optimal nivå av pris och antal av produkten måste beslut fattas och detta kallas för Revenue management [22].

Revenue management innebär intäktsoptimering och involverar bland annat hanteringen av efterfrågan. För att kontrollera efterfrågan använder man sig av faktorer som pris och kvantitet samtidigt som man uppskattar den och dess karaktär för att på bästa sätt hantera företagets gränssnitt mot marknaden med målet att öka intäkter. Priset och kvantiteten är viktiga faktorer vid vidare känslighetsanalys.

Revenue Management har sitt ursprung från flygbranschen då avregleringen av priserna på 1970-talet ledde till hård konkurrens mellan flygbolagen och vilket i sin tur ledde till att behovet av ett system som optimerar intäkt uppstod. Än idag är det mest centrala frågan hanteringen av sätena då målet är att hitta rätt kombination av passagerare på flygningar så att intäkter maximeras. [23]

3.4.1 Kapacitetskontroll för en resurs inom flygplansindustrin [24]

Single resource capacity control som kapacitetskontrollen ofta är kallad är kvantitetsbaserad *revenue management* för en resurs. Inom flygplansindustrin innebär det att man försöker hantera fördelningen av säten det vill säga att optimalt allokera kapaciteten av resursen till olika sorters efterfrågan, det vill säga olika klasser. Man studerar oftast *single-leg* fallet d.v.s. undersöker utifrån varje flyg separat och styrningen av bokningarna är oberoende för de olika flygen. Det finns två olika metoder för att lösa dessa problem: Statiska och dynamiska. Den statiska metoden genererar den optimala fördelningen av säten vid en viss tidpunkt baserat på efterfrågan medan den dynamiska modellen använder tiden som ett variabel. En nackdel med den statiska modellen är att efterfrågan i verkligheten är baserad på bokningsförfrågningar som varierar under bokningsperioden, vilket den dynamiska metoden tar hänsyn till. Detta betyder alltså att priset inom en klass samt under ett tidsintervall inte varierar.

3.4.2 Statiska modeller

De statiska modellerna är mycket enklare i samband med att man ej behöver ta hänsyn till ankomstprocessen av bokningar. I det här fallet kan kapacitetskontrollen baseras på den totala efterfrågan på varje biljettprisklass och inte på den faktiska ankomstprocessen. Denna metod är optimal så länge ingen förändring av sannolikhetsfördelningarna av efterfrågan uppstår. De antaganden som modellen medför är:

- Inga övergångar i efterfrågan: varje kund har en strikt preferens för en viss biljettprisklass och kan inte byta val av säte
- Efterfrågan för olika klasser är oberoende stokastiska variabler: man kan inte avgöra efterfrågan av en klass givet att efterfrågan av en annan klass är känd
- Efterfrågan för en given klass är inte beroende av kapacitetskontrollen
- Modellen undertrycker många detaljer kring den verkliga efterfrågan
- Ingen gruppbokning: bokningar görs en i taget

De statiska modeller som tidigare använts för att förklara dynamiken i flygplansindustrin presenteras kort nedan.

3.4.2.1 Littlewoods två-klassiga modell

Littlewood var först ut med att föreslå en lösningsmetod för fördelning av säten för två klasser. Metoden går ut på att likställa de marginella intäkterna för de två prisklassen för att sedan låsa antal säten av lågprisklassen. Detta innebär att man ska acceptera bokningar från lågprisklassen så länge

$$f_2 \geq f_1 P(D_1 > p_1) \text{ där } p_1 > p_2$$

där f_1 och f_2 betecknar de höga och låga prisnivåerna och D_1 betecknar efterfrågan för den höga prisklassen. p_1 är antalet platser som man låser och man beräknar sannoliketen att sälja alla säkrade platser för ett högre biljettpreis.

3.4.2.2 *n*-klass

En vidareutveckling av Littlewoods modell är för det n -klassiga där man istället sätter en övre gräns i sjunkande ordning beroende på priset. Denna metod innebär att man sätter först en övre gräns för den högsta biljettprikklassen och det resterande till den lägsta prisklassen sådant att

$$p_1 > p_2 > \dots > p_n$$

3.4.2.3 *EMSR* – *Expected Marginal Seat Revenue*

Belobaba utvecklade Littlewoods metod till flera slutna biljettprikklasser, även kallad som *nested*, som sätter en skyddsnivå för en prisklass och alla klasser som är högre än den. Metoden är känd som *EMSR* och modellerar både kapaciteten och efterfrågan som kontinuerliga funktioner. Biljettprikklasserna som är *nested* sätts sedan om till bokningsgränserna (*BL*). *BL* för biljettprikklassen i är maximala antalet säten som kan säljas i klassen i och alla billigare klasser $i + 1, \dots, n$ där n är det billigaste alternativet.

3.5 Marknadsstrategier

3.5.1 Affärsidé

Affärsidén ska fastställa hur ett företag skiljer sig från andra företag och vad företaget ska bedriva [25]. Faktorer som klagörs är:

- Varor och tjänster som erbjuds
- Kunder man vänder sig till
- Marknader företaget ska arbeta på eller avser att arbeta på
- Tillvägagångssätt för utveckling

3.5.2. Strategi

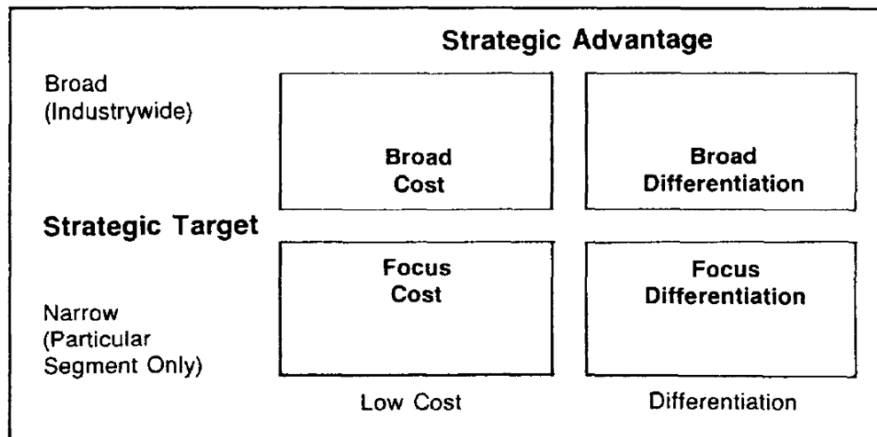
Hur affärsidén skall uppnås besvaras av strategier för företaget som inkluderar klagöranden av bland annat:

- Hur företaget skall arbeta
- Vilka konkurrensfördelar företaget avser att utveckla
- Styrkor och svagheter

- Vilka kundkategorier företaget vänder sig till och hur de ska bearbetas

3.5.2.1. Porters generiska strategier

Det finns tre basstrategier för hur ett företag ska vara konkurrenskraftigt [26]. Dessa används för att bestämma vilken position i marknaden ett företag ska hålla gentemot sina konkurrenter. Detta illustreras i Figur 2.



Figur 2. Porters generiska strategier [27]

Kostnadsledning: Målet för företaget är konkurrera med låga priser och måste därför ha så låga produktions- och distributionskostnader som möjligt. Genom att sätta lägre priser än sina konkurrenter får man större marknadsandelar och växer således på marknaden.

Differentiering: Differentiering involverar utvecklingen av en aspekt av produkten till en hög kvalitetsnivå som skiljer den från dess konkurrenter vilket resulterar högt kundvärde och därmed högre priser.

Fokusering: När företaget väljer att fokusera på ett mindre marknadssegment fördjupar de sig inom detta segment för att sedan satsa på kostnadsledning eller differentiering inom den [26].

3.5.2.2 Kotlers differentieringsteori [28]

Produktdifferentiering är processen för att skilja en produkt eller tjänst från andra för att göra det mer attraktivt för en viss målgrupp. Syftet med differentieringen är att utveckla och förstärka en produkt som potentiella kunder ser som en unik sådan. Vidare hävdas det att det som skapar överlägset kundvärde är det som genererar konkurrensfördelar. Detta i sin tur beror på det som kallas för de fem differentieringsvariablerna:

- **Produkt – Form, egenskaper och kvalitet beroende på målgrupp.** För att vara världsledande inom produkt och tjänster måste ett företag vara innovationsdriven och sträva

efter förbättringar genom specialisering. På så sätt får man nöjdare kunder genom ett bredare sortiment och kunden är då redo att betala ett högre pris då produkten skapar kundvärde. Det är samtidigt viktigt att företag inte försöker sälja till ett alltför högt pris då det kan skapa missnöje hos kunden.

