



CHALMERS

Resursallokering och flödeseffektivitet i säkerhetskontrollen

En fallstudie av säkerhetskontrollen på Göteborg
Landvetter Airport

Kandidatarbete inom Industriell ekonomi

Elliot Edström Johansson	Ebba Ny
Emma Hogander	Kevin Kristensen
David Magnusson	Jakob Younan

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2026
www.chalmers.se
Kandidatarbete TEKX18-VT26-02

Resursallokering och flödeseffektivitet i säkerhetskontrollen

En fallstudie av säkerhetskontrollen på Göteborg
Landvetter Airport

Resource Allocation and Flow Efficiency in Airport Security Checkpoints

A Case Study of the Security Checkpoint at Gothenburg
Landvetter Airport

ELLIOT EDSTRÖM JOHANSSON

EBBA NY

EMMA HOGANDER

KEVIN KRISTENSEN

DAVID MAGNUSSON

JAKOB YOUNAN

Resursallokering och flödeseffektivitet i säkerhetskontrollen

En fallstudie av säkerhetskontrollen på Göteborg Landvetter Airport

ELLIOT EDSTRÖM JOHANSSON EBBA NY

EMMA HOGANDER KEVIN KRISTENSEN

DAVID MAGNUSSON JAKOB YOUNAN

© ELLIOT EDSTRÖM JOHANSSON, 2026

© EBBA NY, 2026

© EMMA HOGANDER, 2026

© KEVIN KRISTENSEN, 2026

© DAVID MAGNUSSON, 2026

© JAKOB YOUNAN, 2026

Kandidatarbete TEKX18-VT26-02
Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2026

Gothenburg, Sweden 2026

Resource Allocation and Flow Efficiency in Airport Security Checkpoints
A Case Study of the Security Checkpoint at Gothenburg Landvetter Airport

ELLIOT EDSTRÖM JOHANSSON EBBA NY

EMMA HOGANDER KEVIN KRISTENSEN

DAVID MAGNUSSON JAKOB YOUNAN

Department of Technology Management and Economics
Chalmers University of Technology

SUMMARY

Problem

Airport security checkpoints are complex and resource-intensive operations with challenges pertaining to variation in demand, the serial structure of the process, and differences between passenger groups that collectively increase the complexity for resource allocation and capacity planning. These challenges create trade-offs between maintaining high security standards, service quality, and efficient resource utilization.

Aim

The aim of the study is to investigate how resource allocation and flows in the security checkpoint at Gothenburg Landvetter Airport can be improved with particular focus on how variation in demand, process design, and differences between passenger segments collectively interact and ultimately affect throughput.

Theoretical framework

The study uses queueing theory to analyse how variation in arrival and service times affects waiting times. Theory of Constraints and lean production are applied to identify bottlenecks and non-value-adding activities in the serial system. Capacity planning theory is used to analyse how resources can be adapted to varying demand. Finally, segmentation theory is applied to understand how differences between passenger groups contribute to variations in actual system load.

Method

A case study was conducted at Gothenburg Landvetter Airport using both qualitative and quantitative data. The study had a total of 803 observations connected to the preparation zone and a total of 556 at the collection zone. The observations were distributed across ten different measurement occasions and were complemented by throughput measurements and communication with Swedavia staff. Three airline segments were studied, these being Low Cost Carrier, Network Carrier, and Charter.

Results and Implications

The study shows that variation in demand is two-dimensional, with the first dimension being variation in arrival rate and second being variation connected to differences in passenger behavior within the system. The X-ray control is identified as the primary bottleneck and the metal detector is identified as a situation-dependent one. The strategically most important subprocess is identified as the preparation zone, as its quality often determines the load on both the constraining steps. LCC passengers demonstrate systematically slower throughput rates showing that they impose a greater load on the system compared to the other segments, explained primarily by differences in the preparation step. Furthermore the study demonstrates that resource allocation also requires segment composition to be considered alongside passenger volume, and that resource placement within the serial system can in some cases be as important as the number of open lanes. To operationalize this insight, the study proposes a capacity index that weights segment affiliation and destination category into a composite decision support tool. This tool is directly implementable using data already available in Swedavia's Chroma AODB system. Therefore the study concludes that improvements do not primarily require more capacity, instead they require a sufficient understanding of the system's variation. This understanding then enables existing resources to be placed where they have the greatest impact.

The report is written in Swedish.

Keywords: Security checkpoint, resource allocation, throughput, segmentation, bottlenecks, Landvetter airport

SAMMANFATTNING

Problem

Säkerhetskontroller på flygplatser är komplexa och resursintensiva verksamheter som präglas av variation i efterfrågan, processens seriella struktur samt skillnader mellan resenärsgrupper. Tillsammans ökar dessa faktorer komplexiteten i resursallokering och kapacitetsplanering. Utmaningarna skapar avvägningar mellan att upprätthålla höga säkerhetskrav, god servicekvalitet och effektivt resursutnyttjande.

Syfte

Syftet med studien är att undersöka hur resursallokering och flöden i säkerhetskontrollen på Göteborg Landvetter Airport kan förbättras, med särskilt fokus på hur variation i efterfrågan, processutformning och skillnader mellan resenärssegment samverkar och i slutändan påverkar genomströmningen.

Teoretiskt ramverk

Studien använder köteori för att analysera hur variation i ankomst- och servicetider påverkar väntetider. Theory of Constraints och lean production tillämpas för att identifiera flaskhalsar och icke-värdeskapande aktiviteter i det seriella systemet. Kapacitetsplanering används för att analysera hur resurser kan anpassas till varierande efterfrågan. Slutligen används segmenteringsteori för att förstå hur skillnader mellan resenärsgrupper bidrar till variationer i den faktiska systembelastningen.

Metod

En fallstudie genomfördes vid Göteborg Landvetter Airport med både kvalitativ och kvantitativ data. Studien omfattade totalt 803 observationer kopplade till pålägg och totalt 556 observationer vid avlägg. Observationerna fördelades över tio olika mättillfällen och kompletterades med genomströmningsmätningar samt kommunikation med personal från Swedavia. Tre flygbolagssegment studerades Low Cost Carrier, Network Carrier och Charter.

Resultat och implikationer

Studien visar att variation i efterfrågan är tvådimensionell. Den första dimensionen utgörs av variation i ankomstintensitet, medan den andra dimensionen är kopplad till skillnader i resenärsbeteende inom systemet. Röntgenkontrollen identifieras som den primära flaskhalsen, medan metalldetektorbågen identifieras som en situationsberoende flaskhals. Den strategiskt viktigaste delprocessen identifieras som pålägg, eftersom kvaliteten i denna delprocess ofta avgör belastningen på båda begränsande stegen.

LCC-resenärer uppvisar systematiskt långsammare genomströmning, vilket visar att de skapar en högre belastning på systemet jämfört med övriga segment. Detta förklaras främst av skillnader i påläggssteget. Vidare visar studien att resursallokering inte enbart bör utgå från resenärsvolym, utan även från segmentkomposition. Resursplacering inom det seriella systemet kan i vissa fall vara lika viktig som antalet öppna säkerhetslinor.

För att operationalisera denna insikt föreslår studien ett kapacitetsindex som viktat segmenttillhörighet och destinationskategori i ett sammansatt beslutsstöd. Verktynet

kan implementeras direkt med hjälp av data som redan finns tillgänglig i Swedavias Chroma AODB-system. Studien drar därför slutsatsen att förbättringar inte i första hand kräver mer kapacitet, utan snarare en tillräcklig förståelse för systemets variation. Denna förståelse gör det möjligt att placera befintliga resurser där de ger störst effekt.

Nyckelord: Säkerhetskontroll, resursallokering, genomströmning, segmentering, flaskhalsar, Landvetter flygplats

Förord och tackord

Denna rapport har genomförts som en fallstudie av säkerhetskontrollen på Göteborg Landvetter flygplats. Där arbetet har gett oss möjlighet att studera en komplex men även en samhällsviktig verksamhet. Denna studie har gett oss meningsfulla insikter och en djupare förståelse för de operativa utmaningar som uppstår där resenärsbeteenden, processutformning och kapacitetsplanering möts.

Vi vill först rikta ett stort tack till vår handledare Ola Hultkrantz för värdefull vägledning, konstruktiv återkoppling, stöd under arbetets gång och trevliga samtal. Dina synpunkter har varit mycket värdefulla och uppskattade.

Vi vill även rikta ett stort tack till Swedavia och alla medarbetare för ert engagemang och generositet med tid, kunskap och stöd. Men ett särskilt tack till Christofer Breiding, Zlatko Belev och Patrick Hindborg, er handledning och vägledning har varit mycket värdefull för oss. Er medverkan och engagemang har varit avgörande för att studien skulle kunna genomföras.

Till sist vill vi tacka alla som på ett eller annat sätt bidragit till arbetet genom diskussioner och återkoppling!

Emma Hogander, David Magnusson, Ebba Ny, Elliot Edström Johansson, Kevin Kristensen och Jakob Younan #YNWA

Begreppslista

Aktiv tid Tiden då resenären aktivt hanterar sina tillhörigheter och interagerar med personal vid en delprocess. Passiv väntan exkluderas.

Avlägg / avläggsyta Den sista delprocessen i säkerhetslinan där resenären hämtar sina tillhörigheter efter röntgenkontrollen och lämnar säkerhetskontrollen.

Belastningsindex Verktöget som väger samman segmentets tillhörighet och destination till ett beslutsunderlag för bemanning.

Boardingkortskontroll Första steget i säkerhetskontrollen där scanning av boardingkort sker, innan resenären kommer till säkerhetslinan.

Buffert / buffertyta Ett utrymme i flödet som möjliggör för resenärer, bagage eller backar att tillfälligt vänta utan att flödet i övriga delar av säkerhetskontrollen direkt blockeras.

Back En låda som läggs på bandet där resenären placerar sina lösa föremål, ytterkläder och elektronik.

Charter Flygbolag vars trafik i stor utsträckning är kopplad till turism, fritidsresande och paketresor.

Chroma AODB Swedavias flygplatsdatabas som används som underlag för prognostisering.

CT-baserad röntgenteknik En röntgenteknik som skapar tredimensionella bilder av handbagage, vilket gör det möjligt att analysera väskans innehåll mer detaljerat än med traditionell 2D-röntgen. Detta innebär att vätskor och större elektronik i många fall kan ligga kvar i väskan vid säkerhetskontrollen.

Diskret kapacitet Kapacitet som endast kan ökas eller minskas i fasta steg.

Effektstorlek Mått som beskriver storleken på en observerad skillnad, oberoende av urvalsstorlek och statistisk signifikans.

Explosive Trace Detection (ETD) Ett stickprov som görs på resenärer för att upptäcka spår av sprängämnen.

Flaskhals Den enskilda delprocessen i säkerhetskontrollen som begränsar den totala genomströmningen och därmed avgör hur snabbt resenärer kan passera genom systemet.

Flödeseffektivitet Ett mått på hur stor del av resenärens totala tid i säkerhetskontrollen som utgörs av värdeskapande tid.

Genomloppstid Total tid en resenär befinner sig i säkerhetskontrollen, från ankomst till pålägg till att resenären lämnar avlägget.

Genomströmning Antal resenärer som passerar systemet per tidsenhet, uttryckt som pax/h.

Genomströmningseffektivitet Ett mått på förhållandet mellan aktiv tid och total tid i ett flöde eller en delprocess.

Heterogen population En population där individerna har varierande egenskaper och beteenden.

Homogen population En population där individerna har liknande egenskaper och beteenden.

Hubb En central flygplats som fungerar som knutpunkt där resenärer kan byta till anslutande flyg för att nå ett bredare utbud av destinationer.

Intensitetsstopp Den period då inflödet av resenärer till säkerhetskontrollen är som högst.

Kabinbagage Allt bagage som en resenär tar med sig in i säkerhetskontrollen.

Kabinväska En väska som är för stor för att rymmas i en back och som därför placeras direkt på transportbandet vid pålägget.

Kapacitet Den maximala mängd resenärer som säkerhetskontrollen eller en delprocess kan hantera under en viss given period.

Klustrade ankomster Ankomster av resenärer i grupp i stället för som enskilda resenärer.

Kolli Det övergripande måttet på antalet enheter som en resenär använder vid säkerhetslinan. Det inkluderar både backar, som resenären lägger sina saker i, och eventuella kabinväskor.

Kontrollfrekvens Andel resenärer som behöver kontrolleras ytterligare i avlägget.

Konventionell röntgen Den röntgenteknik som är standard på Landvetter flygplats.

Low cost carrier (LCC) Lågprisflygbolag som kännetecknas av kostnadsfokuserad drift med punkt-till-punkt-trafik.

Långt intervall Ett tidsintervall som överstiger 40 sekunder mellan två efterföljande resenärer.

Makrosegmentering Indelning av resenärer utifrån övergripande och observerbara egenskaper.

Mikrosegmentering En mer detaljerad indelning av resenärer inom ett övergripande segment.

Muda Aktiviteter i en process som förbrukar tid eller resurser utan att tillföra värde.

Multipla jämförelser När resultat testas parvis mellan flera grupper.

Mura Ojämnhet och variation i flödet som skapar perioder av överbelastning och underbelastning.

Mätbarhet Att segmentens skillnader går att kvantifiera och mäta.

Network carrier Flygbolag som trafikerar större hubbar och erbjuder anslutande flygningar genom ett nätverk av destinationer.

Omscanning En resenärs tillhörigheter kan behöva genomgå ytterligare röntgenkontroll.

Pax Branchförkortning för resenärer som används inom flygindustrin.

Pålägg / pålaggsyta Den första delprocessen i säkerhetslinan där resenären placerar sina tillhörigheter på ett rullband inför kontroll.

Responsivitet Att ett segment reagerar annorlunda på olika åtgärder eller uppvisar ett distinkt beteende jämfört med andra segment.

Resurseffektivitet Ett mått på hur väl en resurs utnyttjas. Beräknas som utnyttjad kapacitet i förhållande till tillgänglig kapacitet.

Segmentering Uppdelning och kategorisering av en population i undergrupper utifrån gemensamma egenskaper.

Seriellt kösystem Ett system där enheter passerar flera delprocesser i en bestämd ordning.

Servicetid Den tid det tar att hantera en enskild resenär i en delprocess eller genom hela systemet.

Servicetidsvarians Spridningen i servicetiden som det tar att hantera olika resenärer i en delprocess.

Singelflöde En säkerhetslina som bemannas av minst fyra personer.

Stop and go-mönster Ett flöde som inte är kontinuerligt, utan växlar mellan stopp och korta intervall med kluster av resenärer.

Substantialitet Att segmentet är tillräckligt stort och relevant för att motivera separat analys.

Säkerhetslina En enskild lina inom säkerhetskontrollen, bestående av pålägg, metall-detektorbåge, röntgen och avlägg samt medarbetare vid drift.

Säkerhetskontrollen Innefattar boardingkontroll, kö-yta och säkerhetslina.

Threat Image Projection (TIP) Funktion där falska bilder av förbjudna föremål dyker upp i röntgenbilderna för att träna och upprätthålla röntgenoperatörens uppmärksamhet.

Tidsberoende ankomsttakt Ankomstintensiteten av resenärer varierar beroende på vilken tid på dygnet det är.

Tillgänglighet Att segmenten kan särskiljas och hanteras separat i praktiken.

Total tid Hela tiden från att resenären kliver fram till en delprocess tills att hanteringen är avslutad, inklusive passiv väntan.

Trainee Personal som är under upplärning i säkerhetskontrollens arbetsmoment och som ännu inte kan arbeta självständigt.

Värdeskapande aktivitet En aktivitet som bidrar med värde för resenären.

Innehåll

Förord och tackord

Begreppslista

1	Inledning	1
1.1	Säkerhetens betydelse och konsekvenser	1
1.2	Säkerhetskontrollens funktion	1
1.3	Säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats	2
1.4	Problemformulering	2
1.5	Syfte & Frågeställningar	2
1.5.1	Frågeställningar	3
2	Empirisk kontext	4
2.1	Landvetter flygplats	4
2.2	Organisatorisk kontext och nyligen genomförda förändringar	4
2.3	Säkerhetskontrollens struktur och kapacitet	4
2.4	Säkerhetskontrollens process och delmoment	5
2.4.1	Pålägg	6
2.4.2	Personkontroll i metalldetektorbågen	6
2.4.3	Röntgenkontroll	6
2.4.4	Avlägg	6
2.5	Swedavias prognostisering av resenärsflöden i säkerhetskontrollen	7
2.5.1	Simulering och dimensionering av resurser	8
2.5.2	Operativa mål och uppföljning	8
2.6	Flygbolagskategorier	8
2.7	Framtidsutsikter	9
3	Teoretiskt ramverk	10
3.1	Köteori	10

3.1.1	Systemkomponenter och prestandamått	10
3.1.2	Littles lag	10
3.1.3	Variabilitet och Kingmans approximation	10
3.1.4	Tidsberoende ankomsttakter	11
3.1.5	Seriella kösystem	11
3.2	Theory of Constraints (TOC)	11
3.2.1	De fem fokuserade stegen	11
3.2.2	OPT-principerna	12
3.3	Lean production och flödeseffektivitet	12
3.3.1	Flödeseffektivitet och resurseffektivitet	12
3.3.2	Slöseri i servicesystem med seriella flöden	13
3.4	Kapacitetsplanering och resursallokering	13
3.4.1	Kapacitetstrategi vid varierande efterfrågan	13
3.4.2	Personalplanering och diskret kapacitet	14
3.4.3	Schemaläggning och personalflexibilitet	14
3.5	Segmentering	14
3.5.1	Kriterier för effektiv segmentering	15
3.5.2	Makro- och mikronivåer av segmentering	15
4	Problemanalys	16
4.1	Variation i efterfrågan	16
4.2	Säkerhetskontrollens process	16
4.3	Segmentering	17
4.4	Resursallokering	18
5	Metod	20
5.1	Kvalitativ datainsamling	20
5.2	Urval & segmentering	21
5.3	Kvantitativ datainsamling	22
5.3.1	Pålägg	23

5.3.2	Avlägg	24
5.3.3	Genomströmning	25
5.4	Litteraturstudie	26
5.5	Analys & bearbetning av data	26
5.5.1	Databearbetning och deskriptiv statistik	27
5.5.2	Statistiska tester och metodologisk hänsyn	27
5.5.3	Sambands- och genomströmningsanalyser	27
5.5.4	Hantering av kontrollfall	28
5.6	Studiens forskningskvalitet	28
5.6.1	Metodkritik & studiens trovärdighet	28
5.6.2	Källkritik	29
5.6.3	Metodetik	30
6	Resultat	31
6.1	Genomströmning	31
6.1.1	Genomströmning per segment och flyg	31
6.1.2	Förekomst av långa intervall mellan segment och enskilda flyg . .	33
6.1.3	Ojämnhet i genomströmningsflödet	34
6.2	Pålägg	35
6.2.1	Aktiv och total tid per segment i pålägg	35
6.2.2	Antal kollin	36
6.2.3	Observerade problem i pålägg	37
6.2.4	Stopp i pålägg	38
6.2.5	Samband mellan pålägg och genomströmning	39
6.3	Avlägg	40
6.3.1	Aktiv och total tid per segment i avlägg	40
6.3.2	Kontrollfall i avlägg	42
6.3.3	Väntan på bagage från röntgenkontrollen	42
6.4	Jämförelse mellan pålägg och avlägg	43
6.5	Kvalitativa observationer och verksamhetsinsikter	44

6.5.1	Variation i flöde och belastningstoppar	44
6.5.2	Destination och resvana som källa till variation	44
6.5.3	Personalens kompetens och placering	44
6.5.4	Utvecklingspotential av befintliga arbetssätt	45
7	Analys & Diskussion	46
7.1	Variation i efterfrågan	46
7.2	Flaskhalsar	47
7.2.1	Röntgenkontrollen som primär flaskhals	48
7.2.2	Metalldetektorbågen som situationsberoende flaskhals	49
7.3	Resenärsegmentens påverkan på säkerhetskontrollens delprocesser	50
7.4	Implikationer för resursallokering och kapacitetsplanering	52
7.4.1	Belastningsindex som beslutsunderlag	54
8	Slutsats	58
	Referenser	60
A	Appendix	63
	Appendix A – Beräkningar och statistiska metoder	63

1. Inledning

Flygindustrin är en komplex och strikt reglerad verksamhet där säkerhet utgör en grundläggande förutsättning för systemets funktion (Price & Forrest, 2016). Flygplatser och flygtrafik har historiskt utgjort strategiska mål för terrorism och organiserad brottslighet. De har utnyttjats både som platser för smuggling och som medel för geopolitisk uppmärksamhet. Tidigare analyser indikerar att flygsystemet fortsätter att betraktas som ett attraktivt mål för terrorism, eftersom attacker mot detta system kan resultera i omfattande konsekvenser och påverka allmänhetens säkerhetsuppfattning (Council on Foreign Relations, 2006).

Efter terrorattentaten den 11 september 2001 förändrades synen på flygsäkerhet (Price & Forrest, 2016). Säkerhetsarbetet började i ökad utsträckning fokusera på förebyggande och systematiska kontroller av resenärer och bagage som ett direkt svar på nya typer av hot mot civil luftfart. Sedan dess har säkerhetsåtgärder fortsatt att utvecklas i takt med förändrade hotbilder och angreppsmetoder, vilket understryker att flygsäkerhet är ett dynamiskt och adaptivt område snarare än ett statiskt regelverk.

1.1 Säkerhetens betydelse och konsekvenser

Om företag eller privatpersoner väljer alternativa transportmedel till följd av upplevda brister i säkerheten kan det leda till en rad olika konsekvenser, däribland höjda biljettpriser (Price & Forrest, 2016). Detta kan i sin tur få indirekta effekter på närliggande och relaterade verksamheter. Säkerhetens utformning och effektivitet kan påverka såväl interna flöden som aktörer långt utanför flygplatsens direkta kontroll. Flygplatsens säkerhet är i detta avseende en fråga av betydelse på individ-, nationell- och internationell nivå.

Mot denna bakgrund har kraven på säkerhet inom flygtrafiken skärpts samtidigt som antalet resenärer ökat, vilket i kombination har bidragit till att driva upp kostnaderna för flygplatsverksamheten (Janssen et al., 2020). Trots en allmän medvetenhet bland resenärer kring vikten av säkerhet, utgör långa väntetider en central faktor för upplevt missnöje (Guizzi et al., 2009). Effektiv säkerhet kan således bidra till både högre kundnöjdhet och förbättrad finansiell prestation för flygplatsen.

1.2 Säkerhetskontrollens funktion

Säkerhetskontrollen är ett komplext system som består av flera delprocesser där mänskliga resurser och tekniska system samverkar (Janssen et al., 2020) utifrån regler för att säkerställa att resenärer och dess bagage uppfyller säkerhetskrav (Europaparlamentet och Europeiska unionens råd, 2008). Den kännetecknas av varierande efterfrågan, begränsade resurser och höga krav på säkerhet och service (Marshall et al., 2022). Många flygplatser kämpar dessutom med en begränsad yta. Detta skapar utmaningar för hur resurser ska allokeras samt hur flöden ska utformas för att uppnå effektivitet. Genom att betrakta flygplatsens verksamhet som ett integrerat system blir säkerhetskontrollen en tydligt identifierbar flaskhals (Janssen et al., 2020).

I Sverige påverkas säkerhetskontrollen av ett statligt reglerat kompensations- och avgiftssystem (Transportstyrelsen, 2025a). Flygbolagen blir fakturerade en avgift per resenär som passerar säkerhetskontrollen och den är baserad på flygplatsens uppskattade kostnader för säkerhetskontrollen, prognostiserade volymen av resenärer samt Transportstyrelsens administrationskostnader. Därefter betalas kompensation ut till flygplatserna för deras kostnader kopplade till säkerhetskontrollen.

Detta innebär att flygplatsens utrymme för lokal resursoptimering delvis begränsas då deras ekonomiska ramar till viss del fastställs externt. Vidare väcks frågan om hur effektivitet kan analyseras och förbättras i en verksamhet där ekonomiska ramar i stor utsträckning är givna externt. I detta avseende utgör Göteborg Landvetter Airport (hädanefter benämnd Landvetter flygplats) ett illustrativt exempel på de utmaningar som präglar moderna säkerhetskontroller.

1.3 Säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats

Swedavia ansvarar för drift och utveckling av tio flygplatser i Sverige (Swedavia, u. å-a). Bolaget driver säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats där antalet resenärer förväntas öka markant de närmaste fem åren, vilket medför en utmaning att kostnadseffektivt öka kapaciteten (operativ chef i Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Strävan efter kostnadseffektivitet innebär en avvägning gentemot andra centrala mål som god kundupplevelse och en hög servicegrad. Eftersom Swedavia både driver och utvecklar Sveriges basutbud av flygplatser behöver beslut fattas med hänsyn till både förutsättningar lokalt och utifrån systemet som helhet (Swedavia, 2024b). Detta är i linje med hur flygplatser analyseras som sammanlänkade system snarare än isolerade enheter (de Neufville & Odoni, 2013). Samtidigt sker denna styrning inom ramen för ett hierarkiskt regelverk av internationella, europeiska och nationella bestämmelser, vilket skapar strikta ramar för hur säkerhetskontrollen har möjlighet att utformas (Transportstyrelsen, 2025b).

1.4 Problemformulering

Säkerhetskontrollen präglas därmed av målkonflikter mellan höga krav på säkerheten, god service och en effektiv resursanvändning. Utöver detta råder en hög grad av variation i efterfrågan vilket försvårar både allokering och planering av resurser. Säkerhetskontrollen är med andra ord en komplex del av flygplatsens verksamhet där tydliga utmaningar i både ledning och optimering råder. Att möta kraven på korta genomloppstider samtidigt som säkerheten alltid är av högsta prioritet, aktualiserar behovet av ett kontinuerligt effektiviseringsarbete och motiverar studiens syfte.

1.5 Syfte & Frågeställningar

Syftet med studien är att undersöka hur resursallokering och flöden i säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats kan effektiviseras, med särskilt fokus på hur variation i efter-

frågan, processens utformning och skillnader mellan resenärsbeteende tillhörande olika flygbolagssegment, påverkar genomströmningen.

1.5.1 Frågeställningar

För att besvara syftet undersöks följande frågeställningar med utgångspunkt i säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats.

1. Hur ser variationen i efterfrågan ut över tid och hur påverkar den köbildning och kapacitetsutnyttjande i säkerhetskontrollen?
2. Vilka delprocesser utgör begränsningar (flaskhalsar) för genomströmningen?
3. Hur skiljer sig genomströmning och processtider mellan resenärsgupper tillhörande olika flygbolagssegment?
4. Hur kan resursallokeringen utformas för att bättre möta den faktiska belastningen på systemets olika delprocesser?

2. Empirisk kontext

Detta avsnitt redogör för de organisatoriska och operativa förutsättningar som ligger till grund för studien. Inledningsvis beskrivs flygplatsens organisatoriska kontext och säkerhetskontrollens struktur, följt av säkerhetskontrollens delprocesser, Swedavias prognosarbete samt de flygsegment som trafikerar flygplatsen. Avsnittet syftar till att ge läsaren den kontext som krävs för att kunna tolka studiens resultat.

2.1 Landvetter flygplats

Landvetter flygplats är Sveriges näst största flygplats med resenärsantal på över fem miljoner 2025 (Swedavia, u. å-a). Flygplatsen erbjuder 79 olika destinationer varav tre är inrikes (operativ chef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 6 maj, 2026). I samband med covid-19-pandemin sågs en kraftig nedgång i antalet resenärer, men de senaste åren har en gradvis återhämtning skett (Swedavia, 2026b). Under 2025 kunde en procentuell ökning, av resenärer, på cirka två procent noteras i förhållande till 2024 års nivåer (Swedavia, 2024a, 2025a).

Efterfrågan på flygplatsens tjänster varierar kraftigt över tid med tydliga skillnader under dygnet, mellan veckodagar och mellan säsonger (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Till exempel uppges resenärsvolymer vara cirka 50 procent högre under sommarmånaderna än under vintermånaderna. För att hantera dessa variationer arbetar Swedavia med olika operativa åtgärder, där ibland anpassning av bemanning och antal öppna säkerhetslinor i säkerhetskontrollen.

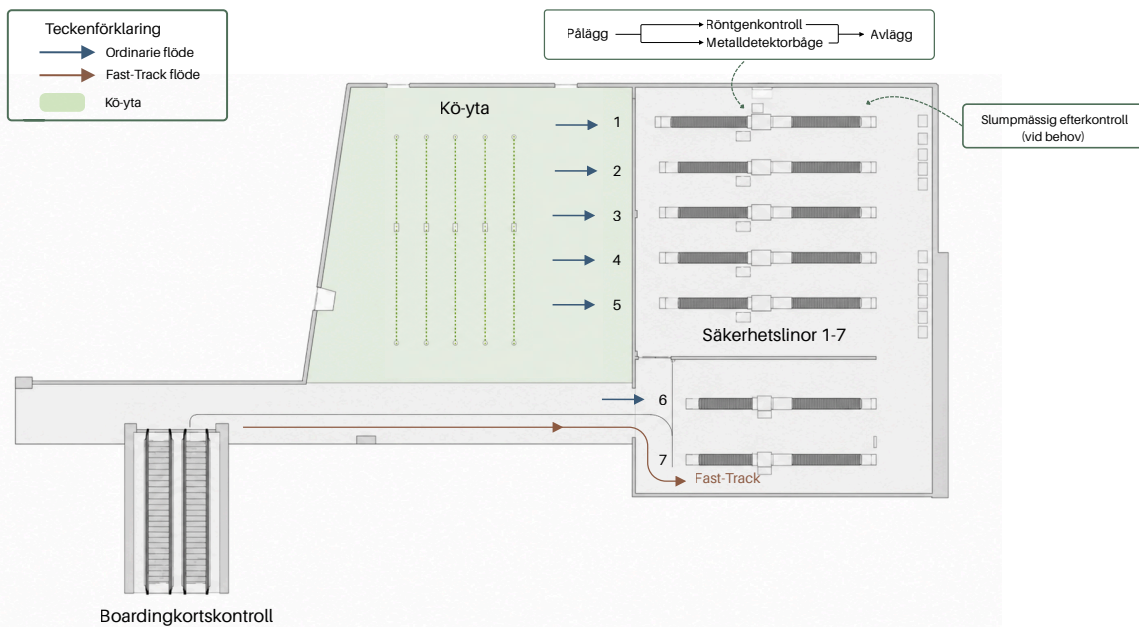
2.2 Organisatorisk kontext och nyligen genomförda förändringar

I maj 2019 övergick säkerhetsverksamheten till Securitas Sverige AB från att ha drivits i egen regi (Securitas, 2023). Detta sträckte sig till december 2025 när Swedavia tog över kontrollen (Swedavia, 2025b). I samband med övertagandet övergick cirka 200 medarbetare till Swedavia. Detta var enligt Swedavia ett strategiskt steg för att möjliggöra ökad kontroll, flexibilitet och stärkt förmåga att utveckla både den långsiktiga planeringen och den dagliga driften.

2.3 Säkerhetskontrollens struktur och kapacitet

Idag är säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats uppdelad i två olika kontrollpunkter, Säkerhetskontroll A och B (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Säkerhetskontroll A står för merparten av alla resenärer och består av sju säkerhetslinor. En av dessa är reserverad för Fast-Track, där resenärer med prioriterad tillgång leds genom ett separat flöde. Vid drift av en enskild säkerhetslina är fyra medarbetare standard. För vissa säkerhetslinor kan personalresurser dock samnyttjas, ef-

tersom vissa säkerhetslinor är placerade mittemot varandra. En regulatorisk begränsning att förhålla sig till och som påverkar bemanningsplaneringen är att manlig personal inte får visitera kvinnliga resenärer. Detta begränsar inte enbart flexibiliteten i bemanningen utan även rekryteringen av ny personal. Säkerhetskontroll B är belägen i terminalens norra del men används väldigt sparsamt, vid dessa tillfällen är det bland annat för att öka kapaciteten.



Figur 2.1: Schematisk översikt över Säkerhetskontroll A vid Landvetter flygplats. Egen illustration baserad på observationer och personlig kommunikation med Swedavia. Figuren visar ordinarie resenärflöde, Fast-Track flöde, kö-yta och säkerhetslinorna 1-7:s placering.

Vidare är ytan för säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats klart begränsande (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). På grund av säkerhetskontrollens smala passager bildas ibland långa köer som ofta inte är representativa för tiden det tar genom systemet, något som skadar upplevelsen för resenärer. Ytan illustreras i Figur 2.1.

2.4 Säkerhetskontrollens process och delmoment

Mot bakgrund av säkerhetskontrollens fysiska struktur kan processen beskrivas som ett seriellt system (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Resenären måste genomgå flera delprocesser i en fast ordning där varje steg måste avslutas innan nästa kan påbörjas. Vid Landvetter flygplats omfattas säkerhetskontrollen av fem delprocesser, däribland boardingkortskontroll, pålägg, personkontroll i metalldetektorbågen, röntgenkontroll samt avlägg vilket ibland också innefattar slumpmässig efterkontroll. Boardingkortskontrollen är den inledande kontrollpunkt där resenären verifierar sin behörighet till säkerhetskontrollen. Eftersom studien fokuserar på flödet

i säkerhetslinan behandlas därefter främst resterande delprocesser.

2.4.1 Pålägg

Pålägget är det första steget i säkerhetslinan och ytan för pålägg anses vara en begränsning eftersom det endast har plats för ett fåtal resenärer åt gången (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Det är även vid denna plats där resenären förbereder sig inför kontroll. För Landvetter flygplats anger Swedavia att ytterkläder och huvudbonad ska tas av, att fickor ska tömmas på lösa föremål samt att vätskor och större elektroniska föremål ska tas ur väskan och läggas i separata backar (Swedavia, u. å-b).

Kring vätskor anger Swedavia att varje behållare i kabinväskan får rymma högst 100 milliliter och att behållarna ska placeras i en genomskinlig återförslutningsbar plastpåse med maximal volym på en liter (Swedavia, u. å-b). Till vätskor räknas bland annat även geléer, krämer och sprayer (Transportstyrelsen, 2026c). Resenärer uppmanas också vidare att vara förberedda när de når kontrollpunkten (Swedavia, u. å-b).

2.4.2 Personkontroll i metalldetektorbågen

Efter pålägget passerar resenären genom en metalldetektorbåge (Transportstyrelsen, 2026a). Om inget larm uppstår fortsätter resenären vidare till avlägget. Vid larm genomförs en kontroll för att identifiera orsaken, antingen genom att resenären får avlägsna det larmande föremålet och gå igenom metalldetektorbågen igen, eller genom manuell visitering.

2.4.3 Röntgenkontroll

Medan resenären går genom personkontrollen färdas kabinväska, ytterkläder och fram-plockade föremål genom röntgenkontrollen på transportbandet som binder ihop pålägg, röntgen och avlägg (Transportstyrelsen, 2026b). På Landvetter flygplats används i dagsläget konventionell röntgen, där en röntgenoperatör granskar bilder i realtid (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Om vätskor eller elektroniska föremål inte har separerats enligt instruktionerna kan bagaget behöva kontrolleras ytterligare. För att stödja kontrollen används Threat Image Projection (TIP) där falska bilder av förbjudna föremål projiceras in i verkliga röntgenbilder som en del av den löpande säkerhetskontrollen för att säkerställa röntgenoperatörens fokus (Cutler & Paddock, 2009).

2.4.4 Avlägg

Efter genomförd person- och röntgenkontroll hämtar resenären sina tillhörigheter från bandet på motsatt sida bågen, därefter placeras backarna vid sidan av bandet (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). På Landvetter flygplats är ytan för avlägg, likt ytan för pålägg, kort där enbart ett fåtal resenärer får plats åt gången.

Utöver de ovanstående ordinarie stegen genomförs slumpmässiga efterkontroller av både resenärer och kabinbagage (Transportstyrelsen, 2026b). En vanlig sådan är Explosive Trace Detection (ETD), där prov tas från bagage, föremål i väskan eller från resenärens kläder och analyseras för spår av explosiva ämnen. Transportstyrelsen anger att denna kontroll i normalfallet tar några minuter extra och att ytterligare kontroll krävs om utrustningen ger utslag.

2.5 Swedavias prognostisering av resenärsflöden i säkerhetskontrollen

Swedavias prognosarbete för resenärsflöden i säkerhetskontrollen bedrivs utifrån de tre tidshorisonterna lång sikt, medellång sikt samt kort sikt (operativ chef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 22 april, 2026). Den primära datakällan i prognosarbetet är Chroma AODB (Airport Operational Database), Swedavias operativa flygplatsdatabas som innehåller uppgifter om samtliga planerade flyg, vilken används på alla Swedavias flygplatser (Swedavia, 2026a). Ur denna databas hämtas tidtabelldata, vilken bygger på ett trafikprogram som uppdateras två gånger per år och där flygbolag budar in sig på olika avgångstider (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Detta underlag kompletteras med historisk data om resenärer, vilken samlas in via boardingkortsläsare vid inpassering till säkerhetskontrollen och möjliggör analys av resenärers ankomstmönster i relation till flygens avgångstider. Resultatet blir ett uppskattat underlag av det förväntade behovet.

På lång sikt, cirka sex månader framåt, utgör prognosarbetet grunden för den övergripande bemanningsplaneringen (operativ chef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 22 april, 2026). Det är då, framförallt i samband med att trafikprogrammet fastställs inför kommande säsong, som den långsiktiga resursplaneringen måste beslutas. Detta görs genom att tidtabellsdatan från Chroma AODB simuleras, här framkommer dock utmaningen att det fastställda trafikprogrammet ofta avviker från det faktiska utfallet. Anledningen till detta är att avgångar kan ställas in eller justeras i efterhand. Därför används även historisk resenärdata kopplad till aktuell period för att komplettera tidtabellsdatan vilket skapar ett mer troligt behovsunderlag, därefter används resultatet som det primära underlaget för beslut.

På medellång sikt, en till tre månader framåt, sker löpande justeringar utifrån uppdaterad information (operativ chef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 22 april, 2026). Det betyder att det tidigare fastställda underlaget löpande justeras utifrån de aktuella förutsättningarna. Om fler flyg än väntat ställs in, justeras prognosen därefter.

På kort sikt följs och anpassas planeringen både dagligen och för den närmaste veckan utifrån aktuella förutsättningar (operativ chef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 22 april, 2026). För denna tidshorisont är det därför realtidsnära data och löpande observationer som vägleder besluten, snarare än de långsiktiga trafikprogrammen.

2.5.1 Simulering och dimensionering av resurser

För att kunna fatta operativa beslut används prognoserna som indata i simuleringsmodeller (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Genom att kombinera uppskattade resenärsflöden med ett genomsnittligt genomströmningsvärde per öppna säkerhetslina analyseras hur förändringar i bemanning och antal öppna säkerhetslinor påverkar köbildning och väntetider i säkerhetskontrollen. Genomströmningsvärdet, definierat som antal resenärer som hanteras per tidsenhet och säkerhetslina, används som grund för dimensioneringen av antalet öppna säkerhetslinor vid olika tidpunkter.

Simuleringarna genomförs via ett pythonbaserat verktyg, vilket möjliggör analyser av resenärsflöden och köbildning på systemnivå (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Verktöget används för att utvärdera alternativa scenarier, däribland förändrade öppningstider för enskilda säkerhetslinor. Simuleringen används som underlag för beslut där servicenivå vägs mot resurseffektivitet.

2.5.2 Operativa mål och uppföljning

Prognos- och simuleringsarbetet är nära kopplat till Swedavias operativa mål (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Ett centralt mål är att 90 procent av resenärerna ska passera säkerhetskontrollen inom tio minuter på veckobasis. Därutöver finns ett lokalt mål att kötider inte ska överstiga 20 minuter. Målen följs upp på veckobasis, vilket innebär att variationer mellan enskilda dagar kan accepteras förutsatt att de övergripande målen uppnås. Prognostiserade flöden jämförs därefter med faktiskt utfall, vilket möjliggör successiv utvärdering och förbättring av modellen.

2.6 Flygbolagskategorier

Trafiken på Landvetter flygplats består av och kan delas in i flertalet olika flygbolagskategorier (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 5 mars, 2026). Några vanligt förekommande är Charter, Network Carrier och Low Cost Carrier (LCC). Dessa kategorier kännetecknas av resenärer med olika karakteristika som potentiellt kan innebära variationer i flödet.

Charterbolagen kännetecknas i stor utsträckning av turism och fritidsresande (Papatheodorou & Lei, 2006). Trafiken är ofta kopplad till säsong vilket innebär att tydliga variationer kan uppstå över tid (Dobruszkes et al., 2022). Network Carriers kännetecknas av trafik till större hubbar där resenärer sedan kan byta till anslutande flyg vilket ger ett bredare utbud av destinationer (Cook & Goodwin, 2008). LCC kännetecknas av lågprisbolag och till skillnad från Network Carriers av resor i form av punkt-till-punkt (O'Connell & Williams, 2005). Med andra ord integreras inte anslutande flygningar i lika stor utsträckning.

2.7 Framtidsutsikter

Landvetter flygplats står inför en planerad ombyggnation av säkerhetskontrollen som enligt uppgift beräknas genomföras inom de närmaste sex åren (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). I nuläget används, likt tidigare beskrivet, en konventionell röntgenteknik. Vid denna ombyggnation finns planer på att införa en CT-baserad röntgenteknik, vilket möjliggör tredimensionell scanning av handbagage och därmed innebär förändringar i förberedelse för resenären men även förändrade arbetsprocesser för personalen.

3. Teoretiskt ramverk

Syftet med detta teoretiska ramverk är att skapa förståelse för hur variation i efterfrågan, processens utformning, skillnader mellan resenärssegment och begränsningar i kapacitet påverkar säkerhetskontrollens genomströmning och resursallokering. Här används köteori för att belysa hur variation i ankomst- och servicetider påverkar köbildning och väntetider. Theory of Constraints och lean används för att förstå hur begränsningar, beroenden och icke-värdeskapande aktiviteter kan påverka flöden i seriella system. Teori kring kapacitetsplanering används för att identifiera hur resurser kan anpassas till varierande belastning, medan segmentering används för att belysa hur skillnader mellan resenärsgupper kan bidra till variation i faktisk belastning. Tillsammans bildar teorierna ett integrerat ramverk för att analysera säkerhetskontrollen som ett flödes- och resursallokeringsproblem.

3.1 Köteori

Köteori är ett matematiskt ramverk för att analysera system där efterfrågan både varierar med tiden och där den under perioder överstiger systemets kapacitet, vilket resulterar i köbildning och väntetid (Gross et al., 2018). Inom kontexten för flygplatser har teorin etablerats som ett centralt verktyg för att modellera och förstå resenärsflöden i säkerhetskontroller (Gilliam, 1979).

3.1.1 Systemkomponenter och prestandamått

Ett kösystem beskrivs utifrån tre grundläggande komponenter, ankomstprocessen, servicemekanismen och ködisciplinen (Hsu, 2019). Systemen klassificeras med notationen (A/B/s) där A är ankomstfördelningen, B är servicefördelningen och s är antalet servicekanaler. Centrala prestandamått och storheter som används är L (genomsnittligt antal enheter i systemet), L_q (genomsnittligt antal i kön), W (genomsnittlig tid i systemet), W_q (genomsnittlig väntetid i kön), W_s (genomsnittlig tid en enhet aktivt behandlas) och λ (ankomsttakten till systemet).

3.1.2 Littles lag

Littles lag ger ett grundläggande samband mellan tre av dessa storheter och definieras som $L = \lambda W$ (Gross et al., 2018). Lagen förutsätter varken en specifik ankomstfördelning, ett specifikt antal servicekanaler eller en given ködisciplin, utan gäller för ett brett spektrum av system. Detta gör den särskilt användbar för att förstå konsekvenser av systemförändringar samt vid validering av insamlade data.

3.1.3 Variabilitet och Kingmans approximation

En central insikt från köteori är att variabilitet i sig driver upp väntetid oberoende av genomsnittlig belastning (Hopp & Spearman, 2011). Detta tydliggörs i Kingmans approximation som visar att väntetiden växer både med ökad systembelastning och med

ökad variation i ankomst- eller servicetider, vilket innebär att åtgärder som reducerar variabilitet kan minska väntetid utan behov av ytterligare kapacitet.

3.1.4 Tidsberoende ankomsttakter

Klassiska stokastiska kösystem antar ofta konstant ankomsttakt över tid, vilket är något som sällan håller i praktiken (Gross et al., 2018). Vid till exempel tidsberoende och klustrade ankomsttakter kan intensitetstoppar medföra köbildning trots måttlig genomsnittlig belastning. Detta gäller speciellt i det fall systemet inte hinner eller kan anpassa sig i realtid. I sådana system varierar belastningen över tid, vilket gör att vid intensitetstoppar kan ankomsttakten överstiga kapacitet medan servern vid lugnare perioder kan vara underutnyttjad.

3.1.5 Seriella kösystem

I traditionella köteoretiska modeller behandlas servicekanaler ofta som parallella och oberoende av varandra (Gross et al., 2018). Men i ett seriellt uppbyggt system där enheter passerar flera på varandra följande steg, kan störningar i en delprocess påverka andra delprocesser. Analytiska modeller baserade på för enkla antaganden fångar inte alltid upp denna dynamik fullt ut. Detta motiverar användning av simuleringsbaserade verktyg som komplement för att modellera systemets beteende mer realistiskt.

3.2 Theory of Constraints (TOC)

Theory of Constraints (TOC) kärnidé är att varje system innehåller minst en begränsning, eller alternativt uttryckt, en flaskhals som avgör systemets totala genomströmning (Slack et al., 2022). Genom att identifiera var denna flaskhals befinner sig i flödet, arbeta för att avlägsna den och sedan söka nästa flaskhals, riktas förbättringsarbetet systematiskt mot den del av systemet som bestämmer flödestakten. Ett sådant systemtänkande kan komplettera köteorins kvantitativa perspektiv och ge ett strukturerat tillvägagångssätt för att prioritera vart i flödet åtgärder bör sättas in.

3.2.1 De fem fokuserade stegen

För att systematiskt hantera flaskhalsar formulerade Goldratt fem fokuserade steg (Şimşit et al., 2014). Det första steget är att identifiera vart i systemet flaskhalsen befinner sig. Därefter utnyttjas flaskhalsen maximalt med de resurser som finns, med syfte att förbättra den så mycket som möjligt. I det tredje steget anpassas övriga delar av systemet efter flödestakt, vilket innebär att uppströms- och nedströmsmoment anpassas för att varken överbelasta eller svälta flaskhalsen. Först om dessa steg inte ger önskad effekt utförs steg fyra vilket innebär att höja flaskhalsens kapacitet antingen genom tillförsel av resurser eller omstrukturering. Det femte och sista steget innebär att processen upprepas, detta eftersom eliminering av en flaskhals resulterar i en ny flaskhals någon annanstans i systemet i enlighet med teorin. Detta innebär att TOC inte är en engångsåtgärd utan ett kontinuerligt förbättringsarbete.

3.2.2 OPT-principerna

TOC:s praktiska implikationer kan konkretiseras i ett antal principer för att nå optimerad produktionsteknologi (OPT) (Slack et al., 2022). Flera av dessa är särskilt relevanta för analys av just seriella flöden. Eftersom flaskhalsen begränsar hela systemet, blir en timme förlorad vid flaskhalsen även en timme förlorad för hela systemet. Omvänt innebär en timme sparad vid ett icke-flaskhalsmoment inte nödvändigtvis en timme sparad för hela systemet. Detta eftersom dessa moment redan har reservkapacitet, vilket medför att deras effektivisering inte ökar den totala genomströmningen.

En viktig distinktion görs mellan “utnyttjande” och “aktivering” av en resurs enligt TOC (Slack et al., 2022). En resurs utnyttjas enbart om den bidrar till att öka hela systemets totala prestation. Resursen kan dock vara aktiverad i bemärkelsen att den arbetar, men om den ändå bara skapar köer eller utför icke-värdeskapande aktiviteter ses den ej som utnyttjad. Vidare beskrivs att fluktuationer adderas till varandra i sammankopplade och sekventiella processer snarare än att de jämnas ut. Detta innebär att variabilitet uppströms förstärks nedströms i kedjan.

Slutligen betonas i TOC att schemaläggning av systemet bör utgå från en samtidig bedömning av systemets samtliga begränsningar, istället för att optimera varje delprocess isolerat (Slack et al., 2022). Detta understryker risken för suboptimering, alltså att förbättring av en enskild delprocess genomförs utan hänsyn till hur de påverkar systemet i sin helhet.

3.3 Lean production och flödeseffektivitet

Lean är en managementfilosofi som härstammar från japansk tillverkningsindustri med Toyota som pionjär (Slack et al., 2022). Det centrala syftet är att leverera kundvärde genom att eliminera alla aktiviteter som ej tillför värde. Lean kan förstås genom tre sammanlänkade roller, som en filosofi som placerar kundvärde i centrum, som ett angreppssätt för planering och styrning av flöden samt som en uppsättning verktyg för att identifiera och eliminera slöseri.

3.3.1 Flödeseffektivitet och resurseffektivitet

Skillnaden mellan flödeseffektivitet och resurseffektivitet är en central distinktion inom lean (Modig & Åhlström, 2012). Resurseffektivitet mäter förhållandet mellan värdeskapande tid och total tid för en resurs, flödeseffektivitet mäter istället i vilken grad enheten som processas aktivt förses med värdeskapande aktivitet under dess totala genomströmningstid. Denna distinktion konkretiseras i begreppet genomströmningseffektivitet, vilket är förhållandet mellan tiden en enhet aktivt bearbetas och dess totala tid i systemet (Slack et al., 2022). I materialbaserade processer är detta förhållande typiskt lågt, ofta några enstaka procent, kundtransformerande processer visar ofta högre värden eftersom kunder reagerar negativt på väntan.

Suboptimering sker ofta bland organisationer som ensidigt fokuserar på resurseffektivitet (Modig & Åhlström, 2012). Att personal och utrustning är högt utnyttjad, något som kan

ses som kostnadseffektivt, leder paradoxalt nog till sämre flödeseffektivitet. I detta fall nyttjas mycket av resurserna till icke-värdeskapande aktiviteter och minskar systemets tillgängliga kapacitet.

3.3.2 Slöseri i servicesystem med seriella flöden

Inom lean identifieras sju typer av slöseri benämnda muda, vilka utgör hinder för flödet (Slack et al., 2022). Dessa är överproduktion, väntan, transport, överarbetning, lager, rörelse och defekter. Nämnade slöserier är tillämpbara i såväl tillverknings- som servicesystem. I seriella system utan buffertar kan störningar i ett steg resultera i att efterföljande steg blir utan arbete (Gross et al., 2018). Slöserier i en delprocess riskerar därmed att sprida sig genom hela systemet.

Utöver muda identifierar lean även mura vilket handlar om ojämnhet och variation i flödet, som en grundläggande orsak till slöseri (Slack et al., 2022). Mura uppstår när det råder obalans mellan efterfrågevariationer och processens förmåga att anpassa sig i realtid. Detta leder till att resurser tidvis är överbelastade alternativt överksamma.