- **Service – Enkelhet i samband med produkten.** Service i samband med produkten kan ge konkurrensfördelar då det kan skapa högt kundvärde genom att det förenklar användningen av produkten för kunden.
- **Personal – Utbildning kan ge konkurrensfördelar.** Företag kan få starka konkurrensfördelar genom att anställa och utbilda bättre personal än vad deras konkurrenter gör. Detta kräver att bolaget väljer sin personal för kundkontakt noggrant och utbildar de väl så att de förstår kunden och gör ”de glada”.
- **Kommunikations- och försäljningskanaler.** För att nå så många kunder som möjligt är det viktigt att ett företag har täckning, god insikt och rykte inom alla kanaler. Det är viktigt att kunden lätt och enkelt ska kunna nå sina leverantörer.
- **Image – Hur allmänheten uppfattar företaget och produkten.** I många fall kan kunder uppfatta företag olika trots att de har likartade produktportföljer baserad på företagets image. Ett företag ska förmedla ett unikt och distinkt budskap som talar om produktportföljens huvudsakliga fördelar och positionering.

3.5.3. Vinstmaximering (Den nya ekonomistyrningen)

Vinstmaximeringsmodellen beskriver ett företag enligt den neoklassiska företagsekonomiska teorin. Företag antas sträva efter att maximera sin vinst och betraktas som en förädlingsenhet med inflöde av resurser till ett visst värde och utflöde till ett högre värde. Företaget ses som en svart låda. Hela denna beskrivning illustreras i Figur 3. Intäkter definieras som erhållen försäljning och kostnader som företaget avstår från genom att använda andra resurser, det brukar benämnas med alternativkostnad [25].



Figur 3. Vinstmaximering i företag

4. Optimeringsprocessen

I denna del av rapporten beskriv tillvägagångssättet för att sätta upp en modell för problemet och önskvärda resultat för att besvara frågor som ställts i arbetet.

4.1. Antaganden

Indirekta antaganden som gjorts rör matematiska förhållandet mellan pris och efterfrågan är känd, vilket medför att intäkten kan definieras som en funktion av pris eller efterfrågan. Vidare antas efterfrågan för en viss klass vara en stokastisk variabel som är binomialt fördelad och således står för antalet sålda biljetter av den klassen.

Tidsdynamik kommer inte att betraktas i och följaktligen utgås det från att en statisk modell ställs upp vars indirekta antaganden redan redovisas i avsnitt 3.3.2

Det antas därtill att alla passagerare dyker upp till sin resa och att det inte sker några avbokningar.

4.2 Modellformulering

4.2.1. Målfunktion

Målfunktionen beskriver förväntade intäkter av en viss flygresa som en funktion av efterfrågan. Funktionen för förväntade intäkter formuleras enligt lagen för total förväntan. Total förväntan uttrycks som förväntad intäkt för en viss klass i , givet att x_i biljetter från klass i säljs, multiplicerat med sannolikheten för att så många biljetter säljs. Detta summeras över alla klasser och det maximala värdet för x_i är flygplanets totala antal säten. x_i är ett utfall av en stokastisk variabel som med andra ord speglar efterfrågan för x_i antal säten i klass i . Med matematiska variabler uttrycks detta som:

$$E[\text{intäkter}] = \sum_i \sum_{x_i=0}^C E[f(X_i)|X_i = x_i] \times P[X_i = x_i]$$

Där:

$i = \text{index för klass } i$

$C = \text{antal säten i flygplanet, känd konstant}$

$X_i = \text{antal sålda biljetter för klass } i \text{ eller efterfrågan för klass } i$

$f(X_i) = \text{funktion av antal sålda biljetter som beskriver intäkter för klass } i$

Förväntad intäkt för en klass betingat dess antal sålda biljetter formuleras som en funktion av antalet efterfrågade säten multiplicerat med intäkt per säte. Då efterfrågan av antal säten överstiger flygbolagets utbud av säten, n_i , blir den förväntade intäkten produkten av det intäkterna per säte multiplicerat med n_i :

$$E[f(X_i)|X_i = x_i] = \begin{cases} R_i n_i & \text{om } x_i > n_i \\ R_i x_i & \text{om } x_i < n_i \end{cases}$$

$R_i =$ intäkt per säte för klass i , känd konstant
 $n_i =$ optimalt antal säten i klass i

Variabeln n_i är den optimala mängden av antal säten för klass i som är den optimala lösningen vi söker. Efterfrågan modelleras som tidigare nämnt som stokastisk variabel beroende på den nuvarande kapaciteten och sannolikheten att en biljett blir såld, eller med andra ord efterfrågan för en biljett.

$$X_i \in \text{Bin}(C, p_i)$$

$p_i =$ sannolikheten att en biljett från klass i säljs, känd konstant

4.2.1.2 Maximeringsproblem

Det som skall optimeras över är variabeln n_i , som står för det optimala antalet sätena. Vårt optimeringsproblem blir ett maximeringsproblem:

$$\max \quad E[\text{intäkter}] = \sum_i \sum_{x_i=0}^C E[f(X_i)|X_i = x_i] \times P[X_i = x_i]$$

Vilket kan omformuleras med ersättningen för $E[f(X_i)|X_i = x_i]$:

$$\begin{aligned} \max \quad E[\text{intäkter}] &= \sum_i \left(\sum_{x_i=0}^{n_i} R_i x_i P[X_i = x_i] + \sum_{x_i=n_i+1}^C R_i n_i P[X_i = x_i] \right) = \\ &= \sum_i \left(R_i \sum_{x_i=0}^{n_i} x_i P[X_i = x_i] + R_i n_i [P(X_i \leq C) - P(X_i \leq n_i + 1)] \right) \end{aligned}$$

4.2.2. Matematisk formulering av bivillkor

Bivillkoren formuleras så att man får ut optimala antalet säten per klass så att ytan av ett flygplan tas till hänsyn.

- Längden av totala antalet rader, som fås genom det optimerade antalet säten genom maximala antalet säten per rad för den klassen, multiplicerat med längden av stolen skall understiga eller vara lika med den totala längden av kabinen.

- Totala arean av antalet säten för varje klass ska understiga eller vara lika med det yta av kabinen som går att tillsätta säten, det vill säga att man exkluderar mittengångens area.
- Antalet säten vara positiva för varje klass.

Dessa bivillkor uttrycks matematiskt som:

$$\sum_i \frac{n_i}{y_i} l_i \leq L$$

$$\sum_i n_i b_i l_i \leq (B - m)L$$

$$0 \leq n_i$$

$$\text{då } y_i = \left(\frac{B - m}{b_i} \right)$$

Där:

b_i = bredden av ett säte i klass i
 l_i = längden av ett säte i klass i
 m = bredd av mittengången i ett flygplan
 y_i = antal säten per rad för klass i , nedrundat till närmsta heltal
 B = bredden för hela planet
 L = Längden för hela planet

Konstanterna är utbytbara och modellen blir anpassbar efter vilka dimensioner kabinen i ett specifikt flygplan har användningen av ytan för varje flygplan skall maximeras med denna modell.

4.3 Uppställning av optimeringsmodell

Modellen för detta arbete ser ut som sådan:

$$\max \sum_i \left(R_i \sum_{x_i=0}^{n_i} x_i P[X_i = x_i] + R_i n_i [P(X_i \leq C) - P(X_i \leq n_i + 1)] \right)$$

då

$$\sum_i \frac{n_i}{y_i} l_i \leq L$$

$$\sum_i n_i b_i l_i \leq (B - m)L$$

$$0 \leq n_i$$

Problemet är därmed ett icke-linjärt optimeringsproblem och uttrycket ovan skrivs om till standardmodellen:

$$(NLP) \quad \min \quad - \sum_i \left(R_i \sum_{x_i=0}^{n_i} x_i P[X_i = x_i] + R_i n_i [P(X_i \leq C) - P(X_i \leq n_i + 1)] \right)$$

då

$$\sum_i \frac{n_i}{y_i} l_i \leq L$$

$$\sum_i n_i b_i l_i \leq (B - m)L$$

$$0 \leq n_i$$

Denna målfunktion är icke-konvex då den inte är varken differentierbar eller kontinuerlig, då sannolikhetsfunktionen för en binomialfördelning är diskret.