3.4 Kapacitetsplanering och resursallokering

Kapacitet definieras som den maximala nivå av värdeskapande aktivitet som en process kan uppnå under en given tidsperiod (Slack et al., 2022). I praktiska tillämpningar behöver dock begreppet preciseras, eftersom den faktiska prestationsförmågan sällan motsvarar den teoretiska. Slack et al. (2022) skiljer därför mellan tre kapacitetsnivåer. Designkapaciteten avser den maximala produktionstakten under ideala förhållanden utan avbrott. Den effektiva kapaciteten tar hänsyn till planerade begränsningar, såsom underhåll, raster och utbildningstid. Den faktiska kapaciteten motsvarar slutligen den nivå som uppnås i drift, där även oplanerade störningar, frånvaro och variationer i efterfrågan påverkar utfallet. Skillnaden mellan dessa nivåer är särskilt relevant i verksamheter som kännetecknas av begränsade resurser, eftersom det tydliggör gapet mellan systemets potentiella och faktiska kapacitet.

3.4.1 Kapacitetstrategi vid varierande efterfrågan

I servicesystem med tidsberoende efterfrågan uppstår en utmaning i att kapaciteten inte bör dimensioneras utifrån endast genomsnittlig belastning, utan också utifrån den variation som efterfrågan uppvisar över tid (Slack et al., 2022). Det nämns tre övergripande strategier för att hantera denna problematik. Den första strategin är level capacity vilket innebär att kapaciteten hålls konstant oberoende av efterfrågevariationer. Detta ger stabilitet i bemanning och planering, men medför samtidigt perioder av överkapacitet under låg belastning och risk för underkapacitet och köbildning vid belastningstoppar. En chase demand strategi innebär istället att kapaciteten anpassas efter det nuvarande inflödet. Strategin kan i teorin minska väntetider, men skapar ett behov för en högre grad av flexibilitet i personalstyrkan. Den tredje strategin är demand management där fokuset ligger på att påverka efterfrågan snarare än kapaciteten, till exempel genom tidsbokning eller prisdifferentiering för att jämna ut belastningen över tid.

3.4.2 Personalplanering och diskret kapacitet

I serviceoperationer där personalen utgör en viktig resurs blir personalplaneringen avgörande för resursallokeringen eftersom bemanningen styr verksamhetens kapacitet (Slack et al., 2022). Varuproducerande verksamheter kan bygga upp lager inför framtida efterfrågan, men serviceverksamheter behöver istället kunna möta efterfrågan i samband med dess uppkomst.

När kapaciteten i en verksamhet behöver anpassas efter variationer i efterfrågan beskrivs flera olika metoder, såsom övertid, personalens schemaläggning, förändringar i personalstyrkans storlek, deltidsanställningar, bredare kompetens hos personalen och inhyrd arbetskraft från externa bolag (Slack et al., 2022). Detta innebär att kapacitetsanpassning inte enbart är en fråga om att enkelt justera kapaciteten utan att det sker genom konkreta organisatoriska åtgärder som var och en har sina egna konsekvenser. Vidare betonas också att kostnaden för att förändra kapaciteten vanligtvis ökar i takt med att förändringen blir större. Kapacitetsplanering handlar alltså inte bara om att bestämma en lämplig nivå på kapaciteten utan också om att avgöra hur och med vilka medel kapaciteten kan förändras över tid.

3.4.3 Schemaläggning och personalflexibilitet

Schemaläggning är särskilt komplext eftersom den inte bara behöver utgå från efterfrågan utan också från ett antal praktiska begränsningar (Slack et al., 2022). Efterfrågan sammanfaller inte alltid med personalens preferenser för arbete, deltidsanställda är inte alltid tillgängliga vid samma tider, heltidsanställda behöver få ledigheter och semester beaktade och sjukfrånvaro kan uppstå oväntat. Medarbetare efterfrågar både flexibilitet och stabilitet i sina scheman. För verksamheten innebär detta att schemaläggning inte enbart kan utformas för att kortsiktigt matcha efterfrågan, den behöver också vara hållbar och genomförbar över tid. Detta innebär att kapacitetsplanering i servicesystem inte reduceras till en fråga om hur mycket kapacitet som behövs utan även omfattar när, hur och med vilka medel den kan tillgängliggöras.

3.5 Segmentering

Segmentering innebär en uppdelning av en heterogen population i mer homogena undergrupper utifrån relevanta egenskaper (Hutt & Speh, 2013). Ur en operativ synvinkel förflyttas fokuset från att differentiera erbjudandet till att förstå hur skillnader mellan kundgrupper påverkar processens kapacitet och genomströmning. Servicesystem kännetecknas av system där kunder är direkt involverade i processen och framkallar variation genom sitt eget beteende (Frei, 2006). När denna variation inte är slumpmässig utan kan kopplas till identifierbara grupper blir segmentering ett verktyg för att göra variationen mer begriplig och potentiellt hanterbar.

3.5.1 Kriterier för effektiv segmentering

Att dela in en population i mindre grupper behöver inte vara meningsfullt i sig, men med fyra kriterier kan det vara analytiskt relevant (Hutt & Speh, 2013). Det första kriteriet är mätbarhet, alltså i vilken utsträckning som informationen om det som kännetecknar de olika segmenten kan införskaffas. Det andra är tillgänglighet som avser i vilken utsträckning verksamheten effektivt kan rikta sina insatser mot de valda segmenten. Det tredje kriteriet är substantialitet och innebär huruvida ett segment är tillräckligt stort och betydelsefullt för att vara ett eget segment. Det sista kriteriet är responsivitet, vilket handlar om att segmenten ska uppvisa olika respons på olika åtgärder. Segmenteringens mål är att skapa segment där skillnaderna är stora mellan segmenten, men likheten är stor inom segmenten.

3.5.2 Makro- och mikronivåer av segmentering

En viktig skillnad inom segmentering är mellan makrosegmentering och mikrosegmentering (Hutt & Speh, 2013). Makrosegmentering utgår från mer övergripande egenskaper som direkt går att observera hos den enhet som analyseras. Dessa egenskaper kan vara bransch, storlek, geografisk placering, användningsgrad och organisatoriska kompetenser och används initialt för att identifiera breda segment.

Mikrosegmentering utgår istället från mer detaljerade egenskaper och är mindre direkt observerbara (Hutt & Speh, 2013). Mikrosegmentering utgår ifrån variabler som är mer kopplade till enheternas beteenden och beslutsprocesser. Dessa variabler kräver ofta djupare datainsamling och analys. Därför kan det vara bra med ett angreppssätt som inleds på makronivå för att därefter fördjupa segmenteringen när ytterligare differentiering krävs.

4. Problemanalys

Utifrån tidigare avsnitt framträder flera tydliga utmaningar i säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats. Verksamheten präglas ständigt av variation i efterfrågan, skillnader mellan resenärssegment, ömsesidiga beroenden mellan delprocesser samt krav på en effektiv resursallokering. Följande problemanalys visar hur dessa samverkar och som följd motiverar studiens frågeställningar.

4.1 Variation i efterfrågan

Säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats präglas av betydande variation i efterfrågan över tid. Resenärers ankomstmönster till flygplatsen är ojämnt fördelade, vilket beror på att avgångar är klustrade till vissa tidsfönster, att flygplanen har olika belägningsgrad samt att resenärer i varierande grad följer rekommenderade ankomsttider (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 5 mars, 2026). Detta ger upphov till tidsberoende inflöden till säkerhetskontrollen med tydliga intensitetstoppar, framför allt under morgon- och kvällstid. Systemet kan därför upplevas som tidvis underdimensionerat och tidvis överdimensionerat. Enligt köteori är just denna typ av variation i ankomstintensitet en betydande orsak till köbildning och ökade väntetider i servicesystem, även om den genomsnittliga belastningen är hanterbar.

Eftersom säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats är organiserad med ett begränsat antal säkerhetslinor, där antalet öppna säkerhetslinor direkt styr systemets kapacitet, förstärks denna utmaning. Även om justeringen av öppna säkerhetslinor till viss del kan ske reaktivt efter faktiskt behov, begränsar personaltillgången flexibiliteten (operativ chef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 22 april, 2026). I praktiken måste kapacitetsplaneringen ske proaktivt utifrån prognostiserade resenärsflöden. Variationen i efterfrågan innebär även att systemets resurser kan vara tidvis kraftigt belastade samt tidvis överksamma. Detta mönster kan enligt lean ge upphov till mura, alltså ojämnhet i flödet, vilket kan utgöra en strukturell källa till slöseri i systemet. Dessutom kan dessa variationer leda till förändringar kopplade till flödet i systemet, vilket kan resultera i skiftande placering av systemets aktuella begränsning. Sammantaget indikerar detta att nyckeltal som väntetid, genomloppstid och kapacitetsutnyttjande kan vara centrala för att förstå och hantera effekterna av efterfrågevariation, vilket motiverar en vidare analys med stöd av köteori, lean och Theory of Constraints.

4.2 Säkerhetskontrollens process

Att säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats är organiserad som ett seriellt system samtidigt som ytan för både pålägg och avlägg är begränsad, skapar svårigheter för systemet att absorbera variation och lokala störningar. För Landvetter flygplats del väcker detta frågan om i vilken utsträckning fördröjningar i de olika delprocesserna också påverkar övriga delar av säkerhetskontrollen. Theory of Constraints ger ett ramverk för att analysera frågan genom att hantera processen som en sammanhängande kedja snarare än som isolerade delprocesser.

Servicetiden kan variera mellan resenärer till följd av varierande förberedelsegrad, resvana och eventuellt behov av kompletterande kontroll. Till följd av detta visar Kingmans approximation att även måttlig variation i ankomst eller servicetid driver upp väntetiden. Tidigare forskning pekar ut just förberedelsesteget som en vanlig och återkommande begränsning i säkerhetskontroller (Kierzkowski et al., 2026). Även ytorna efter röntgenkontrollen kan få stor betydelse för genomströmningen och bidra till fördröjning när bagagebandet mättas och resenärer tvingas vänta på sitt bagage (Janssen et al., 2020). På Landvetter flygplats där pålägg, röntgenkontroll och avlägg ligger tätt sammankopplade skapas en utmaning att identifiera om flaskhalsen ligger i en enskild delprocess eller i samspelet mellan flera.

Ur ett leanperspektiv handlar det dessutom om att variation och lokala stopp genererar aktiviteter som belastar systemet utan att bidra till flödet, till exempel väntan, omarbete och ansamling av resenärer och backar. På grund av begränsade buffertytor blir effekterna särskilt påtagliga, eftersom de begränsar systemets förmåga att absorbera variation. Det aktualiserar samtidigt risken för suboptimering, effektivare röntgenkontroll ger inte fullt genomslag om avlägget inte har den kapacitet som krävs och ett snabbare avlägg hjälper inte om pålägget fortfarande bromsar inflödet. Sammantaget motiveras en analys av säkerhetskontrollen som ett sammanhängande flöde, där köteori, Theory of Constraints och lean används för att förstå hur variation, beroenden och begränsad buffertkapacitet påverkar genomströmningen.

4.3 Segmentering

De variationer i flödestakt som identifierats i säkerhetskontrollens delprocesser kan eventuellt delvis förklaras av skillnader mellan resenärsgupper (gruppchef vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026). Som nämnt är det troligt att den mest centrala faktorn på Landvetter flygplats är i vilken grad resenärer är förberedda inför säkerhetskontrollen. Detta eftersom bristande förberedelse ofta utgör en direkt flaskhals i processen, särskilt i pålägget. Eftersom denna variation inte är slumpmässig utan kan kopplas till identifierbara grupper uppstår frågan om vilken typ av segmentering som mest effektivt kan användas för att förstå och hantera variationen. Eftersom variationer i servicetid till följd av skillnader i resvana och beteenden dessutom kan vara en betydande källa till köbildning, även vid måttlig genomsnittlig belastning, innebär det att en bättre förståelse för resenärsegmentens skillnader i beteenden kan ge möjlighet att förutse var och när flaskhalsar uppstår i det seriella systemet.

En naturlig segmenteringsgrund på Landvetter flygplats är efter flygbolagskategori, eftersom olika typer av kategorier ofta attraherar resenärer med systematiskt olika beteenden och förutsättningar (verksamhetsprocessägare vid Landvetter flygplats, personlig kommunikation, 26 mars, 2026). Utmaningen ligger dock i att avgöra på vilken nivå segmenteringen bör göras. En indelning per flygbolagskategori utgör en makrosegmentering, men variation kan förekomma även inom samma flygbolagskategori, vilket motiverar en fördjupad mikrosegmentering. För att segmenteringen ska vara analytiskt användbar behöver segmenten uppfylla villkoren om mätbarhet, tillgänglighet, substantialitet och responsivitet. Dessa krav är inte självklart uppfyllda i en säkerhetskontroll, där resenärernas egenskaper sällan är kända i förväg (verksamhetsprocessägare vid Landvetter

flygplats, personlig kommunikation, 18 februari, 2026).

En ytterligare praktisk svårighet är att inflödet till säkerhetskontrollen i normalfallet består av blandade resenärstyper, vilket försvårar isolering av enskilda segments effekt på de delprocesser som beskrivits ovan. Trots dessa begränsningar kan segmentering vara värdefull som analytiskt verktyg, speciellt om mönster kan kopplas till specifika resenärsgupper. Det skulle skapa bättre förutsättningar för planering och resursfördelning, i linje med hur Theory of Constraints förespråkar att flaskhalsarnas ursprung identifieras innan åtgärder sätts in. En bättre förståelse för hur olika resenärsegment påverkar service-tid och flödestakt kan därmed skapa förutsättningar för att analysera hur olika segment belastar säkerhetskontrollens delprocesser på olika sätt, samt hur denna variation kan beaktas i resursallokering och kapacitetsplanering.

4.4 Resursallokering

Resursallokeringen på Landvetter flygplats är ett område som är särskilt utmanande. Den varierande belastningen på systemet, som orsakas av det tidsberoende resenärsslödet, är tydligt kopplat till vissa tidsfönster. Tidsberoende variation i ankomstintensitet kan som nämnt bidra till ökade väntetider samt köbildning, trots måttlig genomsnittlig belastning. Detta problematiserar därmed bemanningsbeslut som behöver fattas baserade på prognoser och kräver att dessa baseras på ett starkt dataunderlag.

Vidare finns det, som tidigare diskuterats, belägg för antagande kring variation mellan resenärsegmentens belastning på både systemet som helhet och dess delprocesser. Att då enbart allokera resurser utifrån prognoser kopplat till antal avgångar och resenärer riskerar att ge en missvisande bild som inte bidrar till önskat resultat. I nuläget finns brister i Swedavias underlag kopplat till specifika resenärsegmentens påverkan på flödet, vilket leder till mindre träffsäkra prognoser. Att använda segmentering blir därför av intresse för att förstå den faktiska belastningen på systemet och hur den skiljer sig mellan segment.

Eftersom varje enskild säkerhetslina i nuläget bemannas med fyra medarbetare begränsas möjligheten för kontinuerlig kapacitetsökning. Genom att involvera teori kopplat till kapacitetsplanering synliggörs en del utmaningar. Det tydligaste blir här att denna stegvisa bemanning resulterar i att justering i proportion till efterfrågan blir svår att uppnå eftersom kapaciteten ökar just stegvis. Vid situationer där andra aspekter även har inverkan, som skillnader i belastning mellan segment, blir utmaningarna än mer framträdande.

Samtidigt tycks resursallokering i säkerhetskontrollen inte enbart kunna förstås som en fråga om hur många säkerhetslinor som hålls öppna. Theory of Constraints beskriver att det begränsande momentet bör identifieras, därefter bör förbättringsarbetets fokus riktas mot det. Med andra ord betyder detta att justering av resurser kan ge olika effekt beroende på var de appliceras. Identifiering av den delprocess där förbättring gör störst nytta för systemet som helhet blir därmed väsentligt, för resursallokering i allmänhet och resursplacering i synnerhet. Om resenärsegmenten som nämnt dessutom skiljer åt vid olika delprocesser, aktualiseras denna identifiering än mer.

Ur ett leanperspektiv ses dessutom en möjlig spänning mellan resurseffektivitet och flö-

deseffektivitet. Ett högt resursutnyttjande kan ses kostnadseffektivt, men samtidigt göra systemet mer känsligt för variation och störningar. I denna säkerhetskontroll där delprocesserna är tätt sammanlänkade och buffertutrymmen är begränsade, blir det därför relevant att inte bara uppmärksamma hur mycket kapacitet som används, utan också hur resursutnyttjandet påverkar stabiliteten i flödet.

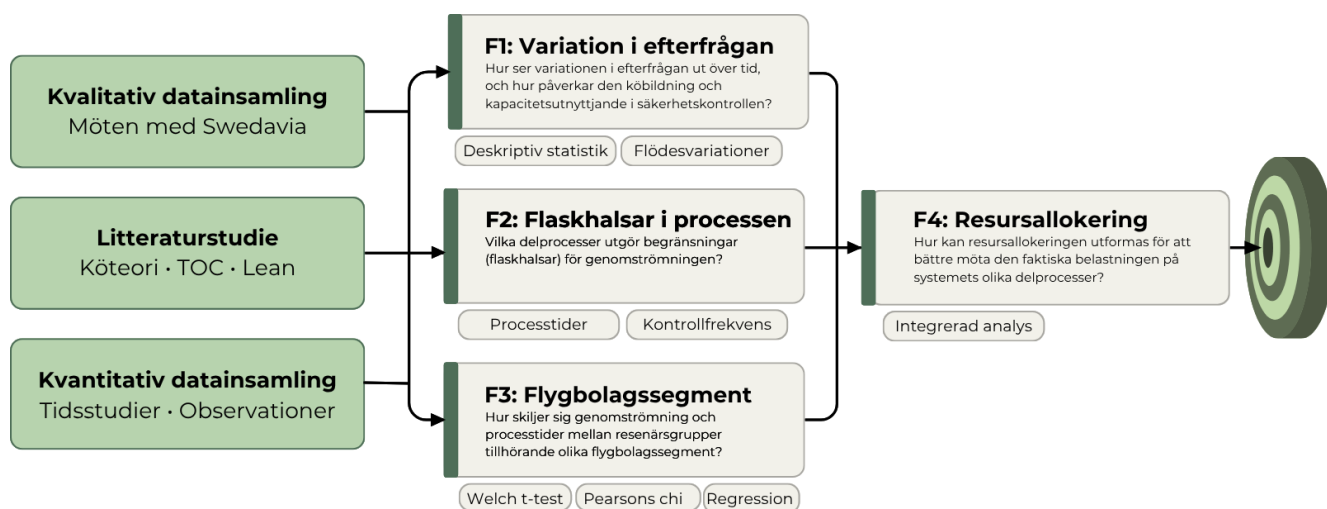
Ytterligare en viktig aspekt är att tillgängliga resurser inte nödvändigtvis är fullt utbytbara. Bemanningen påverkas inte enbart av hur många medarbetare som finns tillgängliga, utan även av hur dessa kan användas i olika delar av kontrollen. Inom kapacitetsplanering identifieras en skillnad mellan faktisk och teoretisk kapacitet, alltså att den faktiska bemanningen och den kapacitet som följer oftast inte genererar den prestation som är teoretiskt möjlig. Detta skapar ytterligare problematik vid resursallokeringen då aktuella resurser sällan når sin teoretiska kapacitet, men skapar samtidigt möjligheter kopplade till identifiering av vilken resurs som borde vara på vilken plats.

Sammantaget visar denna problemanalys att variation i efterfrågan, processens seriella uppbyggnad, skillnader mellan resenärssegment och resursallokeringens begränsningar inte bör ses som isolerade utmaningar. Det är istället viktigt att förstå hur de samverkar med varandra och därför måste behandlas som sammanhängande, först då blir effektivisering av systemet i sin helhet möjligt.

5. Metod

I denna studie tillämpas en fallstudie av resenärsflödet vid säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats. Fallet avgränsas till säkerhetskontrollens delprocesser och dess påverkan på resenärsflödet genom systemet. En fallstudie är särskilt lämplig när en specifik företeelse studeras i sin naturliga kontext och när syftet är att skapa en djupare förståelse för hur olika faktorer samverkar i praktiken (Säfsten & Gustavsson, 2019). Denna metod bedömdes vara lämplig eftersom säkerhetskontrollen utgör ett komplext servicesystem där många faktorer påverkar processen, såsom arbetsplatsens fysiska utformning, variation i resenärsflöden, regelstyrning och resursallokering. Fallstudien genomfördes i realtid, då säkerhetskontrollen var i drift, vilket innebär att flödet i säkerhetskontrollen studerades under verkliga förhållanden.

För att besvara studiens frågeställningar tillämpades en kombinerad metodansats bestående av kvalitativ och kvantitativ datainsamling samt en kompletterande litteraturstudie. Genom att kombinera flera datakällor skapades ett bredare underlag för att analysera såväl mätbara variationer i processtider och flöden som verksamhetens praktiska förutsättningar och bakomliggande orsaker. I följande avsnitt beskrivs de datainsamlingsmetoder som användes i studien. Kopplingen mellan studiens frågeställningar och datainsamlingsmetoderna illustreras i Figur 5.1.



Figur 5.1: Översikt av studiens metodansats, där kvalitativ datainsamling, litteraturstudie och kvantitativ datainsamling integreras för att besvara studiens fyra frågeställningar F1-F4. De mindre rutorna under respektive frågeställning visar vilka analys- och bearbetningsmetoder som användes för att behandla datamaterialet.

5.1 Kvalitativ datainsamling

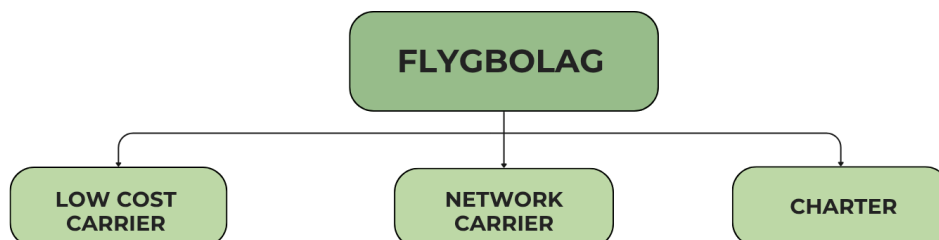
I denna studie användes kvalitativ datainsamling vilket innebär att icke-numerisk information samlas in för att skapa förståelse för ett fenomen sammanhang och egenskaper (Säfsten & Gustavsson, 2019). Den kvalitativa datan samlades in genom fysiska och digitala möten (via Microsoft Teams), studiebesök, mailkontakt samt återkommande avstämningar med kontaktpersoner på Swedavia, däribland gruppchef, verksamhetspro-

cessägare och operativ chef samt andra medarbetare inom verksamheten. Syftet var att skapa en förståelse för säkerhetskontrollens utformning, flöde och verksamhetsmässiga förutsättningar. Den kvalitativa datainsamlingen genomfördes löpande under 14 veckor, från februari till maj 2026.

I den inledande kartläggningen användes den kvalitativa informationen för att skapa en helhetsbild av verksamheten samt för att, i dialog med Swedavia, avgränsa problemområdet och utforma studiens inriktning, urval och segmentering. Den kvalitativa informationen användes också som ett komplement till den kvantitativa datainsamlingen för att identifiera relevanta delprocesser, planera mättillfällen samt i analysdelen för att stödja tolkningen av variationer, flaskhalsar och segment i det insamlade materialet.

5.2 Urval & segmentering

Under den inledande kartläggningen valdes tre flygbolagssegment ut för att möjliggöra jämförelser mellan resenärer tillhörande olika segment, se Figur 5.2. De flygbolagssegment som valdes att analyseras var Low Cost Carrier (LCC), Network Carrier och Charter. I studien klassificerades flygbolagen Ryanair och Wizz Air som LCC, Scandinavian Airlines (SAS) och KLM Royal Dutch Airlines (KLM) som Network Carrier samt TUI och Sunclass Airlines som Charter. Motivet till valet av dessa segment och flygbolag var att de förväntades representera olika resandemönster, variation i resenärers beteende och tidsåtgång i säkerhetskontrollen. Utifrån segmenteringsteorins kriterier bedömdes segmenten vara mätbara via flygbolagsinformation, tillgängliga för identifiering vid säkerhetskontrollen, tillräckligt substantiella i volym för statistisk analys samt responsiva i den meningen att olika segment förväntas påverka säkerhetskontrollens delprocesser på olika sätt.



Figur 5.2: Indelning av flygbolag i tre segment baserat på skillnader i resandemönster, resenärsbeteende och tidsåtgång i säkerhetskontrollen.

Utöver denna segmentindelning beaktades även flygens geografiska destination som en relevant faktor. Detta eftersom resor till olika destinationer inom samma flygbolagssegment, enligt erfarenheter från Swedavia, kan vara förknippade med varierande resenärsflöden och resandemönster. Segmentindelningen möjliggjorde därför även studie av en eventuell variation mellan olika typer av flygavgångar och destinationer.

5.3 Kvantitativ datainsamling

En kvantitativ metod innebär att samla in och analysera mätbar data i syfte att identifiera mönster, variationer och statistiska samband (Säfsen & Gustavsson, 2019). I studien genomfördes den kvantitativa datainsamlingen genom tidsstudier och strukturerade observationer av resenärer inom de tre olika flygbolagssegmenten. Syftet var att samla in faktabaserad och mätbar data om processtider och resenärslöden för att möjliggöra analys av variationer mellan resenärer tillhörande de olika flygbolagssegmenten, samt för identifiering av säkerhetskontrollens flaskhals.

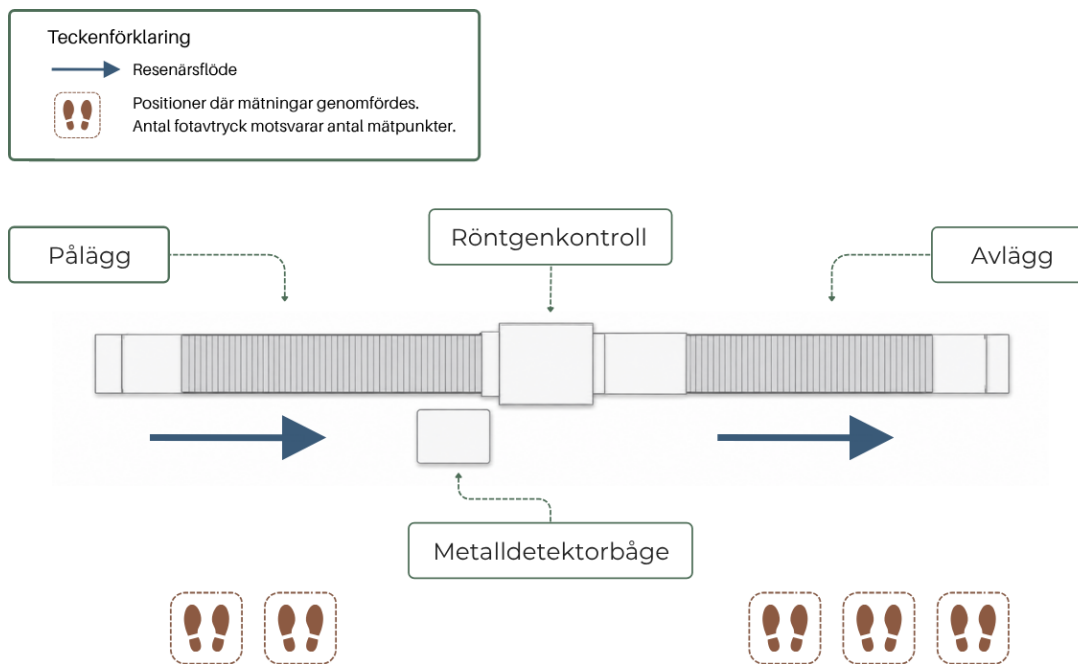
Inför den huvudsakliga datainsamlingen genomfördes två pilotmätningar. Syftet med dessa var att testa och justera observationsupplägget samt att bedöma vilka delprocesser som var relevanta att studera. Pilotmätningarna användes därmed som stöd för den slutgiltiga avgränsningen av datainsamlingen, men ingick inte i det slutliga analysunderlaget.

Datainsamlingen fokuserade därefter på pålägg, avlägg samt en övergripande genomströmningsmätning av antalet resenärer som passerade den observerade säkerhetslinan per tidsenhet. En avgränsning av studien var att resenärers flöde genom metalldetektorbågen exkluderades från tidsmätningen, eftersom delprocessen bedömdes ha begränsade möjligheter till effektivisering och därmed lägre relevans för studiens syfte. Bedömningen baserades på en inledande kartläggning i dialog med verksamheten samt de två pilotmätningarna. Observationer kopplade till metalldetektorbågen dokumenterades dock för att identifiera händelser som kunde påverka det övergripande flödet.

Det slutgiltiga kvantitativa datamaterialet baserades på tio ordinarie mättillfällen. Samtliga mättillfällen omfattade mätningar av pålägg och avlägg, medan genomströmning mättes vid åtta av dessa tillfällen. Antalet skiljde sig eftersom förutsättningarna för att genomföra en tillförlitlig genomströmningsmätning inte fanns vid samtliga mättillfällen. De tio mättillfällen för pålägg och avlägg fördelades mellan segmenten med fyra mätningar för LCC, tre för Network Carrier och tre för Charter. Genomströmningsmätningarna omfattade tre mätningar för LCC, tre för Network Carrier och två för Charter. Fördelningen utformades med syftet att samla in tillräcklig mängd data för att möjliggöra statistiskt tillförlitliga resultat och analys.

För att möjliggöra tidsstudien och observationer av specifika flygbolagssegment tilldelades projektgruppen som genomförde studien en separat säkerhetslina vid varje mättillfälle. Resenärer från det flygbolag som observerades hänvisades till denna säkerhetslina genom skyltning samt med hjälp av en kövärd som aktivt dirigerade resenären till rätt kö.

Datainsamlingen vid varje mättillfälle genomfördes av fyra till fem projektmedlemmar. Två observatörer placerades vid pålägg, en eller två observatörer vid avlägg samt en observatör ansvarade för genomströmningsmätningen och placerades i slutet av säkerhetskontrollen, såsom illustreras i Figur 5.3. Observatörerna som placerades i anslutning till flödet vid respektive delprocess ansvarade för tidtagning och registrering av relevanta variabler vid sin tilldelade station, genom dokumentation i ett fördefinierat separat protokoll (se Tabell 5.1, Tabell 5.2 & Tabell 5.3).



Figur 5.3: Schematisk illustration över säkerhetslinans fyra delprocesser, pålägg, metall-detektorbåge, röntgenkontroll och avlägg samt positioner där kvantitativ datainsamling genomfördes. Pilarna illustrerar resenärsflödesriktningen. Illustration baserad på observationer och personlig kommunikation.

Observationsprotokollen togs fram under den förberedande kartläggningen med stöd av AI-verktyg (Claude) för att möjliggöra tidtagning och observationer på ett tillförlitligt och strukturerat sätt. Efter genomförd datainsamling sammanställdes samtliga observationsprotokoll i en gemensam Excel-fil, vilket utgjorde underlag för fortsatt bearbetning och analys.

5.3.1 Pålägg

Vid observationerna av påläggsytan registrerades både tidsvariabler och kompletterande observationsvariabler. Starttiden definierades som den tidpunkt då resenären klev fram till påläggsytan och påbörjade hanteringen av sina tillhörigheter. Sluttiden definierades som den tidpunkt då resenären hade placerat samtliga tillhörigheter på påläggsytan och kontrollanten ställt alla sina frågor. För att särskilja aktiv hantering från väntetid registrerades både aktiv tid och total tid. Därutöver registrerades variabler som bedömdes kunna påverka delprocessens genomförande och processtid.

Efter de fem första mättillfällena utökades observationsprotokollet med en separat variabel för kabinväska, som en specificering av antal kollin. Detta eftersom inledande observationer indikerade att förekomsten av kabinväskor varierade mellan segmenten och kunde påverka hanteringen vid påläggsytan. Det slutliga observationsprotokollet för pålägg presenteras i Tabell 5.1.

Tabell 5.1: Observationsprotokoll för datainsamling vid pålägg. Tabellen visar de variabler som registrerades för varje resenär, vilken typ av data de utgjorde samt hur de definierades under observationerna.

Variabel	Typ	Beskrivning
Aktiv tid	Sekunder	Tid då resenären aktivt hanterar sina tillhörigheter vid påläggsytan. Tidtagningen pausas när resenären står passivt och väntar.
Total tid	Sekunder	Total tid från att resenären kliver fram till påläggsytan tills samtliga tillhörigheter har placerats på påläggsytan och kontrollanten har avslutat sina frågor.
Antal kollin	Heltal	Antal kollin som resenären använder vid pålägg, inkluderar kabinväskor och antal backar som används för kabinbagage.
Kabinväska	Heltal	Antal kabinväskor som är för stora för att rymmas i en back.
Problem med vätska	Ja/Nej	Resenären har vätskor som kräver särskild hantering eller som inte uppfyller gällande regler.
Fick packa om	Ja/Nej	Resenären behöver packa om eller omfördela sina tillhörigheter mellan kabinväskor eller backar.
Kommentar	Fritext	Övriga observationer eller särskilda omständigheter som bedöms påverka processtiden.

5.3.2 Avlägg

För studier av flödet vid avlägg tillämpades ett motsvarande observationsupplägg, anpassat till delprocessens särskilda förutsättningar. Starttiden definierades som den tidpunkt då resenären hade godkänts i metalldetektorbågen och gick in i avläggsytan. Sluttiden definierades som den tidpunkt då resenären hade tagit samtliga tillhörigheter och lämnat avläggsytan. På samma sätt som vid pålägg registrerades både aktiv tid och total tid för att särskilja aktiv hantering från väntetiden. Även kompletterande variabler registrerades som bedömdes kunna påverka genomförandet och därmed processtiden vid avlägg. Det fördefinierade protokollet för avlägg presenteras i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Observationsprotokoll för datainsamling vid avlägg. Tabellen visar de variabler som registrerades för varje resenär, vilken typ av data de utgjorde samt hur de definierades under observationerna.

Variabel	Typ	Beskrivning
Aktiv tid	Sekunder	Tid då resenären aktivt hanterar sina tillhörigheter vid avläggsytan. Tidtagningen pausas när resenären står passivt och väntar.
Total tid	Sekunder	Total tid från att resenären blir godkänd från metalldetektorbågen och börjar plocka upp sina tillhörigheter tills resenären lämnar avläggsytan.
Omscanning	Ja/Nej	Anger om resenärens tillhörigheter behöver genomgå ytterligare röntgenkontroll.
Kontroll	Ja/Nej	Anger om resenärens tillhörigheter blir föremål för manuell kontroll.
Kommentar	Fritext	Övriga observationer eller särskilda omständigheter som bedöms påverka processtiden.

5.3.3 Genomströmning

Genomströmningsmätningen genomfördes av en observatör i slutet av flödet för att registrera antalet resenärer som passerade den observerade säkerhetslinan per tidsenhet. Registreringen baserades på löpande notering av tidpunkten då varje resenär passerade säkerhetslinan. Därutöver noterades händelser i systemet, såsom stopp, kontroll eller andra störningar, för att möjliggöra tolkning av variationer i flödet. Det fördefinierade observationsprotokollet för genomströmning presenteras i Tabell 5.3.

Tabell 5.3: Observationsprotokoll för datainsamling av genomströmning. Tabellen visar de variabler som registrerades vid varje passering, vilken typ av data de utgjorde samt hur de definierades under observationerna.

Variabel	Typ	Beskrivning
Typ	Kategori	Anger om raden avser en registrerad resenär eller en kommentarnotering.
Seq	Heltal	Löpnummer för registrerad resenär i passeringsordning. Fältet används endast för rader av typen resenär.
Klockslag	Tidsangivelse	Tidpunkt då en resenär registreras som passerad, alternativt tidpunkt då en kommentar noteras.
Intervall sedan föregående	Sekunder	Tidsdifferens mellan två efterföljande registrerade resenärer. För den första resenären i sekvensen saknas sådant värde.
Genomströmning	Pax per timme	Beräknad genomströmning vid respektive registreringstillfälle, baserad på den registrerade passeringssekvensen.
Kommentar	Fritext	Övriga observationer eller särskilda omständigheter som bedöms påverka genomströmningen.

5.4 Litteraturstudie

En teoretisk litteraturstudie genomfördes parallellt med den empiriska datainsamlingen. Litteraturen omfattade vetenskapligt granskade artiklar och rapporter, relevanta läroböcker samt offentligt tillgänglig information från myndigheter och organisationer, däribland Swedavia och Transportstyrelsen. Litteratursökningen genomfördes i bland annat Google Scholar, Chalmers biblioteksdatabaser och Scopus, med sökord som Aviation security checkpoint, Airport security screening och Low Cost Carrier passenger behavior. Litteraturen valdes sedan utifrån källornas relevans, vetenskapliga trovärdighet och användbarhet för att stödja analysen och tolkningen av det empiriska materialet.

5.5 Analys & bearbetning av data

Dataanalysens syfte var att besvara studiens frågeställningar genom att kombinera deskriptiv statistik, statistiska hypotesprövningar och sambandsanalyser. Genomströmningsmätningarna och observerade flödesvariationer utgjorde underlag för analys kopplat till framförallt F1. För F2 jämfördes i huvudsak processtider och kontrollfrekvens mellan delprocesser. Statistiska tester mellan resenärssegmenten utfördes för att besvara F3 och en integrerad analys av samtliga resultat utfördes för F4.

5.5.1 Databearbetning och deskriptiv statistik

Mätdata som sammanställts efter mätningarna granskades för felregistreringar och orimliga värden. Vid observationer med saknade värden exkluderades dessa per variabel för att maximera det användbara materialet. För varje delprocess och segment beräknades medelvärde och standardavvikelse. Dessutom observerades minimi- och maximivärden för aktiv tid och total tid för varje delprocess och segment. För kategoriska variabler beräknades andelar per segment.

5.5.2 Statistiska tester och metodologisk hänsyn

Vid utvärdering kring ifall kontinuerliga variabler skilde sig signifikant mellan resenärssegmenten LCC, Network Carrier och Charter tillämpades Welchs t-test. Welchs variant valdes framför Students t-test eftersom skillnader i varians observerades mellan grupperna (Ruxton, 2006). En förutsättning för att använda Welchs t-test är normalfördelade stickprovsmedelvärden, vilket centrala gränsvärdessatsen vid de aktuella urvarlsstorlekarna approximativt medför. Vid kategoriska variabler användes Pearsons χ^2 -test. Samtliga tester genomfördes på signifikansnivån $\alpha = 0,05$ och statistiska analyser genomfördes i Python med biblioteket Scipy (Virtanen et al., 2020).

Viktigt att ha i åtanke är att eftersom samma variabler testades parvis mellan alla tre segmenten stiger risken för att någon enskild jämförelse framstår som signifikant av slump. Användning av någon formell korrektion för just multipla jämförelser tillämpades dock inte. Istället tolkas resultaten i kombination med effektstorlekar och absoluta skillnader. Detta minskar risken för övertolkning av enskilda p-värden nära signifikansströskeln.

Kopplat till t-testerna, är oberoendeantagandet inte helt uppfyllt på grund av att resenärer kopplade till samma flyg delar vissa mönster. Dessutom skapar köbildning ett visst beroende mellan resenärer i samma säkerhetslina. Eftersom mätningarna omfattar flertalet oberoende flyg per segment, bedöms effekten vara begränsad. Däremot innebär det att p-värden nära signifikansströskeln tolkas försiktigt.

5.5.3 Sambands- och genomströmningsanalyser

Enkel linjär regression användes för att analysera samband mellan variabler (Blom, 1989), till exempel mellan antal kollin i pålägg och aktiv tid i pålägg. Betydelsen av identifierade skillnader mellan segment tolkades som nämnt även i absoluta termer, till exempel som genomsnittlig tidsskillnad i sekunder eller skillnad i kontrollfrekvens.

Långt intervall i genomströmningsmätningarna definierades som intervall överstigande 40 sekunder och användes som ett kompletterande mått på ojämnheter i genomströmningen. Valet av 40 sekunder motiverades utifrån att detta intervall översteg 75:e percentilen. Alltså tillhörde detta intervall den övre kvartilen och kunde betraktas som avvikande från normalt flöde.

5.5.4 Hantering av kontrollfall

När resenären flaggats för kontroll, vare sig manuell kontroll eller slumpmässig efterkontroll i avlägg, analyserades dessa separat från det ordinarie flödet. Detta eftersom kontrollernas längre processtid annars skulle förvränga medelvärdet för det ordinarie flödet. Separationen gjorde det istället möjligt att kvantifiera kontrollernas mereffekt som en egen storhet.

5.6 Studiens forskningskvalitet

I detta avsnitt behandlas de felkällor och metodologiska begränsningar som identifierats inom studiens datainsamling och analys, samt de åtgärder som vidtagits för att minska risken för deras påverkan på resultatet.

5.6.1 Metodkritik & studiens trovärdighet

En av de metodologiska utmaningar var segmenteringen av resenärer. Idealfallet för studien var att hålla resenärsgupper från olika flygbolagssegment helt åtskilda under mätningarna. En potentiell felkälla uppstod vid tillfällena då flera avgångar från samma flygbolag avgick inom en kort tidsperiod, eftersom resenärer från olika avgångar då kunde blandas i ett och samma flöde. Detta togs hänsyn till i största möjliga mån vid val av avgångar som inte överlappar med andra avgångar från samma flygbolag. Dessutom arbetade kövärden aktivt för att minimera kontaminering och bibehålla ett homogent inflöde sett till resenärsegment. Denna blandning bedöms utgöra en så pass begränsad del av den totala genomströmningen att dess påverkan på resultaten anses vara marginell.

Den kvantitativa datainsamlingen begränsades dessutom av antalet mättillfällen, vilket har resulterat i att studien inte uppnått önskad statistisk styrka i en del jämförelser. Statistisk signifikans uppnåddes till exempel inte för skillnaden i kontrollfrekvens mellan segmenten även om resultatet pekar i en tydlig riktning. Med fler mättillfällen hade fler av de identifierade tendenserna möjligtvis kunnat bekräftas alternativt förkastats statistiskt.

En annan metodologisk begränsning utgörs av den manuella datainsamlingen, vilken medför risk för mänskliga fel vid tidtagning och registrering av data som inte fullt ut kunde elimineras. Dessutom samlades data in av olika observatörer, både parallellt vid samma mättillfälle och av skilda observatörer vid olika tillfällen, vilket kan ha påverkat bedömningen då observatörer kan ha tolkat och registrerat information på olika sätt. En ytterligare begränsning var att resenärer inte tilldelades något personindex under mätningen som följde dem genom både pålägg och avlägg. Det innebär att datainsamlingen i de två delprocesserna inte kan kopplas till samma individ, utan analyseras på aggregerad nivå per delprocess. Observationer i samband med genomströmningsmätningarna användes därför som ett kompletterande underlag för att analysera hur störningar i enskilda delprocesser sprider sig genom systemet. För att begränsa risken för variation i registreringen användes fördefinierade protokoll och tydlig kommunikation kring definitioner av respektive variabel. Trots detta kan små avvikelser ha förekommit vilket bör beaktas vid tolkning av resultaten.

Dessutom består genomströmningsmätningen av åtta avgångar fördelade över tre segment, vilket innebär ett begränsat underlag per segment. I enlighet med stora talens lag konvergerar ett stickprovsmedelvärde mot det sanna populationsmedelvärdet i takt med att antalet oberoende observationer ökar (Blom, 1989). Med detta begränsade antal mätningar bör de redovisade segmentsnitten för genomströmning därför tolkas som indikativa snarare än definitiva, fler mätningar per segment hade gett ett mer stabilt och representativt värde. Dessutom är det skillnad gentemot påläggs- och avläggsobservationerna, där varje resenär ses som en oberoende datapunkt. För genomströmning representerar istället varje avgång en oberoende observation av systemets prestanda under ett specifikt mätfönster. Viktigt att notera för dessa mätningar är att antalet registrerade resenärer per avgång i genomströmningsmätningen begränsas av mätfönstrets längd. Även här bör därför stora talens lag beaktas eftersom ett kortare mätfönster med färre resenärer därmed innebär att det observerade genomströmningsvärdet kan ha större osäkerhet. De redovisade värdena bör därför tolkas med denna osäkerhet i åtanke.

Till sist begränsades studien genom datainsamling i en verklig verksamhetsmiljö. Mätvärden och processen kan ha påverkats av oförutsedda händelser och externa faktorer eftersom dessa inte kunde kontrolleras fullt ut. Samtidigt stärker detta relevansen i studien då flödet studerades under verkliga förhållanden.

5.6.2 Källkritik

Källkritiska granskningen av studiens empiri genomfördes utifrån de fyra klassiska kriterierna äkthet, tidssamband, tendensfrihet och oberoende (Thurén & Werner, 2019). Nedan diskuteras hur och var dessa tillämpades.

De vetenskapliga artiklarna utgör en central del av rapportens underlag och har använts löpande i bakgrunden, det teoretiska ramverket och delar av analysen. Dessa databaser valdes framförallt eftersom de möjliggör sökning bland granskade forskningsartiklar. I dessa databaser valdes därefter artiklar som både var granskade och bedömdes ha relevans för studien.

En betydande del av studien och dess empiri utgörs av personlig kommunikation inhämtad från representanter på Swedavia. Denna information har haft stor betydelse för förståelsen av verksamheten, särskilt med avseende på de aspekter som är svåra att fånga i offentligt tillgängliga källor. Samtidigt kan denna typ av förstahandskälla påverkas av organisationens perspektiv och innebära subjektiva bedömningar, varför den utifrån tendenskriteriet bör behandlas med viss försiktighet. Därav behandlades informationen kritiskt och i den mån det varit möjligt, jämförts med andra källor.

För information kring gällande regelverk kring säkerhetskontrollen har myndighetskällor, såsom Transportstyrelsen, använts. Dessa utgör förstahandskällor från ansvariga myndigheter och uppfyller därmed kriterierna för äkthet och oberoende. Utöver Transportstyrelsen har källor från Swedavia använts för att beskriva Landvetter flygplats, dess organisering samt framtida utveckling. Dessa källor är ytterst relevanta för studien eftersom Swedavia är den aktör som ansvarar och driver flygplatsen. Trots detta utifrån tendenskriteriet perspektiv, bör källorna fortfarande beaktas källkritiskt, eftersom företagskällor kan vara utformade med syfte att framställa verksamheten på ett fördelaktigt och riktat sätt.

Baserat på tidssamband-kriteriet har även källornas aktualitet beaktats. Nyare källor har prioriterats i avsnitten som behandlar Landvetter flygplats, Swedavias organisation och resenärdata eftersom flygplatsverksamhet, säkerhetsbehov och resenärflöden varierar över tid. Äldre källor har huvudsakligen använts för de delar som behandlar väletablerade teorier eller grundläggande modeller, där informationen fortfarande anses vara relevant.

Sammanfattningsvis användes en kombination av vetenskapliga källor, personlig kommunikation, myndighetskällor och företagsinformation, vilka bedömts vara tillräckligt trovärdiga för studiens syfte. Samtidigt beaktas att en del av den empiriska datan kommer från verksamhetsrepresentanter och kan därmed innehålla en vinklad bedömning för resultatet. Studien har dock kunnat framställa en nyanserad och tillförlitlig bild av säkerhetskontrollens omständigheter genom att integrera flera olika källor, vilket har stärkt studiens strävan efter objektivitet.

5.6.3 Metodetik

Genom att tillämpa etiska aspekter skapades en solid grund för studiens möjlighet att genomföras. Detta var av särskilt intresse med tanke på att datainsamlingen genomfördes i en säkerhetskritisk miljö, där individens integritet och rättigheter, tillsammans med känslig information kopplad till processen, är centrala faktorer att beakta. All information kopplad till säkerhetskontrollen som delges i denna studie är därför granskad och godkänd av Swedavia. Datainsamlingen fokuserade på att analysera och observera själva flödet och inte den enskilda individen, därmed insamlades inga personliga uppgifter från resenärerna och deras integritet förblev skyddad. Eftersom observationerna utfördes i en aktiv säkerhetskontroll var det kritiskt att säkerheten inte försämrades.

Ytterligare finns en etisk konflikt mellan effektivisering och säkerhet. Som tidigare nämnts är säkerhetskontrollens huvudsakliga mål att upprätthålla säkerheten för både personal och resenärer, samtidigt finns det behov av att hantera flöden effektivt. Här uppstår en potentiell målkonflikt där åtgärder för att effektivisera flödet genom säkerhetskontrollen inte får ske på bekostnad av säkerheten. Detta låg till grund för det angreppssätt som tillämpades i studien, där identifierade förbättringsmöjligheter inte ska kompromissa med såväl gällande, som förväntade framtida säkerhetskrav.

6. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten från den kvalitativa och kvantitativa datainsamlingen. Totalt genomfördes 803 observationer i pålägg och 556 observationer i avlägg vilket var fördelade över tio olika mättillfällen. Vidare genomfördes 736 observationer för genomströmningen under åtta flygningar fördelade över alla tre segment. Samtliga statistiska tester genomfördes på en signifikansnivå med $\alpha = 0.05$.

6.1 Genomströmning

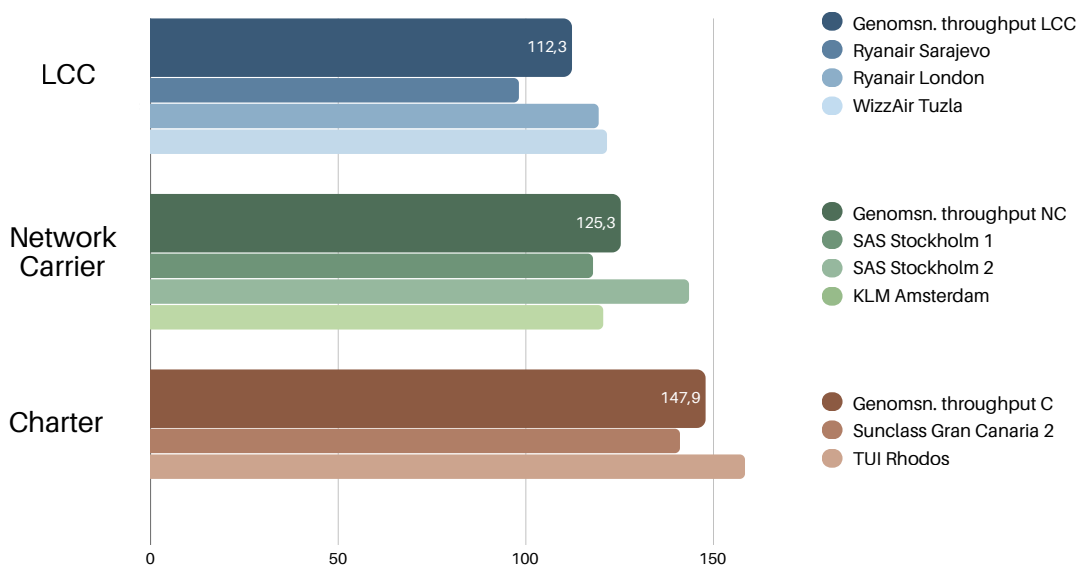
Följande avsnitt presenterar resultaten från genomströmningsmätningarna. Mätningarna omfattade totalt åtta flygningar, varav tre tillhörde Low Cost Carrier (LCC), tre Network Carrier och två Charter. Inom LCC-segmentet inkluderades avgångarna Ryanair Sarajevo, Ryanair London och Wizz Air Tuzla. För Network Carrier omfattade urvalet två SAS-flygningar till Stockholm, benämnda SAS Stockholm 1 och SAS Stockholm 2, samt KLM Amsterdam. Inom Charter-segmentet inkluderades Sunclass Airlines Gran Canaria, som i analysen benämns Sunclass Gran Canaria 2, samt TUI Rhodos. I avsnittet kommer genomströmning definieras som pax per timme (pax/h).