4.4 Optimal lösning i heltal

Det optimala resultatet är inte alltid i form av heltal. För att få realistiska svar hanteras detta därför genom att utföra en heltalsalgoritm. Optimala antalet säten för en klass i kan även uttryckas i optimala antalet rader per klass i . Detta görs lätt genom att ta det optimala antalet säten i klass i dividerat med antal säten per rad i samma klass:

$$\frac{n_i}{y_i}$$

$$\text{då } y_i = \left(\frac{B - m}{b_i} \right)$$

Givet optimalt antal rader utförs följande algoritm, för alla optimala lösningar:

- Välj de tre närliggande lösningarna som finns i heltal
- Räkna ut förväntande intäkten av varje sådan lösning, det vill säga beräkna lösningens målfunktionsvärde
- Välj den lösning som ger störst förväntad intäkt. Undersök om bivillkor är uppfyllt för denna lösning. Om ja: sluta här. Om nej: ta den näst största och gör om.
- Om alla förväntade intäkter är lika stora. Öka på antalet rader för respektive klass tills bivillkoret inte längre uppfylls, det vill säga precis innan lösningen inte är tillåten.

5. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten för optimeringsproblemen som löses och därefter heltalslösningarna som erhålles från algoritmen. All data som använts för att lösa optimeringsproblemen finns i bilaga 1 och 2.

5.1. Lågprisflygbolag

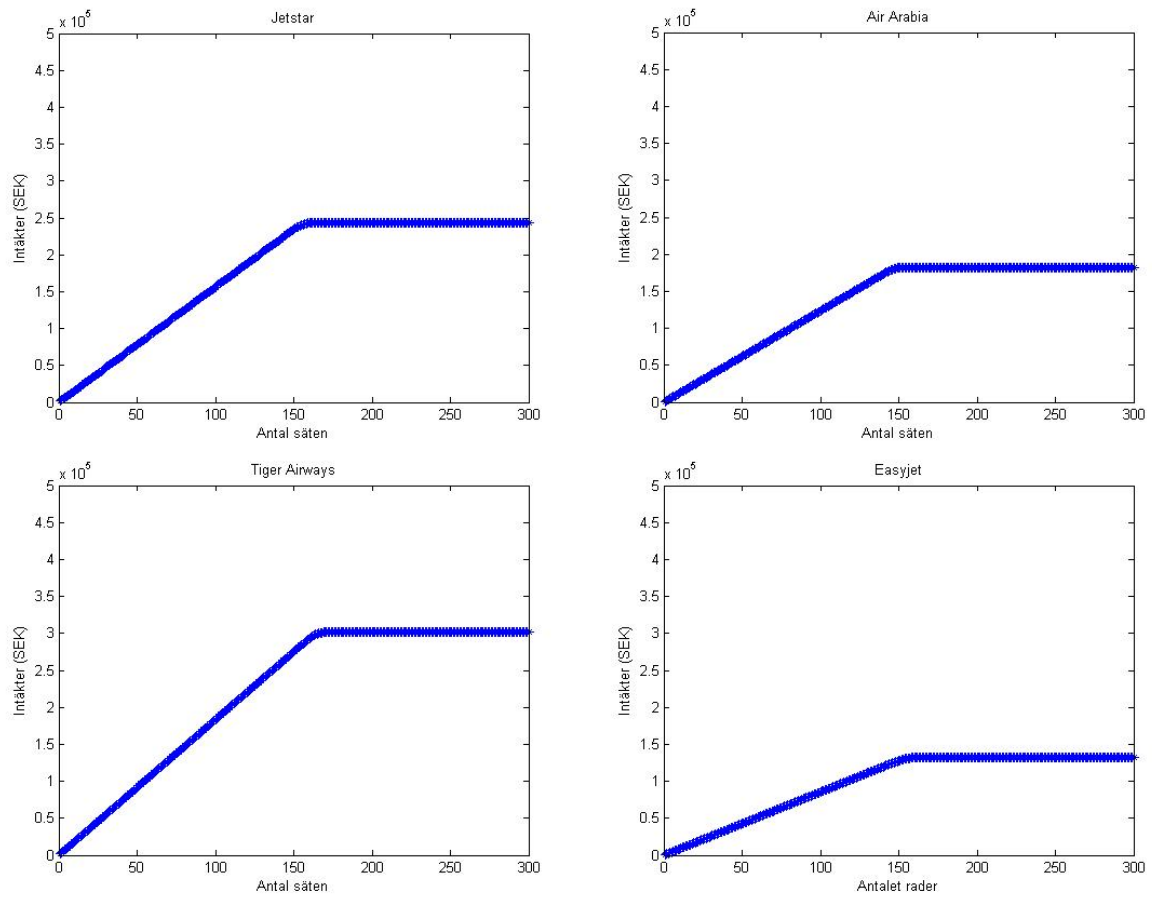
Modellen testades i det första fallet med de fyra olika lågprisflygbolagen som var och en har en klass i den valda flygplanstypen. Resultaten för alla flygbolagen sammanställs i Tabell 1 med den totala kapaciteten C given för en lätt jämförelse med flygbolagens nuvarande antal säten.

Tabell 1. Resultat från optimering av flyg med en klass

	Air Arabia	Tiger Airways	Easyjet	Jetstar
C	162	180	180	180
n	180	180	180	180
Förväntad intäkt (SEK)	182 700	301 560	132 110	243 840
y	6	6	6	6
Optimala antal rader	30	30	30	30
Heltalslösning för antal rader	33	36	36	37
Förväntade intäkter (SEK) för heltalslösning	182 700	301 560	132 110	243 840

Kommentar: C =totala antalet säten idag, n = optimala antalet säten i klassen, y =antal säten per rad i klassen, optimala antalet rader beräknas enligt $\frac{n}{y}$ och förväntade intäkter är beräknat både med optimallösning och med heltalslösning.

Optimala antalet säten för alla flygbolagen är densamma och i heltal. I tre av fallen är optimala antalet säten lika många som dagens antal. Optimala antalet rader är givetvis densamma för de alla bolagen och även i heltal. Däremot har heltalslösningarna för flygbolagen emellan inte lika värden förutom för Tiger Airways och samma värde på förväntade intäkter. De fyra olika målfunktionernas grafer anges i Figur 4 som kan beskådas växer alla målfunktionernas grafer linjärt till en viss punkt och fortsätter som en konstant funktion sedan.



Figur 2. Grafer för målfunktioner av respektive lågprisflygbolag.

5.2. "Traditionella" flygbolag

Samma procedur utfördes för de "traditionella" flygbolagen vilka har fler klasser än en. I Tabell 2-5 återges resultat från optimeringsmodell och respektive heltalslösning.

Tabell 2. Resultat av optimering för Air Canada

Air Canada	Affär	Ekonomi
C	39	304
n	127	237
Total förväntad intäkt (SEK)	1 217 600	
y	8	9
Optimala antalet rader	15.8750	26.3333
Heltalslösning för antal rader	16	26
Total förväntad intäkt (SEK) för heltalslösning	1 215 800	

Kommentar: C=totala antalet säten idag, n = optimala antalet säten för respektive klass, y =antal säten per rad för respektive klass, optimala antalet rader beräknas enligt $\frac{n}{y}$ för respektive klass och förväntade intäkter är beräknat både med optimallösning och med heltalslösning där förväntade intäkter är givna totalt för alla klasser.

För Air Canada har antalet säten i affärsklassen ökat och antalet säten i ekonomiklassen minskat. Heltalslösningarna för antalet ligger nära det optimala antalet med en mindre summa intäkt.

Tabell 3. Resultat av optimering för Singapore Airlines

Singapore Airlines	Affär	Ekonomi
C	162	180
n	63	320
Total förväntad intäkt (SEK)	717 100	
y	6	8
Optimala antalet rader	10.5	40
Heltalslösning för antal rader	10	40
Total förväntad intäkt (SEK) för heltalslösning	717 100	

Kommentar: C=totala antalet säten idag, n = optimala antalet säten för respektive klass, y=antal säten per rad för respektive klass, optimala antalet rader beräknas enligt $\frac{n}{y}$ för respektive klass och förväntade intäkter är beräknat både med optimallösning och med heltalslösning där förväntade intäkter är givna totalt för alla klasser.