6.1.1 Genomströmning per segment och flyg

Resultaten visar att genomströmningen varierade mellan både segment och enskilda flyg. Tabell 6.1 sammanställer antal observerade resenärer, total mättid och beräknad genomströmning för respektive segment och flygning. Figur 6.1 visualiserar motsvarande skillnader i genomströmningen.

Tabell 6.1: Sammanställning av genomströmnings mätning per segment och flyg. Tabell visar antal observerade resenärer, total mättid i minuter samt genomströmning uttryckt som pax per timme.

Flyg	Antal (pax)	Total mättid (min)	Genomströmning (pax/h)
Low cost carrier (LCC)	263	140,6	112,3
↔ Ryanair Sarajevo	74	45,6	97,4
↔ Ryanair London	108	54,7	118,4
↔ WizzAir Tuzla	81	40,3	120,7
Network Carrier	279	133,5	125,3
↔ SAS Stockholm 1	120	61,5	117,0
↔ SAS Stockholm 2	96	40,5	142,4
↔ KLM Amsterdam	63	31,6	119,7
Charter	194	78,7	147,9
↔ Sunclass Gran Canaria 2	99	42,4	140,0
↔ TUI Rhodos	95	36,3	157,2



Figur 6.1: Figuren illustrerar genomströmning för respektive segment och enskilda flyg (pax/h). De mörkaste staplarna visar segmentgenomsnittet och de ljusare visar enskilda flyg. De enskilda flygen redovisas i samma ordning som teckenförklaringen.

För LCC noterades en genomsnittlig genomströmning på 112,3 (pax/h), 125,3 (pax/h) för Network Carrier och 147,9 (pax/h) för Charter. Charter uppvisade därmed den högsta genomströmningen med en total skillnad på 35,6 (pax/h) gentemot LCC som påvisade den lägsta genomströmningen, vilket motsvarar att LCC uppvisar 24,1 procent lägre genomströmning än Charter. Trots detta är det genomsnittliga antalet resenärer i systemet

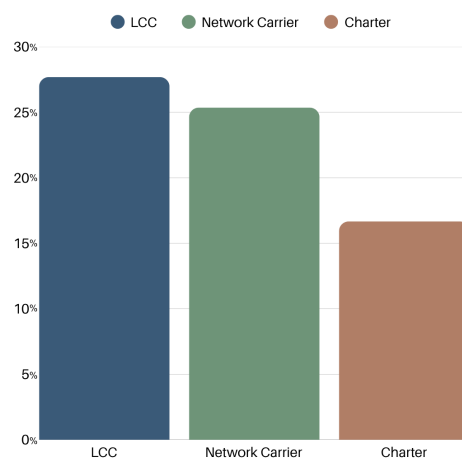
likartade mellan segmenten enligt Littles lag, med $L \approx 5,9$ fr LCC, 5,8 för Charter och 5,3 för Network Carrier. Variationen inom segment framgår av Tabell 6.1.

6.1.2 Förekomst av långa intervall mellan segment och enskilda flyg

Tidsintervallen mellan resenärer som lämnade flödet registrerades under genomströmningsmätningarna. Intervall överstigande 40 sekunder klassificerades som långa intervall. Resultaten sammanställs i Tabell 6.2 och visualiseras på segmentnivå i Figur 6.2.

Tabell 6.2: Sammanställning av observerade tidsintervall i genomströmningsmätningen, där långa intervall definieras som intervall över 40 sekunder. Tabellen redovisar totalt antal mätningar, antal långa intervall samt andel långa intervall per segment och flyg.

Flyg	Antal mätningar (pax)	Långa intervall (st)	Andel långa intervall (%)
Low cost carrier (LCC)	260	72	27,7
↔ Ryanair Sarajevo	73	24	32,9
↔ Ryanair London	107	30	28,0
↔ WizzAir Tuzla	80	18	22,5
Network Carrier	276	70	25,4
↔ SAS Stockholm 1	119	33	27,7
↔ SAS Stockholm 2	95	21	22,1
↔ KLM Amsterdam	62	16	25,8
Charter	192	32	16,7
↔ Sunclass Gran Canaria 2	98	20	20,4
↔ TUI Rhodos	94	12	12,8

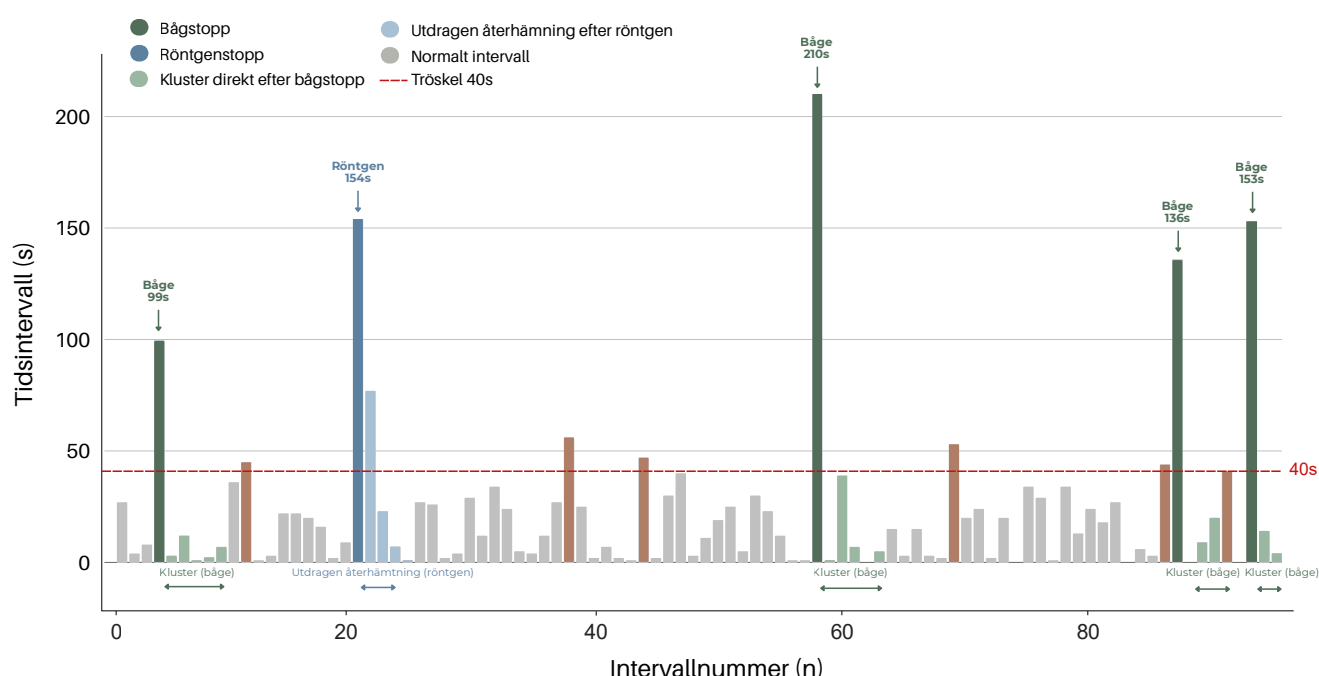


Figur 6.2: Andel observerade intervall mellan resenärer som överskider 40 sekunder per flygbolagssegment, uttryckt i procent.

Andelen långa intervall var högst bland LCC med 27,7 procent, följt av Network Carrier med 25,4 procent och Charter med 16,7 procent. Inom LCC varierade andelen mellan 22,5 procent för Wizz Air Tuzla och 32,9 procent för Ryanair Sarajevo. Motsvarande variation inom Network Carrier var 22,1 procent för SAS Stockholm 2 och 27,7 procent för SAS Stockholm 1, medan Charter varierade mellan 12,8 procent för TUI Rhodos och 20,4 procent för Sunclass Gran Canaria 2.

6.1.3 Ojämnhet i genomströmningsflödet

Under genomströmningsmätningarna observerades återkommande variationer i intervall mellan resenärer, där olika typer av stopp gav upphov till skilda mönster i flödet. Stopp orsakade av metalldetektorbågen följdes i regel av ett tätt kluster av resenärer med korta intervall, medan stopp relaterade till röntgenkontrollen ofta genererade en mer utdragen återhämtning. Figur 6.3 illustrerar dessa mönster genom ett exempel från mätningen av TUI Rhodos.



Figur 6.3: Tidsintervall mellan resenärer, uttryckt i sekunder, under mätningen av TUI Rhodos. X-axeln visar intervallnummer i den ordning intervallen observerades och Y-axeln anger tidsintervall. Den streckade horisontella linjen markerar tröskeln för långa intervall (> 40 sekunder). Markerade staplar illustrerar stopp i metalldetektorbågen och röntgenkontrollen samt efterföljande återhämtningsmönster.

I det observerade exemplet syns fyra större stopp orsakade av metalldetektorbågen, direkt följda av kluster med ett markant kortare intervall, ett mönster som härnäst benämns som “stop-and-go”, där ett tydligt exempel är stoppet på 99 sekunder. Vid det observerade stoppet orsakat av röntgenkontrollen syns istället ett mer utdraget mönster.

Mönster kopplat till ojämnheter i flödet återspeglas även i observatörskommentarer från mätningarna. Exempel på detta är “kontroll i båge leder till fullt med bagage i avlägg -

inga människor dock” (SAS Stockholm 1), “inget folk i båge eller avlägg men massa står i pålägg” (SAS Stockholm 2) och slutligen “väntar på väska från röntgen” vilken nämns i samtliga mätningar.

6.2 Pålägg

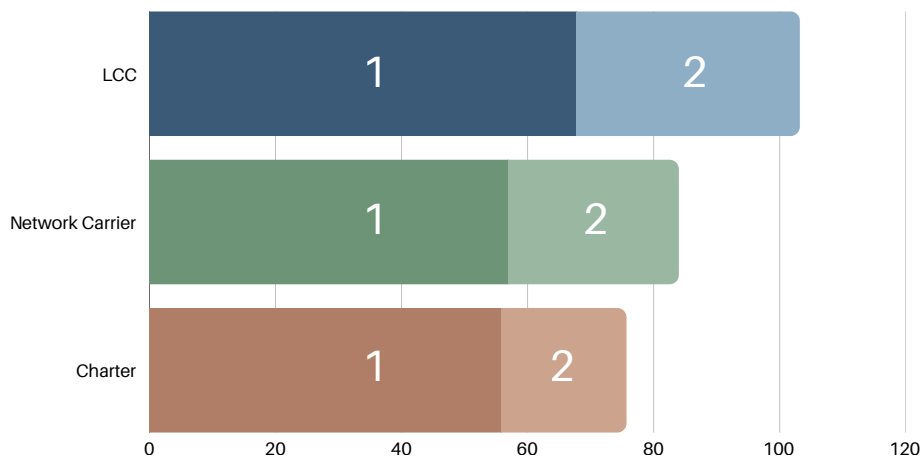
I detta avsnitt presenteras den data som samlats in kring delprocessen pålägg. Påläggsmätningarna omfattade samtliga flygningar som ingick i genomströmningsmätningarna. Därutöver genomfördes mätningar för ytterligare två flygningar, Ryanair Edinburgh inom LCC-segmentet och Sunclass Airlines Gran Canaria inom Charter-segmentet, benämnd Sunclass Gran Canaria 1.

6.2.1 Aktiv och total tid per segment i pålägg

Under mätningarna registrerades aktiv och total tid per resenär i pålägg. I Tabell 6.3 redovisar deskriptiv statistik per segment och enskilda flyg samt i Figur 6.4 illustrerar hur aktiv tid och väntan fördelades per segment. Väntetiden definieras som skillnaden mellan total och aktiv tid.

Tabell 6.3: En sammanställning av påläggsmätningar, uppdelat i segment och enskilda flyg. Tabellen visar antal observationer, genomsnittlig aktiv tid, genomsnittlig total tid, andel aktiv tid uttryckt i procent, standardavvikelse samt max och min i aktiv tid.

Flyg	Antal (n)	Akt. tid (s)	Tot. tid (s)	Andel akt. tid (%)	Std. avv. (s)	Min (s)	Max (s)
Low cost carrier (LCC)	321	67,7	103,2	65,6	29,7	17	213
↪ Ryanair Edinburgh	82	76,9	117,7	65,3	35,9	18	206
↪ Ryanair London	92	65,9	96,5	68,3	30,1	19	213
↪ WizzAir Tuzla	78	60,9	87,6	69,5	24,4	18	139
↪ Ryanair Sarajevo	69	67,0	112,6	59,5	27,9	17	158
Network Carrier	263	57,0	84,0	67,9	22,7	14	143
↪ SAS Stockholm 1	92	62,5	95,7	65,3	23,8	15	128
↪ SAS Stockholm 2	98	54,2	68,5	79,1	21,4	17	121
↪ KLM Amsterdam	73	54,0	90,2	59,9	23,0	14	143
Charter	219	55,8	75,7	73,7	26,4	11	164
↪ Sunclass Gran Canaria 1	54	67,4	84,0	80,2	31,8	16	164
↪ TUI Rhodos	85	44,8	63,3	70,8	17,6	11	116
↪ Sunclass Gran Canaria 2	80	59,6	83,2	71,6	26,1	18	130



Figur 6.4: Genomsnittlig aktiv tid och väntetid i pålägg per flygbolagssegment, uttryckt i sekunder; 1 = Aktiv tid, 2 = Väntetid. Summan av aktiv tid och väntetid motsvarar genomsnittlig total tid.

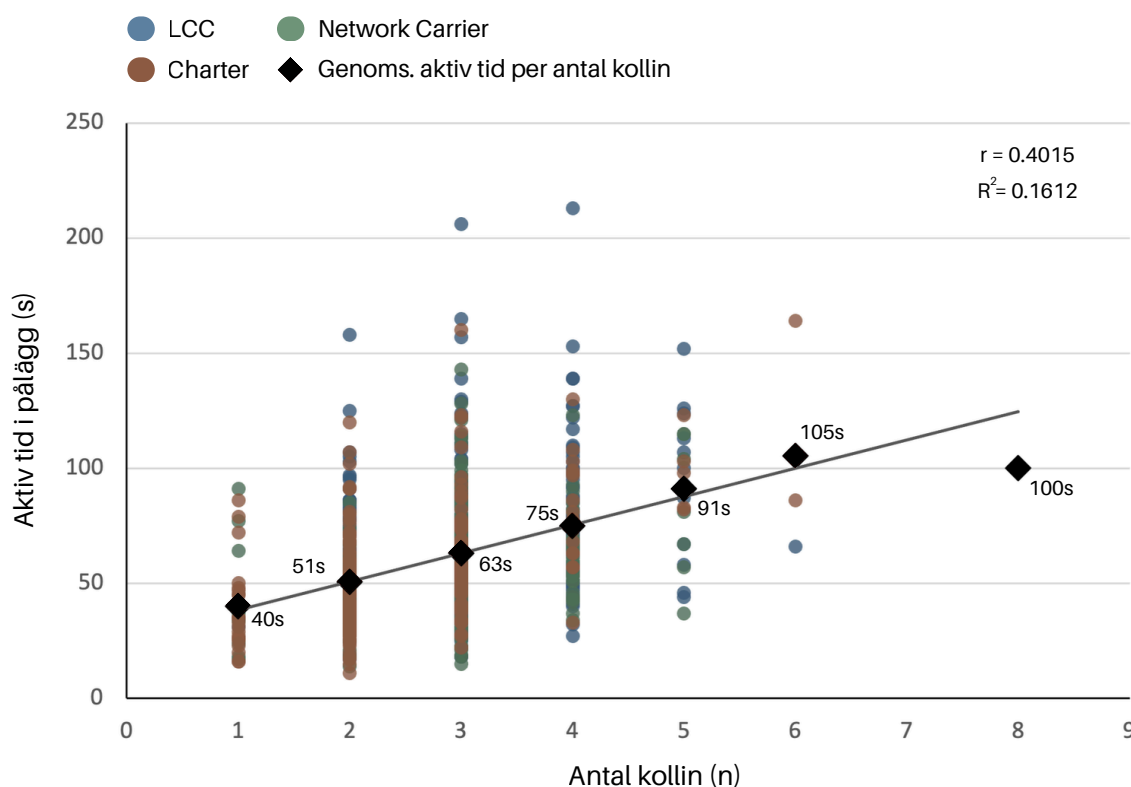
Totalt genomfördes 803 observationer i pålägg, varav 321 inom LCC, 263 inom Network Carrier och 219 inom Charter. Den genomsnittliga aktiva tiden var högst för LCC och uppgick till 67,7 sekunder, jämfört med 57,0 sekunder för Network Carrier och 55,8 sekunder för Charter, en skillnad som är statistiskt signifikant mellan LCC och Charter ($t = 4,71$, $p < 0,001$). Även den totala tiden var högst för LCC med 103,2 sekunder, följt av Network Carrier med 84,0 sekunder och till sist Charter med 75,7 sekunder. Spridningen i aktiv tid är tydlig inom samtliga segment, där LCC uppvisar den största variationen med standardavvikelse på 29,7 sekunder och ett tidsspann från 17 till 213 sekunder.

6.2.2 Antal kollin

För varje resenär registrerades även antal kollin och förekomst av kabinväska per resenär i pålägg vilket presenteras i Tabell 6.4. För att illustrera sambandet mellan antalet kollin och aktiv tid utfördes en regressionsanalys, resultatet presenteras i Figur 6.5.

Tabell 6.4: Sammanställning av genomsnittligt antal kollin, andel resenärer med kabinväska och andel resenärer med tre eller fler kollin, redovisat per flygbolagssegment. Andel resenärer med kabinväska utgår från data från flygen WizzAir Tuzla, TUI Rhodos, SAS Stockholm 2, Ryanair London samt KLM Amsterdam medan antal kollin baseras på data från samtliga flyg.

Flyg	Antal kollin (n)	Andel resenärer med kabinväska (%)	Andel kollin ≥ 3 (%)
Low cost carrier (LCC)	3,06	26,5	73,8
Network Carrier	2,86	36,3	69,6
Charter	2,46	9,4	42,9



Figur 6.5: Samband mellan antal kollin och aktiv tid i pålägg ($r=0,40$, $n=803$, $p<0,001$). Varje punkt motsvarar en observerad resenär och färgerna anger flygbolagssegment. De svarta markeringarna visar genomsnittlig aktiv tid för respektive antal kollin, angivet i sekunder.

LCC-resenärer använde i snitt 3,06 kollin, jämfört med 2,46 kollin på Charter ($\chi^2 = 73,4$, $p < 0,001$). Dessutom var andelen resenärer med tre eller fler kollin 73,8 procent för LCC mot 42,9 procent för Charter, vilket är en skillnad som är statistiskt signifikant ($\chi^2 = 51,1$, $p < 0,001$). Regressionsanalysen visar att ytterligare ett kolli på bandet ökar den aktiva tiden i snitt med 11,9 sekunder ($r = 0,40$, $n = 803$, $p < 0,001$). Anmärkningsvärt är dock att spridningen är stor sett till aktiv tid inom samma antal kollin.

Andelen resenärer med kabinväska varierade även det markant mellan segmenten, från 9,4 procent för Charter till 36,3 procent för Network Carrier och 26,5 procent för LCC, en skillnad som är statistiskt signifikant gentemot Charter ($\chi^2 = 20,8$, $p < 0,001$). En resenär med kabinbagage tar i genomsnitt 11,7 sekunder längre i pålägget jämfört med en resenär utan ($t = 4,42$, $p < 0,001$).

6.2.3 Observerade problem i pålägg

För pålägget observerades olika problem som tillfälligt påverkade flödet, Tabell 6.5 redovisar dessa tillsammans med hur frekvent de uppkom för varje flyg och segment.

Tabell 6.5: Observerad andel vätskeproblem som uppstått i delprocessen pålägg samt den andel resenärer som behövt packa om sitt bagage. Resultaten presenteras för både segment och enskilt flyg.

Flyg	Andel vätskeproblem (%)	Andel packa om (%)
Low cost carrier (LCC)	12,2	21,5
↪ Ryanair Edinburgh	12,2	11,0
↪ Ryanair London	20,7	26,1
↪ WizzAir Tuzla	6,4	35,9
↪ Ryanair Sarajevo	7,3	11,6
Network Carrier	8,8	15,2
↪ SAS Stockholm 1	8,7	15,2
↪ SAS Stockholm 2	11,2	17,3
↪ KLM Amsterdam	5,5	12,3
Charter	4,1	16,9
↪ Sunclass Gran Canaria 1	9,3	24,1
↪ TUI Rhodos	2,4	12,9
↪ Sunclass Gran Canaria 2	2,5	16,2

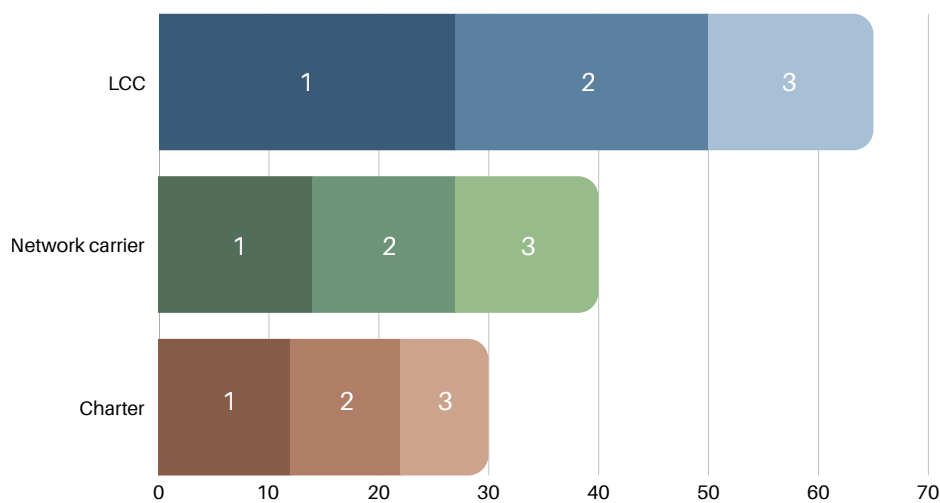
Vätskeproblem förekom i samtliga segment men i olika omfattning. LCC hade högst andel vätskeproblem på 12,2 procent jämfört med 8,8 procent för Network Carrier och 4,1 procent för Charter, en skillnad som är statistiskt signifikant ($\chi^2 = 10,4$, $p = 0,005$). Kopplat till ompackning hade LCC den högsta andelen med 21,5 procent, följt av Charter med 16,9 procent och Network Carrier med 15,2 procent, skillnaden är dock inte statistiskt signifikant ($\chi^2 = 4,18$, $p = 0,12$). Vidare förekommer skillnader i andel problem inom segmenten och mellan flyg. Inom LCC noteras betydligt högre andel vätskeproblem hos Ryanair London än övriga, även Ryanair Edinburgh visar på en relativt hög andel.

Utöver ovanstående tabellresultat noterades att resenärer med kabinväskor uppvisade dubbelt så hög andel vätskeproblem jämfört med övriga (15,7% mot 7,4%, $\chi^2 = 5,67$, $p = 0,017$). Liknande fynd noterades kopplat till kollin, resenärer med vätskeproblem hade i snitt fler kollin (3,17 mot 2,80, $t = 3,28$, $p = 0,001$).

Utöver den kvantitativa datainsamlingen observerades även andra faktorer som påverkade flödet i pålägget. Ett exempel var personalens erfarenhetsnivå, vilket blev tydligt under mätningen av SAS Stockholm 1, då en trainee var placerad i pålägget. I samband med det observerades ett långsammare flöde.

6.2.4 Stopp i pålägg

Under mätningarna i pålägget registrerades flertalet stopp, i kombination med stoppen noterades orsaken till dessa. Figur 6.6 visar fördelningen av orsakerna per segment.