För Singapore Airlines har däremot antalet affärsklass säten minskat medan en ökning i antalet säten i ekonomiklassen enligt tabellvärdena. Totala intäkter och antalet rader för heltals- och optimala lösningar är även i detta fall nästan lika.

Tabell 4. Resultat av optimering för SAS

SAS	Affär	SAS+	Ekonomi
C	36	35	208
n	31	96	320
Total förväntad intäkt (SEK)	1 292 900		
y	7	9	9
Optimala antalet rader	4.4286	10.6667	35.5556
Heltalslösning för antal rader	6	12	36
Total förväntad intäkt (SEK) för heltalslösning	1 215 800		

Kommentar: C=totala antalet säten idag, n = optimala antalet säten för respektive klass, y=antal säten per rad för respektive klass, optimala antalet rader beräknas enligt $\frac{n}{y}$ för respektive klass och förväntade intäkter är beräknat både med optimallösning och med heltalslösning där förväntade intäkter är givna totalt för alla klasser.

Tabell 5. Resultat av optimering för Qatar Airways

Qatar Airways	Första	Affär	Ekonomi
C	12	24	112
n	22	66	340
Total förväntad intäkt (SEK)	2 832 600		
y	7	8	9
Optimala antalet rader	4.1429	8.2500	37.7778
Heltalslösning för antal rader	4	8	37
Total förväntad intäkt (SEK) för heltalslösning	2 832 600		

Kommentar: C=totala antalet säten idag, n = optimala antalet säten för respektive klass, y=antal säten per rad för respektive klass, optimala antalet rader beräknas enligt $\frac{n}{y}$ för respektive klass och förväntade intäkter är beräknat både med optimallösning och med heltalslösning där förväntade intäkter är givna totalt för alla klasser.

Slutligen har vi för flygbolagen med tre klasser en ökning för antalet säten i samtliga klasser. För SAS skiljer sig antalet rader med heltalslösningen en aning mer för varje klass jämfört med Qatar som har ganska lika värden. Värt att notera är att förväntade intäkterna inte förändras med heltalslösningarna för Qatar men vilket den minskas till en liten del för SAS.

6. Marknadsstrategier

I detta avsnitt identifieras marknadsstrategier för flygbolagen Ryan Air och Emirates. En analys utförs för att jämföra dessa strategier mot varandra och avslutas med slutsaster.

6.1 Nulägesanalys av marknadsstrategier

6.2.1 Ryan Air

Flygbolaget Ryan Air har som mål att vara det ledande lågprisflygbolaget i Europa vilket de vill uppnå genom ständiga förbättringar för att minska kostnader. Affärsidén går ut på att kunna erbjuda så billiga flygbiljetter som möjligt så att det genererar en ökad passagerartrafik i branschen. Ryan Airs utbud av låga flygbiljetter inriktar sig främst för kostnadsmedvetna fritidsresenärer men även till affärsresenärer som anses inte ha råd med dyrare flygbiljetter och skulle kunna tänka sig välja alternativa transportmedel eller inte resa alls. Prissättningen baseras på efterfrågan samt den återstående tiden till flygets avgång, då högre biljettpriiser erbjuds på bokningar gjorda nära intill avresedag [12].

Ryan Air erbjuder endast kortdistansflyg och resorna exkluderar mellanlandningar. Flygbolaget kan således eliminera all icke-essentiell service såsom mat, dryck, underhållningssystem och större säten med mer benutrymme. Kundens önskemål blir således endast att kunna ta sig från punkt A till punkt B. Denna strategi är inte tillämpbar för längre flygningar då de dessa kräver högre servicenivå.

För att minska på kostnader väljer Ryan Air att endast ha en typ av flygplan, Boeing 737-800, som har avgångar i tider som kan uppfattas som obekväma av kunden samtidigt som de är mindre frekventa relativt konkurrenternas. Ryan Airs försök att minska kostnader påverkar därmed bland annat affärsresenärers efterfrågan som behöver bekväma avgångs- och ankomsttider som passar deras schema. De olika tiderna för avgång och ankomst påverkar inte fritidsresenärerna lika mycket som affärsresenärerna och därmed är detta en stor nackdel i och med att affärspassagerarna i snitt ger högre avkastning. [13]

Då flygbolaget endast fokuserar på kunder inom den europeiska marknaden kan de hantera bokningarna genom internet och telefon och därmed utesluta andra- och tredjepartsaktörer vid försäljning av flygbiljetterna i. Därmed använder Ryanair sig av direktförsäljning till kund utan mellanhänder som resebyråer genom internetbokning från egen hemsida eller via telefon vilket bidrar till högre avkastning [12]

Ryan Air väljer dessutom att fokusera på att endast ha verksamhet i mindre flygplatser som inte är överbefolkade, det vill säga sekundära och regionala flygplatser. Anledningen till det är att dessa är mindre belastade än större flygplatser och därmed kan ge högre andel punktliga avgångar, snabbare handläggningstider och färre förseningar vid terminal. Detta är en av Ryan Air främsta styrkor då de på så sätt minskar kostnad per passagerare kraftfullt. Samtidigt kan denna strategi vändas till en

nackdel då flygplatsen kan ligga alltför långt borta från staden. Detta har avskräckt passagerare och således tar Ryan Air numera även vissa rutter på primära flygplatser, speciellt vad gäller fallet för affärsresenärer som efterfrågat flygplatser belägna närmre storstaden [14].

6.2.2 Emirates

Emirates är ett av de största flygbolagen inom den internationella marknaden. Deras affärsidé går ut på att kunna erbjuda sina kunder en god service med fokus på kvalitet, bekvämlighet och säkerhet samtidigt som de håller ner kostnaderna. De fokuserar på en bred målgrupp av både affärs- och medelklassresenärer internationellt och delar därmed kabinen i flygplanerna i tre klasser utefter kundsegmenten; ekonomi-, affärs- och första klass. Det relativt stora utbudet för mat och underhållning inriktas till kunder som värdesätter upplevelsen av olika kulturer vilket Emirates väljer att kalla Globalistas. De menar att enbart fokus på att komma fram till destination inte är essentiellt utan mat och kultur även ska speglas i flygbolagen [15].

Trots de stora kostnader som kan uppstå är Emirates ett av de mest kostnadseffektiva flygbolagen i marknaden och en viktig faktor till detta är långdistansflygen som erbjuds [17]. Deras strategi går ut på att ha flera avgångar per dag för att kunna erbjuda tider som passar alla resenärer vilket är speciellt eftertraktat av affärsresenärer. De flygplan som används för flygning är stora sådana för att kunna skapa konkurrensfördelar genom att erbjuda och kunna sälja fler säten än sina konkurrenter. Detta är även anledningen till att de investerar i nya flygplan och operationell leasing vilka leder till de största kostnader de utsätts för [16].

Flygplatsen i Dubai, som är knutpunkten för Emirates, är ett nav för flygtrafik i världen tack vare sitt geografiska läge med närhet till kontinenterna Europa, Afrika och Asien vilket ger de möjligheten att vara internationell. För attrahera passagerare av både den högre och lägre klassen använder de sig flera typer av distributionskanaler. Tredjepartsaktörer som består av bland annat resebyråer verkar i marknader såsom Indien och Afrika medan direkta distributionskanaler vilket främst innefattar internetbokning används i större utsträckning i Europa. Både flygbolaget och flygplatsen är statligt ägda vilket innebär lägre kostnader för Emirates vad gäller parkering och landning än konkurrenterna [16].

6.3 Diskussion

Båda flygbolagen använder sig av olika affärsidéer: Emirates använder sig av lyxigare produkter medan Ryan Air erbjuder det billigaste alternativet. Följaktligen använder sig båda av tydliga strategier för att vara konkurrenskraftiga i resenärflygplansmarknaden. Båda använder sig av motsatta affärsmodeller och har trots det en hög lönsamhet, varav båda rankas som de mest lönsamma i marknaden [17].

Även strategierna skiljer sig åt då Ryan Airs position i marknaden är kostnadsledarskap inom en fokuserad del, den europeiska, av marknaden. För Ryanair innebär detta att alla tilläggstjänster och produkter som kan innebära extra kostnader elimineras då det väsentliga är att ta sig från punkt A till B. Däremot har Emirates en differentierare position i marknaden då de försöker erbjuda kundanpassade produkter som uppfyller kundens behov och önskemål med fokus på kvaliteten. Därmed intäktsmaximerar bolagen på olika sätt där Ryan Air fokuserar på att minska kostnader medan Emirates på att öka intäkterna.