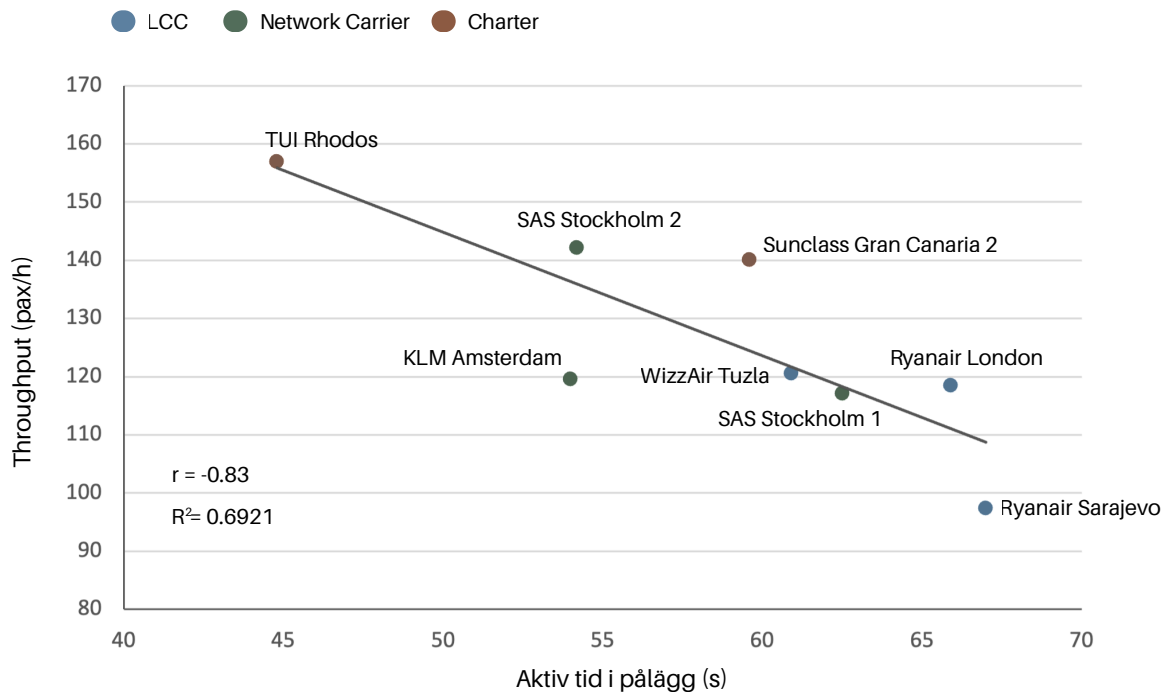


Figur 6.6: Antal observerade stopp i delprocessen pålägg utifrån segment. De observerade orsakerna till stoppen kategoriseras utifrån; 1 = Röntgenkontroll, 2 = Metalldetektorbåge, 3 = Annat, till exempel interna problem såsom väntan på påfyllning av backar.

Totalt observerades 134 stopp i delprocessen pålägg. Röntgenkontrollen och metalldetektorbågen stod för sammantaget 75,4 procent av samtliga observerade stopp, där majoriteten av stoppen inom varje segment dominerades av dessa. Vidare stod LCC för högst antal på 65 stopp, följt av Network Carriers på 40 stopp och Charter på 29 stopp.

6.2.5 Samband mellan pålägg och genomströmning

Mätdata analyserades för att undersöka relationer mellan olika variabler. Figur 6.7 redovisar relationen mellan genomströmning och aktiv tid i pålägg för åtta av tio flygmätningar.



Figur 6.7: Samband mellan genomsnittlig aktiv tid i pålägg och genomströmning för åtta av tio flygmätningar. Varje punkt motsvarar ett observerat flyg medan färgerna anger tillhörande segment. Sambandet uppgår till $r = -0,83$, $R^2 = 0,69$.

Resultatet visar ett negativt samband där flyg med längre aktiv tid i pålägg tenderar att ha lägre genomströmning genom säkerhetskontrollen ($r = -0.83$, $n = 8$). $R^2 = 0,69$ signalerar att ungefär 31 procent av variationen i genomströmning förklaras av andra faktorer än aktiv tid i pålägg. Tre datapunkter avviker tydligt från regressionslinjen, KLM Amsterdam, Sunclass Gran Canaria 2 och Ryanair Sarajevo.

6.3 Avlägg

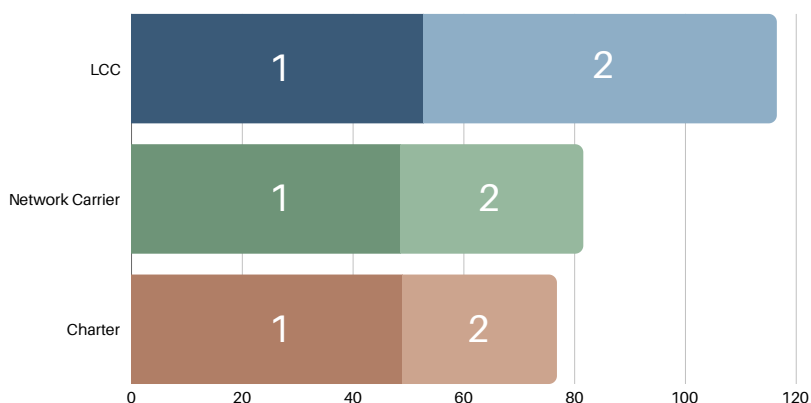
I detta avsnitt presenteras data som samlats in kring delprocessen avlägg, vilket inkluderar aktiv och total tid per segment samt den väntan på bagage som uppstod i avlägg. Mätningarna genomfördes för samma flyg som inkluderades i påläggsmätningarna.

6.3.1 Aktiv och total tid per segment i avlägg

Under samtliga mätningar registrerades aktiv och total tid per resenär i avlägg. Tabell 6.6 redovisar detta resultat.

Tabell 6.6: Deskriptiv statistik för genomsnittlig aktiv tid och total tid per segment och flyg i avlägg. Den inkluderar vidare andel aktiv tid samt min- och maxvärden för aktiv tid.

Flyg	Antal (n)	Akt. tid (s)	Tot. tid (s)	Andel akt. tid (%)	Min (s)	Max (s)
Low cost carrier (LCC)	219	52,7	116,5	45,3	5	285
↔ Ryanair Edinburgh	69	53,3	130,8	40,8	5	285
↔ Ryanair London	54	54,3	91,0	59,7	22	112
↔ WizzAir Tuzla	45	47,3	88,6	53,4	17	118
↔ Ryanair Sarajevo	51	55,1	149,0	37,0	5	154
Network Carrier	176	48,6	81,5	59,6	6	150
↔ SAS Stockholm 1	72	52,3	98,9	52,9	6	150
↔ SAS Stockholm 2	58	41,1	53,5	76,8	13	104
↔ KLM Amsterdam	46	52,3	89,8	58,2	15	117
Charter	161	48,9	76,8	63,7	5	165
↔ Sunclass Gran Canaria 1	62	49,4	77,8	63,6	5	165
↔ TUI Rhodos	47	40,3	68,7	58,6	12	149
↔ Sunclass Gran Canaria 2	52	56,1	82,9	67,7	14	142



Figur 6.8: Figuren visar genomsnittlig aktiv tid och väntetid i delprocessen avlägg utifrån segment; 1 = aktiv tid, 2 = väntetid. Väntetid definieras som skillnaden mellan total tid och aktiv tid, inklusive kontrollfall.

Totalt genomfördes 556 observationer fördelat över de tre olika segmenten. Här observerades ett den genomsnittligt aktiva tiden på 52,7 sekunder för LCC, 48,6 sekunder för Network Carrier och slutligen 48,9 sekunder för Charter, en skillnad som inte är statistiskt signifikant mellan segmenten ($t = 1,5$, $p = 0,25$). Den genomsnittliga totaltiden skiljde sig däremot signifikant för LCC mot övriga (LCC mot NC: $t = 4,02$, $p < 0,001$; LCC mot Charter: $t=4,74$, $p < 0,001$). Skillnaden mellan Network Carriers och Charter var inte statistiskt signifikant ($t = 0,69$, $p = 0,49$). För skillnader inom segmenten, se Tabell 6.6.

6.3.2 Kontrollfall i avlägg

Under mätningarna i avlägg observerades även antalet kontroller, slumpkontroller exkluderade, som genomfördes och resultatet redovisas i Tabell 6.7.

Tabell 6.7: Tabellen presenterar kontrollfrekvens, total tid vid kontrollfall, total tid där personer med kontroll exkluderats (Tot.normalt), samt extra tid per pax i genomsnitt på grund av kontrollfallen.

Flyg	Kontroll- frekvens (%)	Tot. kontroll (s)	Tot. normalt (s)	Extra/ kontroll (s)	Extra/ pax (s)
Low cost carrier (LCC)	13,2	262,6	86,3	176,4	23,3
↔ Ryanair Edinburgh	21,7	252,0	99,4	152,6	31,0
↔ Ryanair London	7,4	207,2	81,7	125,5	9,3
↔ Ryanair Sarajevo	11,8	351,5	122,0	229,5	27,0
↔ Wizz Air Tuzla	8,9	174,5	80,2	94,3	8,4
Network Carrier	10,2	211,9	60,0	151,9	15,5
↔ SAS Stockholm 1	11,1	271,5	77,3	194,2	21,6
↔ SAS Stockholm 2	5,2	113,3	50,2	63,1	3,3
↔ KLM Amsterdam	15,2	186,1	72,5	113,6	17,3
Charter	6,8	174,2	62,1	112,1	7,6
↔ Sunclass Gran Canaria 1	6,5	121,8	74,7	47,0	3,0
↔ TUI Rhodos	6,4	162,7	62,3	100,3	6,4
↔ Sunclass Gran Canaria 2	7,7	196,8	73,4	123,3	9,5

LCC hade högst kontrollfrekvens på 13,2 procent jämfört med 10,2 procent för Network Carrier och 6,8 procent för Charter. Detta innebär att kontroller observerades nästan dubbelt så ofta inom LCC som inom Charter. Skillnaden i kontrollfrekvens mellan segmenten är inte statistiskt signifikant ($\chi^2 = 4,1$, $p = 0,129$). För att sammanfatta kontrollernas tidsmässiga effekt över samtliga segment beräknades även ett viktat genomsnitt, där respektive segments extra tid per kontrollfall viktades mot antalet observerade kontrollfall. Detta gav en genomsnittlig extra tid på 156,6 sekunder per kontrollfall. När kontrollernas effekt fördelas över samtliga resenärer inom segmenten blir den genomsnittliga extra tiden per resenär 23,3 sekunder för LCC, 15,5 sekunder för Network Carrier och 7,6 sekunder för Charter ($t = 8,54$, $p < 0,001$). Inom LCC-segmentet noterades en tydlig spridning i kontrollfrekvens mellan de enskilda flygningarna, från 7,4 procent för Ryanair London till 21,7 procent för Ryanair Edinburgh, medan Ryanair Sarajevo och WizzAir Tuzla uppvisade 11,8 respektive 8,9 procent.

6.3.3 Väntan på bagage från röntgenkontrollen

Under mätningarna i avlägg registrerades väntetid på bagage, här exkluderades kontrollfall för att isolera väntan som uppstod på grund av röntgenkontrollen. Sambandet mellan aktiv tid och väntetid på bagage presenteras i Tabell 6.8.

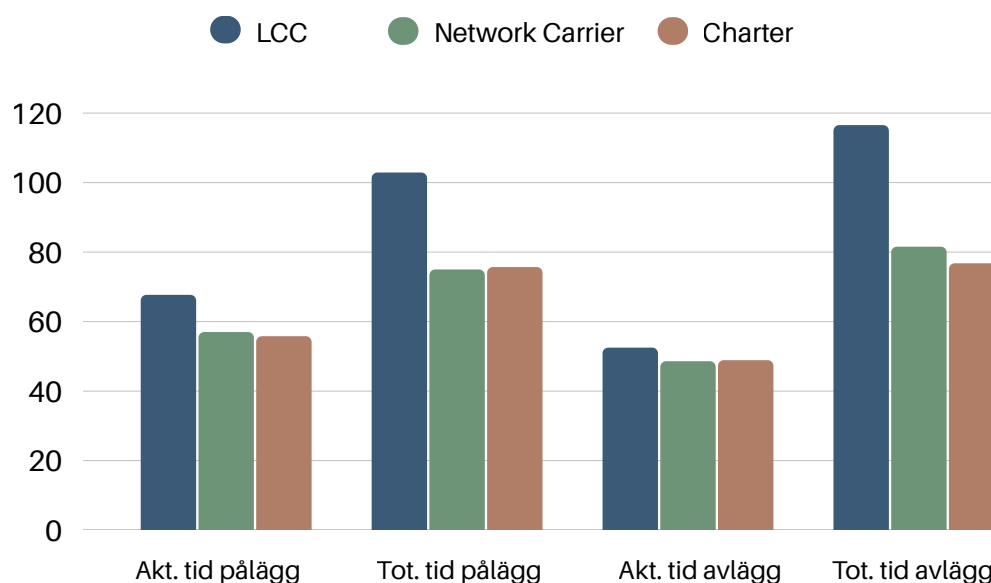
Tabell 6.8: Uppdelning av total tid i avlägget per segment i form av genomsnittlig aktiv tid och väntetid på bagage. Total tid är beräknat exklusive resenärer som genomgick kontroll.

Segment	Akt. tid (s)	Väntan bagage (s)	Totalt (s)
Low cost carrier (LCC)	52,7	33,2	85,9
Network Carrier	48,6	13,0	61,6
Charter	48,9	19,2	68,1

LCC-resenär väntar i genomsnitt 33,2 sekunder på bagage från röntgen, en klar skillnad från Network Carrier på 13 sekunder och Charter på 19,2 sekunder, en skillnad som är statistiskt signifikant ($t = 3,36$, $p < 0,001$ respektive $t = 5,78$, $p < 0,001$).

6.4 Jämförelse mellan pålägg och avlägg

För att tydliggöra hur tidsåtgången fördelas mellan pålägg och avlägg jämförs i Figur 6.9 skillnaden mellan aktiv tid och total mellan respektive segment.



Figur 6.9: Genomsnittlig aktiv och total tid i pålägg och avlägg för respektive segment. Tiderna redovisas i sekunder per resenär.

Resultaten i Figur 6.9 tillsammans med Tabell 6.6 och Tabell 6.3 visar att uppmätt skillnad i total tid (total tid pålägg + total tid avlägg) mellan LCC och Charter uppgår till 67,2 sekunder, 54,2 sekunder mellan LCC och Network Carrier samt 13,0 sekunder mellan Network Carrier och Charter.

6.5 Kvalitativa observationer och verksamhetsinsikter

I detta avsnitt presenteras resultat från den kvalitativa datainsamlingen, vilken har genomförts genom möten och löpande avstämningar med personal vid Landvetter flygplats. Datainsamlingen omfattade verksamhetsprocessägare, gruppchef och operativ chef samt övriga medarbetare inom verksamheten. Nedan presenteras resultat kopplat till detta.

6.5.1 Variation i flöde och belastningstoppar

Utifrån mötena framkom det att det vanligtvis förekommer tre belastningstoppar under en normal dag, varav två inträffar under morgonen och förmiddagen samt en under eftermiddagen. Dessutom framgick det att resenärers ankomstmönster varierade mellan segmenten. För charterresenärer öppnar incheckning tre timmar före avgång, vilket skiljer sig mot resterande som i regel öppnar två timmar före avgång. Trots detta finns ett mönster där ungefär 30 procent av samtliga passagerare anländer mer än två timmar före avgång. Eftersom gaten oftast stänger 25 minuter före avgång brukar i regel samtliga resenärer tagit sig igenom säkerhetskontrollen vid detta lag. Vidare betonades att variationen i flödet inte enbart är kopplad till antalet resenärer, utan också till resenärernas beteende, förberedelsegrad och resvana. Mängden kabinbagage, vätskor samt ovana vid lokala regler lyftes särskilt fram som faktorer som skapar variation i processen. Det framhölls dessutom att kvaliteten i pålägget är central för flödet i de efterföljande processerna, eftersom problem eller brister i förberedelser vid pålägg kan skapa störningar i nedströms processer i säkerhetskontrollen.

6.5.2 Destination och resvana som källa till variation

Under mötena framkom att destination kan påverka resenärens tid i säkerhetskontrollen även inom samma flygbolagssegment. Som ett konkret exempel lyftes brittiska resenärer fram, i vissa fall är dessa mindre vana vid separation av vätska från kabinbagage. Detta kopplas till att flera brittiska flygplatser har infört ett modernare säkerhetssystem där resenärer inte behöver separera vätskor från väskan och i vissa fall även kan medföra föremål i kabinbagaget som inte är tillåtna vid återresa från Landvetter flygplats. Detta kan leda till problematik i flödet och i sin tur öka tiden resenären befinner sig i säkerhetskontrollen. Vidare beskrevs att resenärerna till vissa destinationer tenderar att i större utsträckning ha mer kabinbagage än andra, vilket enligt personalen kan öka belastningen i såväl pålägg som röntgenkontrollen. Dessutom kan destination och flygbolag till viss del påverka när resenärer anländer till flygplatsen. Till exempel tenderar resenärer med incheckat bagage att anlända tidigare.

6.5.3 Personalens kompetens och placering

Det betonades även under möten hur bemanning inte enbart handlar om antalet öppna säkerhetslinor, utan även om kompetens, rotation och placering av personal. Personalens erfarenhet och aktivitet i respektive position beskrevs som faktorer med direkt påverkan på genomströmningen. Under belastningstoppar arbetar Swedavia därför medvetet och aktivt med hur och var personal placeras. Detta kan till exempel innebära att flerspråkig

personal placeras vid vissa flighter där språkbarriärer bedöms kunna uppstå.

6.5.4 Utvecklingspotential av befintliga arbetssätt

Vidare förklarades även hur det finns potential till utveckling av deras befintliga prognosmetoder och arbetssätt. Det framkom att deras befintliga arbetssätt inte är låst till en specifik utformning utan kan ändras. Denna eventuella ändring eller utveckling hindras dock av eventuella resursbegränsningar som finns. De menar på att deras nuvarande resurser inte har tid eller möjlighet att utveckla deras prognosmetoder som de vill. Att studera flödet och analysera det är därför något som kan ge underlag för att utveckla deras prognostiseringsmodell. Implementeringen av en sådan modell är alltså inte begränsad av externa faktorer, utan snarare handlar det om en intern resursbegränsning hos Swedavia. Frågan blir därför inte om det är möjligt, utan istället hur en sådan implementering rent konkret kan utföras.

Sammantaget visar den personliga kommunikationen att genomströmningen påverkas av flera samverkande faktorer, däribland skillnader mellan flygbolagssegment, destination, resvana, mängd kabinbagage, vätskereglar och operativ bemanning.

7. Analys & Diskussion

I studiens resultat syns en trend där variation, flaskhalsar och segmentskillnader inte agerar som isolerade problem, istället verkar de samverka och förstärka varandra. I detta avsnitt analyseras därför dessa samband i relation till det teoretiska ramverket och studiens frågeställningar.

7.1 Variation i efterfrågan

Swedavias prognosmodell för resursallokering bygger i dagsläget på ett genomsnittligt genomströmningsvärde per öppen säkerhetslina. Denna studie visar att detta angreppssätt systematiskt underskattar komplexiteten i den variation som driver köbildning i systemet. Problematiken grundar sig i att det för resursallokering inte enbart är antalet resenärer som spelar roll, utan det är även värdefullt med förståelse kring hur dessa resenärer beter sig inne i systemet. Det är just uppvisad variation i beteendemönster inuti systemet som är ett av studiens mest centrala fynd, en dimension som kompletterar den mer väletablerade variation i ankomsttakt och som hittills inte fångas av prognosmodellen. Denna distinktion får därför direkta konsekvenser kring hur kapacitetsplanering och resursallokering bör utformas.

Det kanske tydligaste uttrycket för denna typ av variation är det stop-and-go mönster som identifierats i genomströmningsmätningarna. Andelen långa intervall uppgick till 27,7 procent för LCC jämfört med 16,7 procent för Charter. Detta innebär att flödet genom säkerhetskontrollen under LCC-avgångar bryts av längre uppehåll i ungefär ett av fyra fall, jämfört med ungefär ett av sex fall för Charter. Denna ojämnheter i flödet är inte slumpmässig utan den härstammar från den variation enskilda resenärer påvisar i flödet. Att denna typ av variation resulterar i ojämnheter i flödet ligger helt i linje med Kingmans approximation, som visar att variabilitet i servicetid driver väntetid oberoende av den genomsnittliga belastningen.

Det är alltså för resursallokeringen viktigt att beakta två typer av variation med anledning av att de har olika implikationer för vad som är möjligt att åtgärda. Den första och mer väletablerade, variation i ankomsttakt, som härstammar från att resenärer anländer till säkerhetskontrollen i kluster kopplade till avgångstider, är svår för Landvetter att påverka. Samtidigt är den till stor del förutsägbar utifrån gällande tidtabeller. Den andra, och för studien än mer intressanta, variation i servicetid vid de olika delprocesserna, framträder tydligt vid analys av standardavvikelserna för aktiv tid i pålägg, vilka uppgår till 29,7 sekunder för LCC och 26,4 sekunder för charter. Dessa är mycket höga i förhållande till dess medelvärden på 67,7 respektive 55,8 sekunder. Vidare sträcker sig spridningen bland LCC-resenärer från under 20 sekunder till över 200 sekunder inom samma avgång. Denna typ av variation är troligen möjlig att reducera via riktade insatser, till exempel tydligare information kopplad till pålägget. Denna reduktion i servicetidsvarians skulle i enlighet med Kingmans approximation medföra kortare kötider, utan behov att öka systemets totala kapacitet. Denna insikt har direkt praktisk relevans och behandlas vidare i avsnitt 6.4.

Ur ett leanperspektiv utgör dessa ojämnheter i flödet ett tydligt uttryck för mura, sys-

tematisk ojämnheter som i sig genererar slöseri. Landvetter flygplats situation är i detta avseende särskilt utmanande på grund av den begränsade buffertytan, eftersom lokala störningen har svårt att absorberas direkt och sprids därmed vidare. Formuleringar som "kontroll i båge leder till fullt med bagage i avlägg - inga människor dock"(SAS 1) och "inget folk i båge eller avlägg men står massa i pålägg" (SAS 2) beskriver ett systematiskt beteende och den situation som leanteorin förutsäger. Resenärer och deras kabinbagage rör sig i olika takt vilket skapar lokala ansamlingar trots att flödet som helhet inte nödvändigtvis har nått sitt kapacitetstak.

Sammantaget visar studien att variation i efterfrågan för säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats är tvådimensionell, dels i hur inflödet av resenärer ser ut, dels hur de beter sig inne i systemet. Ingen av dimensionerna fångas fullt ut av ett genomsnittligt genomströmningsvärde per säkerhetslina. Den första dimensionen motiverar en fördjupad analys av hur bemanningsbeslut kan anpassas till flödestoppar och den andra motiverar åtgärder riktade mot att minska servicetidsvariansen. Analysen leder därmed vidare till frågan om varifrån variansen härstammar och vilka delmoment i processen som utgör de faktiska begränsningarna för genomströmningen.

7.2 Flaskhalsar

En viktig distinktion i denna studie är skillnaden mellan tillfälliga lokala stopp orsakade av enskilda resenärer och begränsningar som systematiskt och återkommande genererar ackumulerad väntan nedströms. Analysen av studiens resultat visar att systemet inte uppvisar en enskild statisk flaskhals, i stället identifieras två delprocesser med olika karaktär, där den ena utgör en mer kontinuerlig begränsning och den andra en situationsberoende sådan som aktiveras vid specifika triggers. För att identifiera de begränsande delprocesserna utgick analysen från Theory of Constraints definition av en flaskhals, alltså som den delprocess vars kapacitet bestämmer hela systemets output. En naturlig början var det seriella systemets första delprocess, pålägget.

Från tidsstudien noteras som tidigare nämnt en tydlig variation i processtider mellan resenärer i pålägget, vidare återfinns 134 stycken kommentarer relaterade till stopp i flödet. Av dessa stopp var 101 stycken till följd av problematik kopplad till röntgenkontrollen eller metalldetektorbågen. Det tydliggörs därmed ett mönster som visar att de längre stopp som noterats, i övervägande del av fallen, orsakats av moment nedströms. Detta ger bevisning kopplat till företeelsen att effekterna från stopp i metalldetektorbågen och röntgenkontrollen, i flertalet fall sprids uppströms i systemet, vilket ligger i linje med välkänd problematik kopplat till seriella flödessystem med begränsade buffertytor. Vidare visar tidsstudien att stopp relaterade till intern problematik i pålägget är sällsynta i förhållande till den totala andelen stopp i delprocessen. Dessutom visas att denna typ av stopp inte genererar den typ av ackumulerad väntan som kännetecknar en flaskhals. Denna insikt, tillsammans med insikten om att de längre stopp som identifierats i pålägget dessutom i övervägande del av fallen berodde på begränsningar kopplade till andra delprocesser, tydliggör en viktig slutsats för studien. Pålägget är i TOC-perspektivets mening, inte systemets flaskhals.

Vetskapen om att en stor del av den väntetid som uppstår i pålägget, är en direkt konsekvens av delprocesser nedströms, belyser vikten av att förstå systemets seriella flöde

och hur dess delprocesser samverkar inom flödet. Ur detta holistiska perspektiv görs det tydligt att pålägget faktiskt kan vara systemets viktigaste delprocess sett till dess påverkan på genomströmningshastighet. Anledningen till detta är de tydliga indikationer från tidsstudien som visar att kvaliteten i pålägget påverkar belastningen nedströms. Korrelationen mellan aktiv tid i pålägg och genomströmning är stark ($r = 0,83$), vilket innebär att flyg med längre tid i pålägg genomgående uppvisar lägre genomströmning genom hela systemet. Denna korrelation kan inte enbart förklaras av att pålägget tar längre tid, utan indikerar att det som sker i pålägget även påverkar röntgenkontrollen och metalldetektorbågen. När vätskor eller elektronik inte har separerats korrekt i pålägget ökar risken för omscanning och manuella kontroller i röntgen, vilka kostar i genomsnitt 156,6 sekunder per kontrollfall. På liknande sätt kan föremål som inte avlägsnats i pålägget orsaka larm i metalldetektorbågen, vilket stoppar flödet tills resenären hanterats. Att LCC-segmentet, som har den högsta andelen vätskeproblem i pålägget med 12,2 procent jämfört med 4,1 procent för charter, även uppvisar den längsta väntetiden på bagage i avlägget stärker detta samband.

Sambandet illustreras tydligt av WizzAir Tuzla, som hade den högsta andelen packa om i pålägget inom sitt segment. Flyget var dessutom förvånansvärt nog det flyg inom LCC-segmentet med den lägsta aktiva tiden i pålägg. Dessutom visade flyget den lägsta observerade totala tiden i avlägget, en lägre kontrollfrekvens jämfört med LCCs snitt, samt det flyg med högst genomströmning bland samtliga LCC-flyg. Intressant är därför att hög andel packa om inte nödvändigtvis resulterar i längre aktiv tid i pålägg, istället visades motsatsen i detta fall. Att det flyg inom LCC-segmentet där personalen i störst utsträckning hjälpte resenärer att förbereda sig korrekt också uppvisade de bästa systemeffekterna nedströms, stärker alltså bilden av pålaggets kvalitet som avgörande för genomströmningen.

Dessutom finns det stöd i den kvalitativa datainsamlingen där Swedavias operativa chef beskriver att pålaggets kvalitet är avgörande för hur smidigt resterande delprocesser fungerar. Det beskrivs att bristande förberedelse i pålägget är en vanlig orsak till utslag i röntgenkontrollen och metalldetektorbågen, därför bör förbättringsarbete troligt riktas mot just denna delprocess.

Slutsatsen om påläggs avgörande roll för belastningen nedströms väcker en naturlig fråga, vart tar belastningen vägen? För att besvara denna fråga krävs vidare analys av vad som faktiskt händer nedströms, analysen av avlägget ger här en oväntat tydlig ingång.

7.2.1 Röntgenkontrollen som primär flaskhals

Det mest slående fyndet i avlägget är nämligen vad som inte skiljer sig åt. Vid analys av mätdata framgår det att aktiv tid i avlägg inte skiljer sig signifikant mellan de tre segmenten. Om avlägget utgjorde systemets flaskhals skulle ökad belastning förväntas ge längre aktiva tider i avlägg, alternativt ackumulerad kö, inget av detta observerades. Detta indikerar att delprocessen därför har reservkapacitet och inte är den begränsande faktorn i systemet. Trots det visar mätdata att LCC-resenärer har avsevärt högre total tid i avlägg till skillnad från Charter. Differensen mellan total tid och aktiv tid klassificeras i denna studie som väntetid, därför väcker denna observation frågan, varför väntar LCC-resenärer längre i avlägg än resterande?

Svaret återfinns i väntetiden på bagage från röntgenkontrollen, där LCC-resenärer i genomsnitt väntar 33,2 sekunder på sitt bagage, jämfört med 19,2 sekunder för Charter och 13,0 sekunder för Network Carrier. Skillnaden är statistiskt signifikant mellan LCC och både Charter och Network Carrier. Dessutom stärks indikationen av att formuleringar som "väntar på väska från röntgenförekommer konsekvent i alla mätningar. Eftersom delprocessen påvisat likartad aktiv tid oberoende av segment är den enda rimliga förklaringen att röntgenkontrollen inte levererar bagage i samma takt för LCC som för övriga segment. I linje med hur kapacitetsbegränsningar tydliggörs nedströms i seriella system, pekar därför avläggets väntetider konsekvent mot samma slutsats, röntgenkontrollen är systemets flaskhals.

Innan detta resonemang utvecklas bör en viktig distinktion kopplad till tidsstudiens utformning tydliggöras, nämligen att röntgenkontrollen aldrig mättes direkt i studien. Därför bygger slutsatsen på indirekt bevisning genom väntetidsdata i avlägg, genomströmnings intervaller och observatörskommentarer, istället för direkt mätning av röntgens processtider. Denna indirekta bevisning bedöms ändå som mycket stark. Mönstret är konsekvent, statistiskt signifikant och återkommer utan undantag i samtliga flygmätningar, vilket sammantaget gör slutsatsen välgrundad.

Bilden av röntgenkontrollen som systemets flaskhals stärks ytterligare vid analys av kontrollfall i avlägg. Varje kontrollfall medför i genomsnitt 156,6 sekunders mertid i avlägg jämfört med normalt flöde. Kontrollfrekvensen uppgår till 13,2 procent för LCC, 10,2 procent för Network Carrier och 6,8 procent för Charter, vilket är en trend som pekar i tydlig riktning men som ännu inte uppnått statistisk signifikans. Detta mönster bekräftas även av personal på Swedavia som beskriver att samma tendens har observerats i den operativa verksamheten. Att operativ personal oberoende av studiens mätningar observerat samma mönster utgör här en viktig kvalitativ bekräftelse av tidsstudiens resultat.

7.2.2 Metalldetektorbågen som situationsberoende flaskhals

Genomströmningsmätningarna avslöjar dock ett kompletterande och mer abrupt mönster, som tyder på att röntgenkontrollen inte är ensam om att begränsa systemet. Här syns att även metalldetektorbågen verkar fungera som en situationsberoende flaskhals, vars påverkan på flödet skiljer sig markant från röntgens ihållande begränsning.

I kontrast mot röntgenkontrollens mer kontinuerliga påverkan på flödet skapar metalldetektorbågen abrupta och omedelbara stopp vid utslag och kontroll. Ett tydligt exempel på detta återfinns i genomströmningsmätningen TUI Rhodos, där flera stopp i metalldetektorbågen höjde intervallet mellan resenärer, följt av ett tätt kluster med korta intervall då problemet var löst. Detta blir ett tydligt exempel på mura, eftersom ojämnheten i flödet inte absorberats lokalt, utan hela systemets genomströmning påverkades. Dynamiken bakom detta mönster är tydlig, vid stopp i metalldetektorbågen fortsätter bagage genom flödet fram till avlägget medan resenärer köar, vilket medför en temporär separation mellan resenärsflödet och bagageflödet. Efter att stoppet släppt hämtar efterföljande resenär snabbt sitt bagage eftersom det redan väntar i avlägget, vilket genererar de korta tidsintervaller som ses i genomströmningsdatan. Skillnaden mellan denna typ av stopp och stopp relaterade till röntgenkontrollen blir tydlig. Detta eftersom stopp kopplade till röntgenkontrollen istället resulterar i väntan i avlägget, där resenär både väntar på att

bandet startas om och på att bagaget skall färdas fram, vilket resulterar i ett mer utdraget mönster. Metalldetektorbågens begränsande effekt på systemets flöde är alltså inte lika kontinuerlig som i röntgenkontrollens fall, men dess stopp är omedelbara och påtagliga när de väl uppstår.

Sammantaget visar analysen att säkerhetskontrollen på Landvetter inte har en enskild statisk flaskhals, utan istället två moment som omväxlande begränsar systemets genomströmning. Dessa är röntgenkontrollen, som en primär och kontinuerlig begränsning och metalldetektorbågen, som en situationsberoende flaskhals vid utslag och kontroller. En av studiens viktigaste slutsatser är att gemensamt för båda, bestäms deras belastning i hög grad av vad som sker uppströms i pålägget. Det visar att ett korrekt utfört pålägg där vätskor separerats, elektronik plockats fram och backar packats korrekt minskar risken för utslag i metalldetektorbågen och kontroller i röntgen. Pålägget är som visat alltså inte flaskhalsen, men det är den strategiskt viktigaste punkten för att påverka den. Denna insikt blir central i frågan om hur förbättringsarbete bör prioriteras, något som analyseras vidare i nästkommande avsnitt.

7.3 Resenärssegmentens påverkan på säkerhetskontrollens delprocesser

Flaskhalsanalysen i föregående avsnitt fastställde att pålägget är den strategiskt viktigaste delprocessen sett till dess påverkan på systemets begränsningar. Därför är det naturligt att undersöka om alla resenärer belastar pålägget på samma sätt, eller finns det kanske identifierbara skillnader mellan resenärsgrupper som kan förklara en del av den identifierade servicetidsvariationen. Här bidrar segmentering med analytiskt värde.

I resultatet synliggörs det att aktiv tid i pålägg skiljer sig mellan de olika segmenten, där LCCs resultat skiljer sig signifikant mot Charter och Network Carrier. En viktig observation är dessutom att Charter och Network Carriers aktiva tid i pålägg inte skiljer sig signifikant, vilket innebär att dessa segment ur ett belastningsperspektiv för pålägget kan behandlas som ett samlat segment. Detta har praktiskt relevans för studien eftersom det visar att segmentindelningen inte bör följa den kommersiella kategoriseringen slaviskt. Det är istället viktigare att indelningen baseras på vad studiens resultat faktiskt visar.

Att LCC uppvisar längre tid i pålägg är i sig ett viktigt resultat, men viktigare för att öka analysens värde är att identifiera vilka beteenden som ligger bakom skillnaden. Med detta som mål identifierades tre faktorer som sannolikt samverkar. Första faktorn är här antalet kollin eftersom varje kolli i genomsnitt ökar den aktiva tiden med 11,9 sekunder. LCC-resenärer använder i snitt 3,06 kollin och 73,8 procent av dessa använder tre eller fler, i kontrast mot Charters 2,46 kollin och andel på 42,9 procent med över 3 kollin finns en signifikant skillnad. Den andra faktorn är kabinväskor, där 26,5 procent av LCC-resenärer reser med kabinväska till skillnad från 9,4 procent av resenärer för Charter, även här är skillnaden signifikant. Resenärer med kabinväska tar i genomsnitt 11,7 sekunder längre tid på sig i pålägget och medför dessutom ökad risk för felaktig packning som belastar röntgen nedströms. Ur leanperspektivet utgör kabinväskor en mätbar källa till muda, det ökar processtiden utan att tillföra processen värde. Vidare uppvisar resenärer med kabinväska ungefär dubbelt så hög andel vätskeproblem jämfört med övriga. En

trolig förklaring till uppkomsten av dessa två faktorer är att LCC-resenärer i högre grad undviker incheckat bagage, med anledning av att det kostar extra, vilket resulterar i fler och större kollin att hantera i pålägget.

Den tredje faktorn är vätskerelaterade problem, vilket noterades hos 12,2 procent av LCC-resenärer jämfört med 4,1 procent hos Charter. Vätskor som ej hanteras korrekt i pålägget leder till omscanning och manuella kontroller i röntgen, alltså direkt ökad belastning på systemets flaskhals. Att resenärer med vätskeproblem dessutom hade fler kollin i genomsnitt än övriga stärker bilden av ett gemensamt underliggande beteende där mindre incheckat bagage indikerar högre förekomst av vätskeproblematik.

Dessa tre faktorer tydliggör tillsammans en orsakskedja som sprider sig genom hela det seriella systemet. Längre tid i pålägg för LCC till följd av fler kollin, fler kabinväskor och högre andel vätskeproblem är faktorer som dessutom kan öka sannolikheten för kontrollfall i röntgenkontrollen och därmed längre väntetider i avlägg. LCC-segmentets kontrollfrekvens på 13,2 procent mot Charters 6,8 procent pekar i samma riktning, precis som att LCC-resenärer väntar dubbelt så länge på bagage från röntgen. Det är alltså ur ett operativt perspektiv mest relevant att förstå vilka beteenden som skapar belastning och hur dessa beteenden hänger ihop med varje segment.

Resultatet visar att konsekvenserna av ovannämnda faktorer för systemets totala genomströmning är påtagliga. Charterresenärer har betydligt högre genomströmning jämfört med LCC-resenärer, där LCC-resenärer är 24,1 procent långsammare trots Littles lag som visar att segmenten har i genomsnitt ungefär samma antal resenärer i systemet. Den starka korrelationen mellan aktiv tid i pålägg och genomströmning, visar att servicetidsvariansen i pålägget inte stannar i pålägget utan sprider sig genom hela systemet, vilket ger avtryck i genomströmningen. Detta kan konkretisera genom Littles lag, där L som visat blir 5,8 för Charter och 5,9 för LCC, trots en uppmätt skillnad på ungefär 67,2 sekunder i total tid för pålägg och avlägg mellan LCC och Charter. Därför bör ökad genomloppstid resultera i lägre genomströmning, vilket visar att segmentskillnaderna inte är isolerade beteende observationer, utan att de är systemeffekter med mätbar påverkan på kapaciteten.

Vid makrosegmentering efter flygbolagstyp riskerar betydelsefulla skillnader att inte noteras. WizzAir Tuzla illustrerar detta genom att trots sin tillhörighet inom LCC-segmentet, uppvisa genomströmning och aktiv tid i pålägg som låg nära Network Carriers genomsnitt. I kontrast till det uppvisar Ryanair Edinburgh den högsta aktiva tiden i pålägg av samtliga flyg samt en hög andel vätskeproblem, något som eventuellt kan förklaras av att brittiska resenärer vant sig vid CT-baserad röntgenteknik. Att Swedavia själva lyfter fram destinationsrelaterade mönster, till exempel att resenärer från destinationer med andra vätskeregler skapar ökad belastning i pålägget, samtidigt som resultatet tydligt indikerar skillnader mellan destinationer inom segment, ger en stark indikation på att destination kan användas som en relevant variabel vid mikrosegmentering. Att enbart utgå från flygbolagsegment riskerar därmed att missa variabler av betydelse.

Viktigt att notera är dock att slutsatserna kring destination baseras på enskilda mätfällen per destination. Detta begränsar möjligheten att isolera destination och dess effekt från andra tillfälliga faktorer. En samling av både kvantitativ och kvalitativ datainsamling stärker dock bilden, men upprepade mätningar per destination skulle krävas för att säkerställa att sambandet existerar.

Avslutningsvis utvärderas segmenteringens analytiska användbarhet mot de fyra kriterierna mätbarhet, tillgänglighet, substantialitet och responsivitet. Mätbarheten uppfylls eftersom skillnaderna mellan segmenten går att kvantifiera, till exempel genom aktiv tid, antal kollin och kontrollfrekvens. Tillgängligheten uppfylls eftersom segmenten kan identifieras via flygbolagsdata och därmed kopplas till specifika avgångar. Substantialiteten uppfylls eftersom skillnaderna mellan LCC och Charter är tillräckligt stora för att vara operativt relevanta, skillnader på 11,9 sekunder i aktiv tid i pålägg och 24,1 procent lägre genomströmning för LCC är strukturella skillnader som får direkta konsekvenser för kapacitetsplaneringen. Det fjärde och sista villkoret responsivitet bedöms även det som uppfyllt. Anledningen till detta är att segmenten visar tydligt skilda belastningsmönster kopplat till flertalet delprocesser, däribland antal kollin och vätskeproblem i pålägget samt kontrollfrekvenser och väntetider i avlägget. Dessa resultat indikerar vidare att segmenten därför borde uppvisa olika respons kopplat till riktade åtgärder i flödet. Därmed ses segmenteringen som praktiskt användbar vilket leder vidare till implikationerna för resursallokering och kapacitetsplanering, något som analyseras vidare i nästa avsnitt.

7.4 Implikationer för resursallokering och kapacitetsplanering

Segmentskillnaderna som identifierats i föregående avsnitt får direkta konsekvenser för hur resursallokering och kapacitetsplanering bör utformas. Den viktigaste insikten är att det inte är tillräckligt att känna till mängden resenärer, utan det spelar även roll vilka de är och hur de belastar systemets olika delprocesser.

Genomströmningsmätningen visar detta mycket tydligt, där genomströmningen skiljer sig markant trots genomsnittligt samma antal resenärer inuti säkerhetslinan. Den starka korrelation mellan aktiv tid i pålägg och genomströmning, indikerar som nämnt att genomströmningen i hög grad drivs av segmentskillnader vilka analyserades i föregående avsnitt. Uttryckt i operativa termer tar det ungefär 13 minuter längre att processa 100 LCC-resenärer jämfört med 100 charterresenärer, trots identisk bemanning. Resursallokering som bygger på en volymbaserad prognosmodell och inte känner till segmentsammansättningen, riskerar därför att systematiskt felbedöma kapacitetsbehovet.

Detta resonemang förstärks ytterligare av de uppvisade kontrollfrekvenserna, där LCC-resenärer drabbas av kontroll i avlägg i 13,2 procent av fallen jämfört med Charters 6,8 procent. Eftersom varje kontrollfall i genomsnitt genererar 176,4 sekunder i extra tid i systemet för LCC och 112,1 sekunder för Charter, innebär det en genomsnittlig extra tid per resenär på 23,3 sekunder för LCC och 7,6 sekunder för Charter, enbart till följd av kontrollfrekvensen. Vid tidsfönster med hög andel LCC-resenärer ackumuleras denna merkostnad till en systembelastning som inte syns i en volymbaserad prognos, men den blir mer förutsägbar om segmentsammansättningen är känd. Ur ett kapacitetsplaneringsperspektiv är detta en direkt konsekvens vid dimensionering mot genomsnittlig belastning istället för dimensionering mot den variation som efterfrågan faktiskt uppvisar.

Denna problematik väcker frågan om vilken kapacitetsstrategi som är mest lämplig givet systemets förutsättningar. Användning av en ren level capacity-strategi, alltså att hålla bemanningen konstant oberoende av efterfrågan, leder som visat till systematisk

underkapacitet vid LCC-tunga tidsfönster och överkapacitet vid chartertunga perioder. En chase demand-strategi som anpassar kapaciteten efter inflödet kräver en prognosmodell som inte endast bygger på resenärsvolymer utan även på segmentsammansättningen. Resultaten i denna studie ger empiriskt underlag för en sådan modell, genomströmnings skillnaden mellan segmenten är tillräckligt stor och konsekvent för att motivera användning av segmentsammansättning som en parameter vid dimensionering av antal öppna säkerhetslinor. Vidare pekar studiens resultat mot användning av demand management, alltså åtgärder för att påverka resenärers beteende snarare än enbart justering av bemanning och öppna säkerhetslinor. Bland annat stöds proaktiv vägledning och tydligare information i pålägget av studiens resultat eftersom det bedöms ha en dämpande effekt på servicetidsvariansen.

Ännu en utmaning kopplad till kapacitetsplanering som Landvetter flygplats möter idag är att kapaciteten i dagsläget justeras stegvis istället för kontinuerligt. Detta eftersom varje säkerhetslina kräver fyra medarbetare, vilket gör det svårare att anpassa kapaciteten i proportion till efterfrågan. Att bemanning på detta sätt behöver öka i diskreta steg om fyra begränsar även möjligheten att finjustera kapaciteten i realtid, vilket understryker vikten av att prognosmodellen är träffsäker redan innan tidsfönstret inleds. Resultaten av denna studie antyder dock att frågan om kapacitet inte enbart handlar om antalet öppna säkerhetslinor, utan även om hur resurser fördelas inom systemet. Kopplat till lean innebär detta en fråga om flödeseffektivitet snarare än resurseffektivitet, ett högt resursutnyttjande är inte nödvändigtvis mest effektivt. Det kan innebära känslighet för variationer och motiverar därmed i vissa fall en dedikerad resurs i pålägget som inte nödvändigtvis bör utvärderas utifrån sitt utnyttjande, utan effekten på flaskhalsen.

Eftersom röntgenkontrollen och metalldetektorbågen identifierades som systemets flaskhalsar, samt att TOC föreskriver att övriga delprocesser skall underordnas flaskhalsens behov, uppstår frågan om hur enskilda resurser kan allokeras i systemet för att minska belastningen på flaskhalsen utan att öppna en helt ny säkerhetslina. Studiens data ger empiriskt underlag för en sådan allokering. Varje extra kolli på bandet kostar i snitt 11,9 sekunder i aktiv tid för pålägg, bagage där vätskor hanterats felaktigt eller elektronik som ej separerats korrekt medför omscanning och manuella kontroller i röntgen. Därför skulle en dedikerad resurs i pålägg, framförallt under LCC-tunga tidsfönster, vars uppgift är att hjälpa resenärer packa rätt, eventuellt kunna reducera variationen i det material som når röntgenkontrollen. Detta är i linje med Kingmans approximation, reducerad variabilitet uppströms minskar kötiden nedströms trots oförändrad kapacitet i flaskhalsen. I TOC-termen innebär detta ett arbetssätt som skyddar flaskhalsen uppströms istället för att öka dess kapacitet direkt. Vidare stöds detta av Littles lag, minskad genomloppstid via färre kontrollfall innebär ökad genomströmning trots bestående mängd resenärer i systemet.

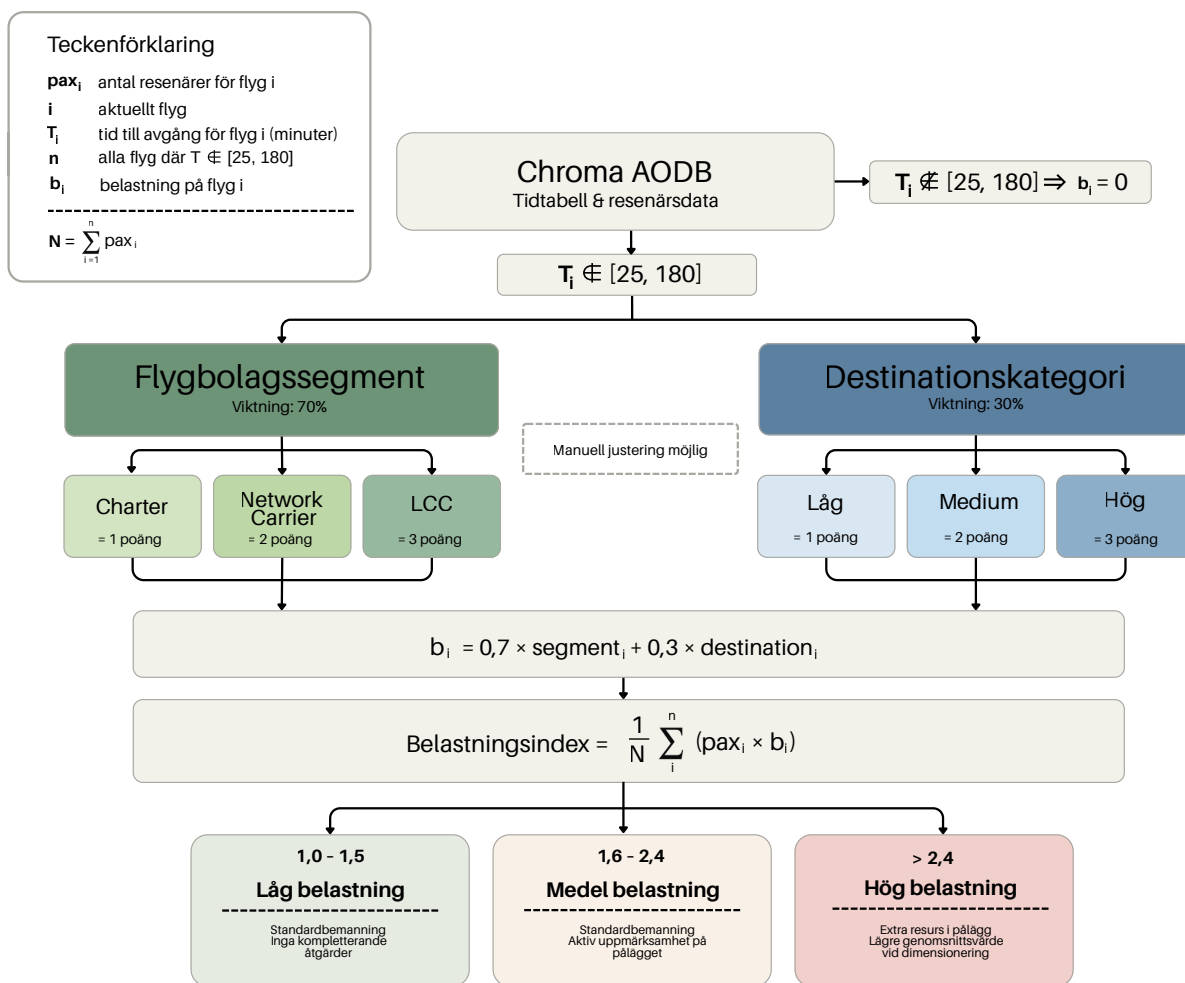
Starkt empiriskt stöd för denna åtgärd finns även i studiens packa om-data. Som tidigare exemplifierat med Wizz Air Tuzla visar analysen ett konsekvent mönster där flyg med hög andel packa om i pålägget tenderar att uppvisa lägre kontrollfrekvens i avlägget. Detta samband antyder att proaktiv kontroll i pålägget, där resenärer får hjälp med att förbereda sina tillhörigheter korrekt, faktiskt minskar kontrollfall i röntgen. Om en enskild resurs i pålägg kan minska kontrollfrekvensen från till exempel 10 procent ner till 6 procent för ett LCC-flyg med 90 resenärer, skulle det innebära fyra färre kontrollfall, vilket motsvarar drygt 10 minuter sparad tid hos resurser kopplade till detta steg.

Resursplaceringens effekt begränsas dock inte enbart av var resursen placeras, utan även av vilken kompetens den besitter. Språkbarriär dokumenterades återkommande i koppling till längre processtider i pålägget, LCC-flyg till östeuropeiska destinationer uppvisade särskilt hög frekvens av sådana situationer. Allokering av resurser med relevant språkkompetens vid dessa avgångar skulle därför kunna reducera en källa till servicetidsvariansen i röntgenkontrollen och metalldetektorbågen. På liknande sätt visar trainee-observationen från SAS Stockholm 1 att kompetensnivå har en märkbar effekt på processtiderna. Därför kan placeringen av en erfaren medarbetare vid pålägget under LCC-tunga perioder, vara att föredra framför en placering av samma resurs vid en annan delprocess som ej är lika starkt kopplad till flaskhalsens kapacitet.