Bolagen differentierar sig på olika sätt genom att ge kunden två motsatta helhetsupplevelser av bolagets produkter och service. Det är genom kundkontakt som helhetsupplevelsen skapas och innebär all kontakt med bolaget som passageraren gjort med bolaget från bokning till framkomsten till den planerade destinationen. I denna punkt skiljer sig Ryan Air och Emirates mycket åt då vi vet från nulägesanalysen att Emirates försöker ge en god helhetsupplevelse medan Ryanair koncentrerar sig på att minska dess kostnader. Därför analyseras kommunikations- och försäljningskanalerna (bokning och val av flygplats) samt produkten, i detta fall sätena, i respektive bolag för att sedan klargöra faktorer som påverkar bolagens val av sätesfördelning:

Kommunikations- och försäljningskanaler – En slutsats man kan dra utifrån nulägesbeskrivningen är att flygbolagens utspridning påverkar starkt vilka kundsegment de kan inrikta sig på och därmed utseendet av kabinerna. Ett exempel på detta är Emirates som kan inrikta sig till den internationella marknaden tack vare att de täcker kanaler och kontor i städer runt hela världen. Emirates använder sig därmed både av direkt försäljning genom bokning i både hemsida och också resebyråer som tredjepartsaktörer för att nå ut till alla kunder, medan Ryanair väljer att inte ha fysiska kontor i de områden de är verksamma i. Utan man når de endast genom internet- och telefon som majoriteten av den marknad de riktat sig till använder. Därmed väljer Emirates att nå så många kunder som möjligt inom den internationella marknaden medan Ryan Air väljer att nå ut till majoriteten inom den europeiska marknaden som de är verksamma inom vilket även orsakar att de inte når ut hela marknaden. Därmed kan Emirates nå ut till de olika kundsegmenten medan Ryan Air begränsar sig och orsakar deras begränsade fokusering i marknaden. Därav kan man förstå respektive bolags aktuella sätesfördelning: Ryanair med sin ekonomiklass utan någon vidare service och Emirates med de tre klasserna med hög klass på kvalitet och bekvämlighet.

En annan anledning till att Ryan Air inte har stor utspridning är deras strategi om att använda sekundära och regionala flygplatser, vilket är ett beslut till följd av kostnader som finns i de större flygplatserna i Europa. Att börja med flygningar inom de större flygplatserna skulle innebära större kostnader och därmed högre biljettpriser vilket går emot Ryan Airs affärsidé. Medan Emirates som använder Dubai som knutpunkt och de större flygplatserna som destinationer drar ner sina kostnader för flygplats tack vare att Dubai Airport är statligt ägd och tar därmed lägre avgifter [16]. Även detta

påverkar varför Ryanair inte väljer och inte kan inrikta sig mot kundsegment som har höga krav på service och bekvämlighet till skillnad från Emirates som har både geografiska förutsättningen och fördelar inom kostnader för att kunna inrikta sig på hela marknaden. Därmed förklarar det båda bolagens nuvarande strategi angående kundsegmenten och val av säten.

Produkt – Emirates är ett företag som konkurrerar med kvaliteten av sina produkter medan Ryan Air satsar mer på pris och därmed får lägre standard på sina säten. Emirates största utmaning är produktutveckling och måste vara innovativa och sträva efter förbättringar vad gäller de säten de erbjuder. Ryan Air som istället använder pris som konkurrensmedel möter andra utmaningar då de erbjuder standardiserade säten. De måste då sträva efter att minska på styckekostnader för att hålla nere biljettpriserna och därefter öka marknadsandelar. Därmed innebär det att Ryan Air ska ha så många enklare och standardiserade säten inom kabinen som möjligt medan Emirates erbjuder olika typer av säten som har hög kundvärde.

6.4 Slutsatser

Det slutsatser man kan dra utifrån diskussionsdelen angående sätesfördelning i de flygplan som används i Ryan Air och Emirates är att Ryan Air försöker att få in så många likvärdiga säten som möjligt, med variation i benutrymme, för den flygplansmodell de idag använder. Emirates försöker däremot ha olika typer säten (även mer bekväma sådana, mer benutrymme) genom att satsa på flera och större flygplansmodeller där dessa kan utformas att det skapar det kundvärde som efterfrågas i det kundsegment de riktar sig på.

Detta går i linje med förklarade affärsidéer och strategier: att vara kostnadsledare innebär att man tar främst hänsyn till möjliga kostnader och försöker därmed sätta så många säten inom begränsad yta, medan differentierare fokuserar på generering av intäkter där ytan av flygkabinen väljs stort som möjlig och utformas så att det får plats med det antal säten som efterfrågas.

Vid vidare analys ser man däremot att det inte är endast flygplanskabinens dimensioner som påverkar fördelningen och utformningen av sätena utan det finns andra faktorer såsom kostnader för bolaget utanför själva flygresan som påverkar detta. Kostnader för kommunikations- och försäljningskanaler påverkar sätesfördelningen på ett sådant sätt att de extra avgifter dessa innebär kan påverka de kundsegment som flygbolagen över huvudtaget vill eller kan inrikta sig mot och därmed deras strategier. Exempelvis innebär de höga avgifterna som finns i flygplatserna i Europa relativt Dubai att Ryan Air använder sig av regionala flygplatser vilket avskräcker affärspassagerare. Detta påverkar i sin tur deras strategi i och med att de inte kan nå ut till affärspassagerare i lika hög grad som till fritidspassagerare, trots att deras affärsidé går ut på att verka inom Europa som är en kontinent som har många affärsresenärer.

Möjligheten till att Ryan Air lägger till en affärsklass beror därmed på yttre faktorer, det vill säga flygplatser, som de inte har stor inflytande över. Denna regleringsfråga kan lösas av staten genom att försöka ställa likadana villkor för de europeiska flygplatserna såsom i Dubai utan att lågprisbolag som Ryanair inte behöver ändra sina strategier [13]. Ett annat exempel är valt av försäljningskanalerna. Ryanair som väljer att ha direktförsäljning når ej ut till hela marknaden medan Emirates gör det.

7. Diskussion

Från resultaten ser vi att optimala antalet rader har antingen ökat eller minskat vilket beror på flera faktorer som kommer diskuteras i denna del. Optimala antalet rader i heltal bidrar till att de optimala målfunktionsvärdena i flera fall minskar vilket beror på att andra alternativ för heltalslösningar inte uppfyller alla bivillkor. Nedan diskuteras arbetet ur olika aspekter för en analys av resultat som fåtts.

7.2 Data

Intäkter: De totala intäkterna för en flygplansresa som används som exempel i detta arbete inkluderar givetvis mer än intäkterna för en såld biljett. Tilläggstjänster är en annan inkomstkälla för flygbolagen som inte räknats med i dessa data. Avgränsningen innebär att intäkterna för respektive klass kommer sättas efter priset på biljett som säljs – vilket ger en självklar bild av vilken som tros komma leda till mest intäkter. Men i det verkliga fallet kan intäkter från tilläggstjänster innebära att en lägre klass kan ha större intäkter än en med högre klass. Således kan de avgränsningar som gjorts vad rör intäkt inte stämma överens med verkligheten. Detta leder till att optimala lösningar som hittats nödvändigtvis inte heller är verklighetsanpassade.

Tillvägagångssättet för att få data för intäkter kan även kritiseras då priset för en biljett varierar flertalet gånger under ett dygn, för att inte nämna fram tills avgång. Dessutom varierar priset för en biljett inom en klass, det vill säga en ekonomiklassbiljett kan kosta olika mycket i samma flyg.

I Tabell 7 visas en känslighetsanalys av intäkterna. Man ser att optimala antalet säten inte förändras trots att intäkterna varierar. Detta beror i sin tur på att flygplan med en klass ymaximeras i vår modell.

Tabell 6. Känslighetsanalys av intäkter för Jetstar

Intäkt (SEK)	1000	2000	3000	250	500
Jetstar					
Optimala antal säten	224.0836	224.0836	224.0836	224.0836	224.0836
Förväntade intäkter (SEK)	155910	311810	467700	31181	77953

Efterfrågan: Data för efterfrågan som erhållits från företaget *Industrial Optimizers* rör fyra olika kontinenter. Efterfrågan för en kontinent representerar för alla länder som inkluderas, vilket inte nödvändigtvis kan stämma. Därtill varierar efterfrågan för en flygplansresa för olika flygbolag inom

ett land vilket är ytterligare indirekt avgränsning som gjorts. I den komplexa verkligheten kan efterfrågans avgränsningar diskuteras ända ner till individnivå som alltså innebär att denna faktor ser väldigt olika ut och det är svårt att få fram exakta eller signifikanta siffror på detta.

Kategorin "OTHERS" har även sällats bort för beräkningar. Denna kategori bör räknas in som en extra klass för varje flyg då denna avser säten för personal. Fördelningen av säten kan komma att förändras vid hänsyn till detta.

Dessutom har antaganden för vilken efterfråga som passar nya uppkomna klasser i dagens flygplan gett orealistiska resultat, just på grund av att efterfrågan som antagits för den klassen inte varit realistisk. Ett exempel är för SAS och dess klass SAS+.

I Tabell 7 visas en känslighetsanalys av efterfrågan som beskrivs som P det vill säga sannolikheten för att sälja en biljett. Man ser att optimala antalet säten inte förändras trots varierande sannolikhet och att intäterna växer i samband med större värden för sannolikheten. Detta beror i sin tur på att antalet säten ytoptimeras medan förväntade intäkterna beror på efterfrågan.

Tabell 7. Känslighetsanalys av sannolikheten för att sälja en biljett

P i Bin(n, P)	0.2	0.5	0.9
Jetstar			
Optimala antal säten	224.0836	224.0836	224.0836
Förväntade intäkter (SEK)	56 304	140 760	253 368

Yta: Ytan som optimeras över exkluderar nödvändigheter som toaletter, utrymme för kabinpersonal och mittgångens olika dimensioner. Dessa är av stor anledning kritiska avgränsningar som gjorts då optimala värdet på antal säten kan vara mycket högre än i verkligheten. Detta på grund av att bivillkoren rör flygplanets längd och area vilka är faktorer som påverkas ifall nämnda nödvändigheter inkluderas.

Säten: Pålitligheten för data från *SeatGuru* kan givetvis kritiseras då dessa inte kan vara uppdaterade eller ge exakta mått då data är sekundärt insamlade. Avrundningsfel kan även förekomma då sekundära data är givet i amerikanska storheten *inches* vilket omvandlas till meter.

7.3 Modell

Efterfrågan: Efterfrågan antas vara binomialt fördelad och dess parametrar är historiskt skattade från data. Denna fördelning är beroende av en kapacitet, men efterfrågan kan vara oändligt stor och oberoende av kapaciteten för ett flygplan. Därför kan bättre sannolikhetsfördelningar användas för modellen vilket kommer lösa kapacitetsberoendet. Dessutom kan målfunktionen få bättre egenskaper, det vill säga kunna vara differentierbar och därmed konvex. Konvexa problem har lösningar som är optimala både lokalt och globalt vilket är önskvärda resultat.

Heltalsproblem: Optimala lösningar från modell är rationella tal vilket inte är något som kan betraktas som lösningar i verklighet. Antal säten och rader ska vara i heltal vilket har lösts med en egen algoritm. Det optimala målfunktionsvärdet kan förlora sin optimalitet i och med avrundningen som görs.

I heltalslösningen för lågprisbolagen med en klass upptäcktes det att optimum av förväntad intäkt inte förändrades även om antalet rader och säten utökades i och med funktionens egenskaper där förväntade intäkter förblir konstanta efter optimala antalet säten har funnits. Eftersom lösningen skall fylla på ytan utökades antalet rader till högsta möjliga så att hela ytan utnyttjades utan att det förväntade intäkter minskade.

För Singapore Airlines såg man återigen att det förväntade intäkterna inte förändrades för de kombinationerna av värdena [9 10 11] rader för affärsklass och [39 40 41] rader för ekonomiklass. Således togs det kombination av värde som uppfyllde bivillkoret.

För Air Canada valdes det att testa kombinationer av värdena [14 15 16] rader för affärs klass och [25 26 27] rader för ekonomiklassen. Det som upptäcktes var att förväntade intäkterna visade att optimal då Businessklassen hade 16 rader, och det högsta värde som i ekonomiklassen uppfyllde bivillkoren togs. Se Tabell 8.

Tabell 8. Tabellen visar det förväntade intäkter för olika kombinationer av antal rader för två olika klasserna i Air Canada

Air Canada	Rader, affär			
Rader, ekonomi		25	26	27
	14	1 215 800	1 215 800	1 215 800
	15	1 218 400	1 218 400	1 218 400
	16	1 218 500	1 218 500	1 218 500

På samma sätt upptäcktes det att förväntade intäkterna inte varierade då man utökade antalet rader för SAS och Qatar och således valdes den kombination av antalet rader för respektive klass utifrån att de uppfyller bivillkoren,

Bivillkor: Framtagen optimeringsmodell genererar lokala lösningar och globala lösningar då villkor är formulerade som likhets- respektive olikhetsvillkor. Som ovan nämnt är det relevant för ett ytmaximeringsproblem att likhetsvillkor väljs men målfunktionens egenskaper bidrar till icke-globala lösningar. En känslighetsanalys har gjorts där bivillkoret nedan har formulerats till både ett likhets- och olikhetsvillkor som kan beskådas i Tabell 9.

$$\sum_i \frac{n_i}{y_i} l_i \leq L \rightarrow \sum_i \frac{n_i}{y_i} l_i = L$$

$$\sum_i n_i b_i l_i \leq (B - m)L \rightarrow \sum_i n_i b_i l_i = (B - m)L$$

Tabell 9. Känslighetsanalys av bivillkor

Bivillkor	=	≤
Jetstar		
Antal säten	224.0836	180
Förväntade intäkter (SEK)	243 840	243 840
Singapore Airlines		
Antalsäten ekonomi	170.8865	63
Antal säten Affär	68.3546	320
Förväntade intäkter (SEK)	57 742	717 100
SAS		
Antalsäten ekonomi	162.3393	31
Antal säten SAS+	78.656	96
Antal säten Affär	66.2368	320
Förväntade intäkter (SEK)	353 300	1 292 900

Då man sätter bivillkoret till ett likhetstecken innebär det att antalet sätena ymaximeras medan det i fallet med olikhetsvillkor intäktsmaximeras. Detta ses i Tabell X, genom att förväntade intäkten är högre då olikhetsvillkoret används i modellen förutom vid fallet där man använder en klass där förväntade intäkterna är lika stora.

7.4 Lösningmetod

Startvektor: Beroende på vilka värden som anges för startvektorn kan modellen kan generera olika optimala lösningar som kan skådas i tabellerna 10-12.

Tabell 10. Känslighetsanalys av startvektor för Jetstar

Startvektor	0	100	200	300
Jetstar				
Optimalt antal säten	199	196	200	224.0836
Förväntade intäkter (SEK)	243 840	243 840	243 840	243 840

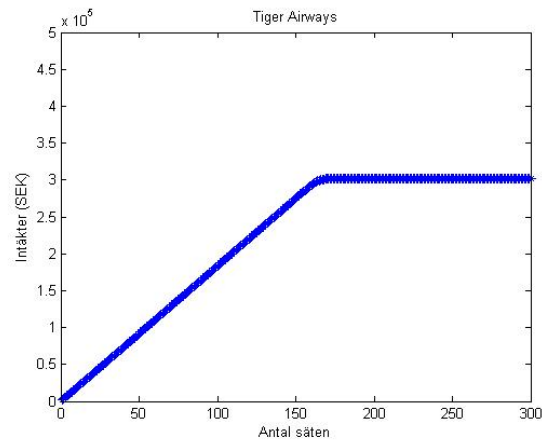
Tabell 11. Känslighetsanalys av startvektor för Singapore Airlines

Startvektor	0	50	100
	0	400	400
Singapore Airlines			
Optimalt antal säten (ekonomi)	63	40.1969	46.7486
Optimalt antal säten (affär)	320	395.0787	378.6994
Förväntade intäkter (SEK)	717 100	717 100	717 100

Tabell 12. Känslighetsanalys av startvektor för Qatar Airways

Starvektor	0	10	22
	0	20	18
	0	200	20
Qatar Airways			
Optimalt antal säten (ekonomi)	15	18	22
Optimalt antal säten (affär)	48	52	66
Optimalt antal säten (första)	320	328	340
Förväntade intäkter (SEK)	2 832 600	2 832 600	2 832 600