Implikationerna av denna studie kopplat till resursallokering i säkerhetskontrollen på Landvetter blir att den måste förstås utifrån två dimensioner. Den första är hur många säkerhetslinor som är öppna, vilket bör styras av resenärvolymen tillsammans med segmentsammansättningen. Den andra dimensionen handlar om hur resurser bör fördelas inom det seriella systemet vid varje säkerhetslina, vilket styrs av var i flödet flaskhalsen befinner sig under ett givet tidsfönster. Dimensionerna är inte oberoende av varandra, en extra resurs placerad på rätt plats, kan under rätt förutsättningar få stort genomslag för systemets kapacitet utan behovet av att öppna en till säkerhetslina. Att integrera dessa insikter kräver dock att prognosmodellen utöver resenärvolymen, känner till segmentsammansättningen och de olika belastningsmönster som är förknippade med varje segment. Detta leder tillbaka till studiens övergripande slutsats, behovet av en mer träffsäker och segmentbaserad kapacitetsplaneringsmodell.

7.4.1 Belastningsindex som beslutsunderlag

Frågan om hur en sådan modell rent konkret kan utformas visas därför som högst relevant. Som ett första steg ger denna studie empiriskt stöd för ett konceptuellt belastningsindex, vilket baseras på de två parametrar som visat störst analytisk relevans, nämligen segment och destination. Här uppstår dock frågan kring hur dessa parametrar bör viktas inom indexet, vilket initialt föreslås som 70 procent viktning mot segment och 30 procent mot destination. Motiveringen till denna viktning bygger på att segment i denna studie har starkare statistiskt stöd än destination, något som kan förändras efter ytterligare mätningar. Därför bör viktningen ses som ett antagande och inte ett empiriskt fynd, där framtida studier med starkare underlag kopplat till just destination, skulle möjliggöra en mer datadriven kalibrering.



Figur 7.1: Konceptuell modell för belastningsindex. Modellen inhämtar data från Chroma AODB och beräknar ett resenärrvägt index baserat på flygbolagssegment och destinationskategori. Ett högre indexvärde indikerar högre belastning och därmed behov av ökad kapacitet. Det resulterande värdet kopplas sedan till tre operativa tröskelintervall med konkreta rekommendationer kring bemanning och resursplacering.

Modellens grundstruktur illustreras i Figur 7.1. Segmentpoängen baseras på de uppmätta skillnaderna i genomströmning, där Charter erhåller 1 poäng, Network Carrier 2 och LCC 3 poäng. Kategoriseringen för destination, med initialt samma poängfördelning, består här av låg-, medium- och högrisk. Vilka destinationer som tillhör vilken kategori bör justeras av Swedavia löpande baserat på operativa erfarenheter, vilket gör modellen möjlig att förfinas över tid utan behov av ytterligare studier. Viktigt att notera är att kategoriseringen av destination givetvis kan bestå av fler kategorier och behovet av detta bör utvärderas löpande av Swedavia. Samma gäller för segment, men då bör nya empiriska fynd stå som grund till beslutet. Det viktade indexet för den initiala modellen hamnar sedan på en skala mellan 1 och 3, där låga värden indikerar snabbt flöde med låg belastning och höga värden indikerar behov av ökad kapacitet.

Förslaget kopplat till tidsintervall från avgång motiveras av att incheckningen för bagage öppnar först tre timmar innan beräknad avgång för charterresenärer. Dessutom anländer ungefär 30 procent av alla passagerare mer än två timmar före avgång i samtliga segment. Vanligtvis stänger gate 25 minuter före avgång och därav bör det ses som absolut

lägsta värde för modellen. Viktigt att beakta är därför att tidsintervallet inte har starkt stöd från studiens empiri. Därför bör intervallet endast ses som ett initialt förslag med hög osäkerhet kring dess precision. Att istället justera det utifrån operativa erfarenheter i kombination med vidare studier, med fokus på just ankomstmönster till säkerhetskontrollen, rekommenderas starkt.

För att indexet ska fungera som ett faktiskt beslutsunderlag behöver skalans värden kopplas till konkreta operativa trösklar. Med stöd av studiens genomströmningsdata föreslås en indelning på tre nivåer. Vid ett indexvärde på högre än 2,4 indikerar modellen hög belastning, vilket motsvarar hög andel LCC-avgångar och högriskdestinationer. Här bör en extrainsatt dedikerad resurs i pålägget, med primär uppgift att minska servicetidsvariansen övervägas, samtidigt som antalet öppna säkerhetslinor bör dimensioneras utifrån ett lägre genomströmningsvärde, i linje med studiens övergripande slutsats. Vid indexvärden mellan 1,6 och 2,4 indikerar modellen på medelhög belastning där standardbemanning bedöms tillräcklig, men aktiv uppmärksamhet på pålägget under belastningstoppar rekommenderas. Vid värden under eller lika med 1,5 indikeras låg belastning och standardbemanning bedöms tillräcklig utan kompletterande åtgärder. Tröskelvärdena bör inte ses som definitiva utan som ett initialt förslag som behöver kalibreras löpande mot faktiskt utfall. Men fördelen med en tröskelbaserad struktur är att det gör modellens rekommendationer explicita och därmed möjliga att följa upp. Detta skapar förutsättningar för kontinuerlig förbättring av modellen i linje med TOCs femte steg.

Modellens praktiska värde är som störst när den tidigare prognosmodell ger resultat där det råder osäkerhet kring vilken kapacitetsnivå som är optimal, framförallt vid osäkerhet kring behov av en extra säkerhetslina. I sådana fall ger ett belastningsindex som väger in segmentsammansättningen ett mer välgrundat beslutsunderlag. Utöver beslut om antal öppna säkerhetslinor kan indexet även fungera som underlag för beslut om resursallokering vid varje säkerhetslinan. Vid tidsfönster där planerade avgångar resulterar i högt belastningsindex, typiskt hög andel LCC-flyg och högriskdestinationer, indikerar modellen som nämnt, ett ökat behov av en dedikerad resurs i pålägget, med primär uppgift att minska servicetidsvariansen. På så sätt adresserar indexet både den strategiska frågan om hur många säkerhetslinor som bör vara öppna och den operativa frågan om hur resurser bör fördelas inom systemet.

Eftersom modellen har segmenttillhörighet som primär parameter, där alla flyg inom ett segment initialt erhåller samma poäng, riskerar modellen att bli missvisande vid flyg som markant skiljer sig från sitt tillhörande segment. Studiens resultat visar här att just variation inom segmenten kan vara betydande. Därför tillåter modellen Swedavia att manuellt omklassificerar enskilda flyg baserat på dokumenterad operativ erfarenhet. En sådan justering bör dock kräva ett explicit underlag i form av historisk mätdata, alternativt ett aktivt beslut av operativ personal baserat på etablerad verksamhetskunskap och tidigare observationer av belastningsmönster, för att säkerställa att modellen förblir konsistent och transparent. Modellens begränsningar är således välkända och hanterbara, samtidigt belyser de ytterligare den centrala slutsatsen som studiens fynd sammantaget pekar mot.

Variation i efterfrågan, flaskhalsar, segmentskillnader och resursallokering är inte separata utmaningar, de har direkt samverkan och ger därför uttryck för samma grundläggande problematik, nämligen att störningar i ett seriellt system sprids och förstärks nedströms. Att förstå denna samverkan blir därför en förutsättning för träffsäker resursallokering.

Belastningsindexet blir här ett förslag för att operationalisera just denna förståelse genom att väga segmenttillhörighet och destination till ett samlat beslutsunderlag kopplat till konkreta operativa trösklar. Eftersom verktyget bygger på redan tillgänglig data som Swedavia har tillgång till via Chroma AODB, är det direkt användbart utan ny datainsamling. Därmed visar studien att effektivisering av säkerhetskontrollen inte behöver handla om mer kapacitet, istället handlar det om att förstå variationen tillräckligt väl för att allokera befintliga resurser dit de gör som störst nytta.

8. Slutsats

Syftet med denna studie var att undersöka hur resursallokering och flöden i säkerhetskontrollen på Landvetter flygplats kan effektiviseras, med fokus på variation i efterfrågan, processens utformning och skillnader mellan resenärssegment. Studiens resultat ger sammantaget ett tydligt svar på detta syfte, samtidigt visas att frågan är mer komplex än vad nuvarande prognosmodell förutsätter.

Variation i efterfrågan på Landvetter flygplats är tvådimensionell. Den första dimensionen är variation i ankomsttakt, som till stor del är förutsägbar utifrån tidtabeller men svår att påverka direkt. Dimension två, variation i servicetid, är möjlig att påverka via riktade insatser och visar sig precis som dimension ett, vara avgörande för köbildning. Ingen av dimensionerna kan fångas fullt ut av ett genomsnittligt genomströmningssvärde per säkerhetslina, vilket är den centrala parametern som används i Swedavias nuvarande prognosmodell.

Flaskhalsanalysen fastställer att systemet inte har en enskild statisk begränsning utan två som omväxlande begränsar genomströmningen. Röntgenkontrollen identifierades som systemets primära och kontinuerliga flaskhals, medan metalldetektorbågen identifierats som en situationsberoende sådan vid utslag och kontroller. I analysen förtydligas även att pålägget är den strategiskt viktigaste delprocessen, eftersom dess kvalitet i hög grad bestämmer belastningen på båda de begränsande momenten.

Segmenteringsanalysen visar att LCC-resenärer systematiskt belastar systemet mer än Charter och Network Carrier, med en genomströmningsskillnad på 24,1 procent trots liknande resenärsvolymer gentemot Charter. Skillnaden förklaras inte av flybolagssegment i sig utan av beteenden i framförallt pålägget, i huvudsak kopplat till antal kollin, förekomst av kabinväska och vätskerelaterade problem. Dessa beteenden skapar en orsakskedja som sprider sig mellan systemets delprocesser, vars påverkan syns tydligt i genomströmningen. Att makrosegmentering efter flygbolagskategori inte alltid fångar relevanta skillnader visas genom jämförelse mellan Wizz Air Tuzla och Ryanair Edinburgh, vilka indikerar att destination kan fungera som en kompletterande mikrosegmenteringsvariabel.

Studiens fynd pekar sammantaget mot att resursallokering i säkerhetskontrollen måste förstås utifrån två dimensioner. Den första är hur många säkerhetslinor som är öppna, vilket bör styras av resenärsvolymen tillsammans med segmentsammansättningen. Den andra dimensionen handlar om hur resurser fördelas inom det seriella systemet vid varje säkerhetslina. Eftersom påläggets kvalitet är avgörande för belastningen på flaskhalsarna, bör en dedikerad resurs prioriteras där, framförallt vid LCC-tunga tidsfönster. Resursens kompetens i form av erfarenhet och språklig förmåga påverkar hur effektiv denna placering faktiskt blir. Det är därmed tydligt att en extra resurs placerad på rätt plats, med rätt kompetens, under rätt förutsättningar kan ha stort genomslag på systemets kapacitet vilket kan minska behovet av att öppna en ytterligare säkerhetslina. För Swedavia kan detta konkretiseras till att prognosmodellen behöver kompletteras med segmentsammansättning som en parameter, att en dedikerade resurs i pålägget bör övervägas vid LCC-tunga tidsfönster, samt att personalens kompetens och språkförmåga bör beaktas vid resursplacering. Som ett första steg för att möjliggöra detta arbetssätt föreslår studien ett belastningsindex, där segmenttillhörighet och destination vägs ihop till ett beslutsunderlag som kopplas till konkreta operativa trösklar. Belastningsindex blir här ett verktyg

som är direkt implementerbart för Swedavia via den datan de redan hanterar i Chroma AODB.

Studien har flera begränsningar värda att beakta. Att bevisningen för röntgenkontrollen som flaskhals skedde indirekt, där röntgenkontrollen aldrig mättes isolerat, utan slutsatsen istället bygger på väntetidsdata, genomströmningsintervaller och observatörskommentarer är en viktig sådan. Även att genomströmningsmätningarna endast baserats på åtta avgångar fördelade på tre segment, begränsar den statistiska styrkan och medför därför att de redovisade segmentsnitten bör tolkas som indikativa. Slutsatserna relaterade till destination som mikrosegmenteringsvariabel baseras på enskilda mättillfällen per destination i kombination med kvalitativ data från intervjuer, dessa kan därför inte fastställas utan behöver upprepade mätningar. Framtida forskning bör inkludera direktmätning av röntgenkontrollen tillsammans med ett utökat antal genomströmningsmätningar per segment och upprepade mätningar vid specifika destinationer. På så sätt kan de mönster som identifierats även bekräftas.

Studiens resultat har relevans även bortom Landvetter flygplats. Slutsatsen om att genomsnittliga kapacitetsmått riskerar att systematiskt dölja den variation som faktiskt driver köbildning, tillsammans med att segmentsammansättning är viktig utöver volym för resursallokeringen, är tillämpbar i fler komplexa servicesystem med seriella flöden. Speciellt i de fall som delar karaktäristiken med tidsberoende efterfrågan och heterogena kundgrupper. För sådana system visar studien att effektivisering inte primärt behöver handla om att tillföra mer kapacitet, det kan istället vara viktigare att förstå variationen tillräckligt väl för att placera befintliga resurser där de gör störst nytta.

Referenser

- Blom, G. (1989). *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar*. Studentlitteratur.
- Cook, G. N., & Goodwin, J. (2008). Airline networks: A comparison of hub-and-spoke and point-to-point systems. *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*, 17(2). <https://doi.org/10.15394/jaaer.2008.1443>
- Council on Foreign Relations. (2006). *Targets for terrorists: Post-9/11 aviation security*. Hämtad 4 april 2026, från <https://www.cfr.org/backgrounders/targets-terrorists-post-911-aviation-security>
- Cutler, V., & Paddock, S. (2009). Use of threat image projection (TIP) to enhance security performance. *Proceedings of the 43rd Annual International Carnahan Conference on Security Technology*. <https://doi.org/10.1109/CCST.2009.5335565>
- de Neufville, R., & Odoni, A. (2013). *Airport systems: Planning, design, and management* (2. utg.). McGraw-Hill Education.
- Dobruszkes, F., Decroly, J.-M., & Suau-Sanchez, P. (2022). The monthly rhythms of aviation: A global analysis of passenger air service seasonality. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100582>
- Europaparlamentet och Europeiska unionens råd. (2008). *Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 300/2008 av den 11 mars 2008 om gemensamma skyddsregler för den civila luftfarten*. Hämtad 4 april 2026, från <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/300/oj>
- Frei, F. X. (2006). Breaking the trade-off between efficiency and service. *Harvard Business Review*, 84(11), 92–101.
- Gilliam, R. R. (1979). An application of queueing theory to airport passenger security screening. *Interfaces*, 9(4). <https://doi.org/10.1287/inte.9.4.117>
- Gross, D., Shortle, J. F., Thompson, J. M., & Harris, C. M. (2018). *Fundamentals of queueing theory* (5. utg.). Wiley.
- Guizzi, G., Murino, T., & Romano, E. (2009). *A discrete event simulation to model passenger flow in the airport terminal*. Hämtad 7 april 2026, från https://www.researchgate.net/publication/237840731_A_Discrete_Event_Simulation_to_model_Passenger_Flow_in_the_Airport_Terminal
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics* (3. utg.). Waveland Press.
- Hsu, H. P. (2019). *Schaum's outline of probability, random variables, and random processes* (4. utg.). McGraw-Hill Education.
- Hutt, M. D., & Speh, T. W. (2013). *Business marketing management: B2B* (11. utg.). Cengage Learning.
- Janssen, S., van der Sommen, R., Sharpanskykh, A., & Dilweg, A. (2020). Data-driven analysis of airport security checkpoint operations. *Aerospace*. Hämtad 4 april 2026, från <https://doi.org/10.3390/aerospace7060069>
- Kierzkowski, A. A., Kisiel, T., Ryczyński, J., & Vališ, D. (2026). Analysis of the impact of passenger preparation on the throughput of security screening at airport checkpoints. *Aviation*, 30(1). <https://doi.org/10.3846/aviation.2026.25866>
- Marshall, Z. A., Mott, J. H., Gottwald, A. J., Patrick, C. A., & Dy, L. R. I. (2022). Expediting airport security queues through advanced lane assignment. *Journal of Transportation Security*, 15. <https://doi.org/10.1007/s12198-022-00247-9>

- Modig, N., & Åhlström, P. (2012). *This is lean: Resolving the efficiency paradox*. Rheologica Publishing.
- O'Connell, J. F., & Williams, G. (2005). Passengers' perceptions of low cost airlines and full service carriers: A case study involving Ryanair, Aer Lingus, Air Asia and Malaysia Airlines. *Journal of Air Transport Management*, 11(4). <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2005.01.007>
- Papatheodorou, A., & Lei, Z. (2006). Leisure travel in Europe and airline business models: A study of regional airports in Great Britain. *Journal of Air Transport Management*, 12(1). <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2005.09.005>
- Price, J. C., & Forrest, J. S. (2016). *Practical aviation security: Predicting and preventing future threats* (3. utg.). Butterworth-Heinemann.
- Ruxton, G. D. (2006). The unequal variance t-test is an underused alternative to Student's t-test and the Mann-Whitney U test. *Behavioral Ecology*, 17(4). <https://doi.org/10.1093/beheco/ark016>
- Säfsten, K., & Gustavsson, M. (2019). *Forskningsmetodik för ingenjörer och andra problemlösare*. Studentlitteratur.
- Securitas. (2023). *Securitas tar över säkerhetsdriften på Göteborg Landvetter Airport*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.securitas.se/media/secrutas-tar-over-sakerhetsdriften-pa-goteborg-landvetter-airport/>
- Şimsit, Z. T., Günay, N. S., & Vayvay, Ö. (2014). Theory of constraints: A literature review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.104>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2022). *Operations management* (10. utg.). Pearson.
- Swedavia. (u. å-a). *Roll och uppdrag*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.swedavia.se/om-swedavia/roll-och-uppdrag/>
- Swedavia. (u. å-b). *Security control*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.swedavia.com/landvetter/security-control/>
- Swedavia. (2024a). *Passagerarstatistik: Ankommande och avresande 2024*. Hämtad 7 april 2026, från https://www.swedavia.se/contentassets/40c868cfca874b1e8fe5d20c22cbbc97/pax_202412.pdf
- Swedavia. (2024b). *Swedavia års- och hållbarhetsredovisning 2024*. Hämtad 6 april 2026, från <https://mb.cision.com/Main/22898/4121937/3333184.pdf>
- Swedavia. (2025a). *Passagerarstatistik: Ankommande och avresande 2025*. Hämtad 7 april 2026, från https://www.swedavia.se/contentassets/40c868cfca874b1e8fe5d20c22cbbc97/pax_202512.pdf
- Swedavia. (2025b). *Security: Swedavia tar tillbaka säkerhetskontrollen i egen regi*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.swedavia.net/airport/landvetter/airportinformation/Sidor/swedavia-tar-tillbaka-sakerhetskontrollen.aspx>
- Swedavia. (2026a). *Beställ åtkomst till Chroma AODB*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.swedavia.net/goteborg-landvetter-airport/ansok-och-bestall/bestall/chroma-aodb>
- Swedavia. (2026b). *Swedavias trafikstatistik för december och helåret 2025: Stark efterfrågan på både utrikes- och inrikesresor*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.swedavia.se/om-swedavia/swedavias-nyhetsrum/2026/swedavias-trafikstatistik-for-december-och-helaret-2025-stark-efterfragan-pa-bade-utrikes--och-inrikesresor/>
- Thurén, T., & Werner, J. (2019). *Källkritik* (4. utg.). Liber.

- Transportstyrelsen. (2025a). *The general charge compensation system for security checks of passengers and their baggage*. Hämtad 7 april 2026, från <https://www.transportstyrelsen.se/en/aviation/airport-air-navigation-service-and-airspace/the-general-charge-compensation-system-for-security-checks-of-passengers-and-their-baggage/>
- Transportstyrelsen. (2025b). *Luftfartsskydd – security*. Hämtad 8 april 2026, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/luftfartsskydd-security/>
- Transportstyrelsen. (2026a). *På flygplatsen*. Hämtad 8 april 2026, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygresenar/Att-resa-med-funktionsnedsattning/Pa-flygplatsen/>
- Transportstyrelsen. (2026b). *Säkerhetskontroll på flygplatsen*. Hämtad 8 april 2026, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygresenar/Sakerhet/>
- Transportstyrelsen. (2026c). *Vätskor i handbagaget*. Hämtad 8 april 2026, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygresenar/bagage/vatskor-i-handbagaget/>
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., ... Contributors, S. 1. (2020). SciPy 1.0: Fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, 17(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>

A. Appendix

Appendix A – Beräkningar och statistiska metoder

Nedan redovisas de beräkningar och statistiska tester som tillämpats i studien. Om inget annat anges är beräkningarna standardformler. Samtliga statistiska tester genomfördes på signifikansnivån $\alpha = 0,05$ och genomfördes i Python med biblioteket Scipy, med undantag för enkel linjär regression och korrelationsberäkningar vilka genomfördes i Excel.

A.1 Viktat medelvärde (resenärnivå)

För variabler som mäts per resenär, till exempel aktiv tid och total tid i pålägg respektive avlägg, viktas varje flygs medelvärde mot dess antal observationer vid beräkning av segmentsmedelvärdet. Alltså väger flyg med fler observationer tyngre i segmentsmedelvärdet.

$$\bar{x}_{\text{segment}} = \frac{\sum_i n_i \cdot \bar{x}_i}{\sum_i n_i}$$

där $\bar{x}_{\text{segment}}$ = segmentsmedelvärde, n_i = antal observationer för flyg i , $\bar{x}_i$ = medelvärde för flyg i .

A.2 Andelsberäkningar

För variabler som vätskeproblem, packa om, kabinväska och andel ≥ 3 kollin beräknas segmentandelen genom att summera alla händelser respektive alla observationer inom segmentet.

$$\text{Andel} = \frac{\sum_i n_{\text{händelse},i}}{\sum_i n_{\text{total},i}} \times 100$$

där $n_{\text{händelse},i}$ = antal observerade händelser för flyg i , $n_{\text{total},i}$ = totalt antal observationer för flyg i .

A.3 Genomströmning per flyg

Genomströmningen beräknas som antal resenärer som passerar säkerhetskontrollen per tidsenhet.

$$\lambda = \frac{n}{t} \times 60$$

där n = antal registrerade resenärer under mätfönstret, t = mättidens längd i minuter, λ = genomströmning uttryckt i pax/h.

A.4 Genomströmning per segment

Segmentets genomströmning beräknas genom att summera antalet resenärer respektive mättiden i minuter för samtliga flyg inom segmentet.

$$\lambda_{\text{segment}} = \frac{\sum_i n_i}{\sum_i t_i} \times 60$$

där n_i = antal resenärer för flyg i , t_i = mättid i minuter för flyg i .

A.5 Poolad standardavvikelse

Sammanväger de flygvisa standardavvikelserna inom ett segment med hänsyn till stickprovsstorlek per flyg.

$$s_{\text{poolad}} = \sqrt{\frac{\sum_i (n_i - 1) s_i^2}{\sum_i (n_i - 1)}}$$

där n_i = antal observationer för flyg i , s_i = standardavvikelse för flyg i .

A.6 Viktat genomsnitt för kontrollfall

Beräknar den genomsnittliga extra tiden som uppstår per kontrollfall, viktat mot antal kontrollfall per segment.

$$\bar{x}_{\text{viktat}} = \frac{\sum_i n_i \cdot \text{extra}_i}{\sum_i n_i}$$

där n_i = antal kontrollfall i segment i , extra_i = extra tid per kontrollfall för segment i (beräknad som skillnaden i genomsnittlig total tid mellan kontrollerade och icke-kontrollerade resenärer).

A.7 Enkel linjär regression

Beskriver det linjära sambandet mellan en beroende och en oberoende variabel.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

där y = beroende variabel, x = oberoende variabel, β_0 = regressionskonstant (y -värdet när $x = 0$), β_1 = riktningskoefficient (lutning).

A.8 Korrelationskoefficient

Mäter styrkan och riktningen av det linjära sambandet mellan två variabler.

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

där x_i och y_i = observerade värden för observation i , $\bar{x}$ och $\bar{y}$ = respektive variablers medelvärde, r = korrelationskoefficient som varierar mellan -1 och 1 .

A.9 Littles lag

Beskriver det stabila sambandet mellan antal enheter i ett system, genomströmning och genomloppstid.

$$L = \lambda \times W$$

där L = genomsnittligt antal resenärer i systemet, λ = genomströmning (pax/s), W = genomsnittlig tid en resenär befinner sig i systemet (s).

A.10 Welchs t-test

Testar om skillnaden i medelvärde mellan två grupper är statistiskt signifikant. Welchs variant valdes framför Students t-test på grund av observerade variansskillnader.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

där $\bar{x}_1$ och $\bar{x}_2$ = stickprovsmedelvärden för de två grupperna, s_1 och s_2 = stickprovens standardavvikelse, n_1 och n_2 = stickprovsstorlekar. Det beräknade t-värdet utvärderas mot en t-fördelning med frihetsgrader enligt Welch-Satterthwaite-approximationen, vilken justerar frihetsgraderna utifrån de observerade skillnaderna i varians och stickprovsstorlek.

A.11 Pearsons χ^2 -test

Testar om fördelningen av en kategorisk variabel skiljer sig signifikant mellan segmenten.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

där O = observerad frekvens, E = förväntad frekvens under nollhypotesen att den kategoriska variabelns fördelning är oberoende av segment. Det beräknade χ^2 -värdet utvärderas mot en χ^2 -fördelning med frihetsgrader baserade på antalet kategorier i de jämförda variablerna.



CHALMERS