För samma intäkt finnas olika kombinationer av optimala antalet säten för varje klass vilket är anledningen till att optimala lösningar påverkas av startvektorn. Detta är nog ganska förväntat då det beror på det utseende och egenskaper målfunktionerna har. Då efterfrågade antal säten överstiger utbudet av säten, som formulerats för förväntad intäkt per klass, är målfunktionen en konstant horisontell graf vid en viss summa intäkt vilket är den bidragande faktorn till att startvektorn i sin tur har den påverkan på optimal lösning. Figur 5 av målfunktionen för Tiger Airways illustreras igen för tydlighetens skull som ett exempel på detta:



Figur 5. Målfunktionen graf för Tiger Airways

Optimeringslösare: De funktioner i MATLAB som använts för att lösa diverse optimeringsproblem har varit *fmincon* och *patternsearch*. För lågprisflygbolagen med deras enstaka klass har lokalt optimum hittats på första försöket med förstnämnd funktion, vad gäller de ”traditionella” flygbolagen så har detta inte varit fallet. *Fmincon* och *patternsearch* har då körts flera gånger tills ett konvergerande värde på optimala vektorn observerats. Optimala vektorn hittas dock enligt MATLAB på första försöket för varje traditionellt flygbolag, men med ytterligare körningar observeras att annorlunda lösningar fås.

Detta är även förväntat på grund av målfunktionens egenskaper. Bättre lösare finns bör användas för att erhålla mer tillförlitliga optimala lösningar.

9. Slutsatser

Från diskussionsdelen förstås att modellen inte kan bedömas om hur verklighetsanpassade resultat den skulle kunna ge. För att ta sådana beslut behövs pålitlig data vad gäller allt som är indata för modellen. Speciellt den sannolikhetsfördelning som efterfrågan för en klass antas ha påverka en del lösningar negativt och en bättre fördelning bör övervägas. Dessutom är de optimeringslösare i MATLAB inte de bästa metoderna vilket bidrar till att resultat kan försämrats. Så slutsaten är väl den att modellen i sig är pålitlig och skulle kunna ge verklighetsananpassade resultat för flygbolag, men i detta arbete finns ingen data för att ge underlag för sådana beslut.

9.1 Framtida undersökningar

För framtida undersökningar rekommenderas en bättre modellering av efterfrågan av antal säten. Alternativ till detta vore Poisson-fördelningen eller normal-fördelning vilka är kontinuerliga och deriverbara funktioner som bidrar positivt till en optimering samtidigt som dessa inte är bundna till kapaciteten till ett flygplan – efterfrågan kan vara oändligt stor.

Dessutom är en rekommendation att låta efterfrågan för en klass vara av den typen som kallas *nested*. Detta innebär att man låter efterfrågan ”icke-sluten” efterfrågan, det vill säga man tänker sig att passagerare kan tänka sig av den lägre/dyrare prisklass. Det har visat sig att flygbolag bör ta hänsyn till detta och genererar intäkter [9].

10. Referenser

- [1] Transportstyrelsen, "Flygtendenser – statistik, analys och information från transportstyrelsen," Transportstyrelsen, Norrköping, 2013.
- [2] B. Snyder, "The long and short of 'premium economy'," 14 02 2011. [Online]. Available: <http://edition.cnn.com/2011/TRAVEL/02/14/premium.economy.class/>. [Använd 19 05 2014].
- [3] H. Furness, The Telegraph, 07 11 2012. [Online]. Available: <http://www.telegraph.co.uk/news/aviation/9661829/Seatbelts-on-planes-are-pointless-says-Ryanair-boss.html>. [Använd 19 05 2014].
- [4] P. Johnsson, SVD, 01 03 2014. [Online]. Available: http://www.svd.se/resor/slut-pa-gratis-vin-till-maten-i-billigaste-sas-klassen_3320398.svd. [Använd 09 05 2014].
- [5] S. Investopedia, "The Industry Handbook: The Airline Industry," Investopedia, [Online]. Available: <http://www.investopedia.com/features/industryhandbook/airline.asp>. [Använd 19 05 2014].
- [6] K. T. Talluri och G. V. Ryzin, The Theory and Practice of Revenue Management, United States of America: Springer, 2004.
- [7] "ATA Airline Handbook," Air Transport Association, 06 07 2008. [Online]. Available: <http://libraryonline.erau.edu/online-full-text/books-online/1064.pdf>. [Använd 19 05 2014].
- [8] D. Owen, "GAME OF THRONES - How airlines woo the one per cent.," Newyorker, 21 04 2014. [Online]. Available: http://www.newyorker.com/reporting/2014/04/21/140421fa_fact_owen. [Använd 19 05 2014].
- [9] P. (. D. Belobaba, "Air travel demand and airline seat inventory management," Massachusetts Institute Of Technology. Dept. Of Aeronautics And Astronautics. , 1987.
- [10] P. (. D. Belobab, "Application of a Probabilistic Decision Model to Airline Seat Inventory Control," vol. 37, nr 2, 1989.
- [11] Lundgren m.fl., Optimeringslära, Lund: Studentlitteratur, 2003.

- [12] "STRATEGY," Ryanair, [Online]. Available: <https://www.ryanair.com/doc/investor/Strategy.pdf>. [Använd 20 05 2014].
- [13] "Ryanair SWOT analysis – Michael O'Leary's maniacal focus on being the lowest cost producer," CAPA - Centre for Aviation, 06 02 2013. [Online]. Available: <http://centreforaviation.com/analysis/ryanair-swot-analysis--michael-olearys-maniacal-focus-on-being-the-lowest-cost-producer-96465>. [Använd 20 05 2014].
- [14] M. Cauchi, "Ryanair Battles for Business Passengers With New Routes, More Flights," The Wall Street Journal, 19 03 2014. [Online]. Available: <http://online.wsj.com/article/DN-CO-20140319-008852.html>. [Använd 20 05 2014].
- [15] "Emirates launches new global brand platform – "Hello Tomorrow"," Emirates, 02 04 2012. [Online]. Available: http://www.emirates.com/english/about/news/news_detail.aspx?article=839087. [Använd 20 05 2014].
- [16] "Unit cost analysis of Emirates, IAG & Virgin; about learning from a new model, not unpicking it," 11 01 2014. [Online]. Available: <http://centreforaviation.com/analysis/unit-cost-analysis-of-emirates-iag--virgin-about-learning-from-a-new-model-not-unpicking-it-147262>. [Använd 20 05 2014].
- [17] "Low cost is coming to long-haul flights. Next could be low fares," The Economist, 27 10 27-10-2005. [Online]. Available: <http://www.economist.com/node/5093506>. [Använd 20 05 2014].
- [18] "Seat Guru," 2014. [Online]. Available: http://www.seatguru.com/charts/longhaul_first_class.php#chart. [Använd 19 05 2014].
- [19] A. Sasane och K. Svanberg, Optimization Dep. Of mathematics, KTH, Stockholm [16], Stockholm: KTH Dep. Of mathematics, 2013.
- [20] G. Blom, J. Enger, G. Englund, J. Grandell och L. Holst, Sannolikhets-teori och statistikteori med tillämpningar, India: Studentlitteratur, 2011.
- [21] D. Stirzaker, Probability & Random Variables : A Beginner's Guide, pp. 189-238, e-book: Cambridge university press, 1999.
- [22] K. Pak och N. Piersma, "overview of OR techniques for airline revenue management," *Statistica Neerlandica*, Vol. %1 av %2Vol.56(4), pp.479-495, 2002.

- [23] F. s. Hillier och G. J. Lieberman, *Introduction to Operations Research*, Ninth Edition, pp. 882-889, Singapore: McGraw-Hill International Edition, 2010.
- [24] K. Talluri, G. van Ryzin, I. Karaesmen och G. Vulcano, "REVENUE MANAGEMENT: MODELS AND METHODS," Miami, 2008 pp.145-156.
- [25] C. Ax, C. Johansson och h. Kullvén, *den nya ekonomistyrningen*, Egypten: Liber AB, 2012.
- [26] M. E. Porter, "COMPETITIVE STRATEGY," *Measuring Business Excellence*, vol. 1(2), nr p.12-17, 1997.
- [27] J. Hendry, "The problem with porter's generic strategies," vol. Vol.8(4), nr pp.443-450, 1990.
- [28] *Principles of marketing: European edition*, 5th ed, 2008.
- [29] S. M. Leon, J. G. Szmerkovsky och D. D. Tolliver, "A Portfolio Approach to Allocating Airline Seats," vol. 52, nr 4, 2013.
- [30] M. Dror, P. Trudeau och S. P. Ladany, "Network models for seat allocation on flights," vol. 22, 1988.
- [31] "Historien om business class," *Affärsresenären.se*, 13 11 2009. [Online]. Available: <http://www.affarsresenaren.se/artikel/historien-om-business-class/2143>. [Använd 19 05 2014].
- [32] "<http://pages.stern.nyu.edu/~gvulcano/RMTutorialWSC08.pdf>".
- [33] m. f. Aniander, *Industriell ekonomi*, Malmö: Studentlitteratur AB, 2010.
- [34] N. Evans och D. Campbell, *Strategic Management for Travel and Tourism*, Chapter Case 5, pp.375-378, Great Britain: Butterworth-Heinemann, 2003.

11. Bilagor

Bilaga 1

	Air Arabia	Tiger Airways	Easyjet	Jetstar
Rutt	Sharjah-Istanbul	Singapore – Dhaka	London-Barcelona	Adelaide-Sydney
Pris för biljett	1237	1835	855	1564
Ekonomi	Längd: 0.8128 m Bredd:0.4318 6 per rad 28 rader	Längd: 30 Bredd:18 6 per rad 30 rader	Längd: 0.7366 Bredd 0.4572 6 per rad 30 rader	Längd: 0.7366 Bredd 0.4318 6 per rad 30 rader
Nuvarande kapacitet(antal säten)	162	180	180	180

SAS	Business	SAS Plus	Economy
Stockholm – New York			
Pris för biljett	16467	10637	4069
Längd	1.5494	0.9652	0.8128
Bredd	0.5461	0.46482	0.43942
Per rad	6	7	8
Antal rader	6	5	26
Antal säten	34	35	195
Total	264		

Qatar Airways (Doha -London)	First	Business	Economy
Pris	55 518 kr	40 264 kr	9667
Längd	2.0066	1.524	0.8128
Bredd	0.5588	0.508	0.4445
Per rad	4	6	8
Antal rader	3	4	28
Antal säten	12	24	225
Total	261		

Air Canada Baie Comeau – Barcelona	Business	Economy
Pris	9662	4223
Längd	1,8415m	0.8001
Bredd	0.51816m	0.45212
Per rad	3	8
Antal säten	37	228
Totalt	265	

Singapore Airlines Bangkok-Stockholm	Business	Economy
Pris	34 863	8 575
Längd	1.524	0.8128
Bredd	0.6223	0.4826
Per rad	6	8
Antal säten	30	225
Totalt	285	

Bilaga 2.

NORTH AMERICA

BC	PAX %
FIRST	0,725625
BUSINESS	9,731756
ECONOMY	86,61463
OTHER	2,927993

EUROPE

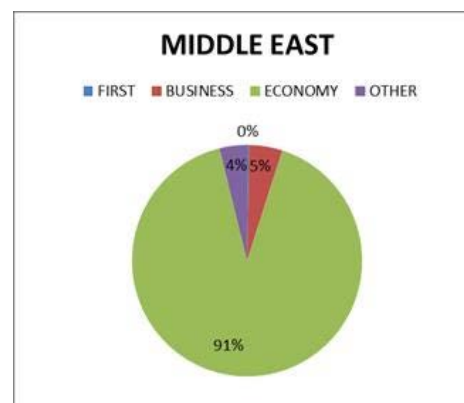
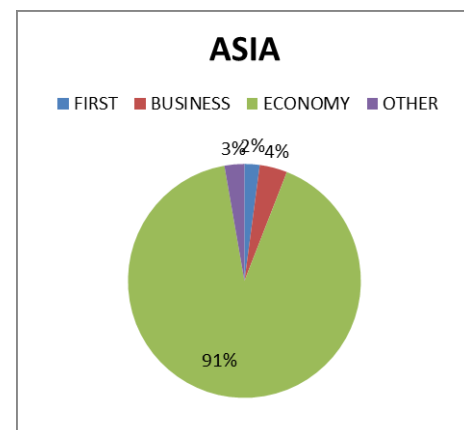
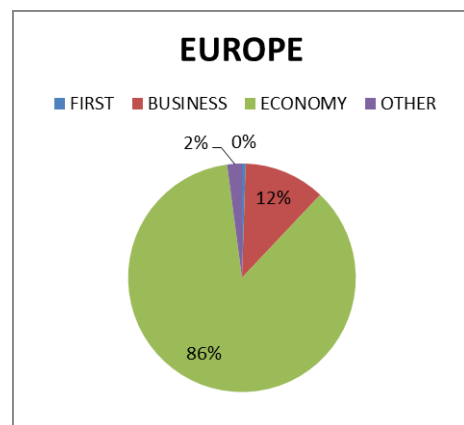
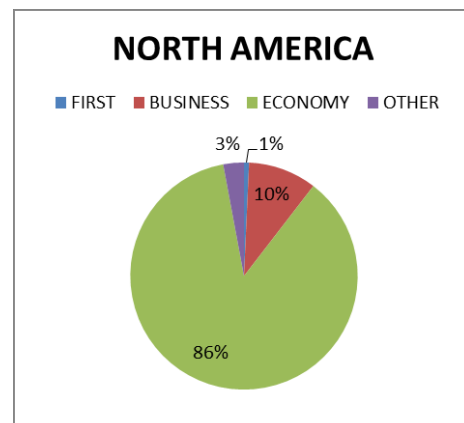
BC	PAX %
FIRST	0,513398
BUSINESS	11,5525
ECONOMY	85,84249
OTHER	2,091617

ASIA

BC	PAX %
FIRST	2,110981
BUSINESS	3,831401
ECONOMY	91,30096
OTHER	2,756661

MIDDLE EAST

BC	PAX %
FIRST	0,264659
BUSINESS	4,699934
ECONOMY	91,17155
OTHER	3,863859



Bilaga 3

Frågor för intervju

Tore Jenner, Mercedes Inal & Sara Snabb från Industrial Optimizers

Flygbranschen idag – regleringar, problem som flygbolag och flygplanstillverkare arbetar med (ständiga problem)

Hur brukar man tänka vid sätesfördelning mellan klasser, modeller? EMSR?

Med tanke på hur framtida flygplan ser ut, hur tror du modeller kommer att utvecklas? Vad är anledningen till att man väljer att införa sådana sortens kabiner. SAS är en av de som redan börjat.

”Beställer ” flygbolag flygplan från tillverkare så som Airbus och Boeing, produktion efter efterfråga?

Marknadsstrategier för typiska flygbolag, hur tänker t.ex. Ryan Air och Norwegian. Kontra ”lyxigare” flygbolag som Emirates och Singapore. Royal Jordanien. S7 Airlines

Hur tror man att dessa kommer tänka i framtiden i och med att de vill införa zoner?

Ståplatser, hela iden med att omvandla iden om en flygresor till en bussresa. Billiga alternativ?

Vad har industrial optimizers gjort innan vad gäller flygbranschen? Ser de förändringar som kan påverka deras modeller?

Är vår modell relevant? Skulle företag kunna använda vår modell mer eller mindre för optimering av deras platser? Är den utvecklingsbar?

Vilka andra faktorer skulle du ta med i en modell för optimering av flygplatser?

Hur insatta är ni inom det aktuella området kring flygsäten? Utformningen som sägs komma 2050? En lite mer utveckling kommer 2016?

Statliga flygbolagen Caribbean Airlines, AirBaltic (ägd statlig till hälften) hur tänker de på alla punkter vi tagit upp ovan? Hur skiljer de sig från de privat ägda?

Berätta lite mer om er optimeringsproblem ni haft med de olika flygbolagen, vad har deras problem varit? Vad har ni arbetat med?

Vinstmaximering – relevant för flygsäten. Hur skulle du vinstmaximera så att man får optimal fördelning av säten?

Hur modellerar man efterfrågan? Kan vi få ngn sån modell eller data som vi kan basera vår efterfrågan på. Dessutom revenue om det finns ngn sån data.

TRITA -MAT-K 2014:14
ISRN -KTH/MAT/K--14/14-SE