

Hauge, Rebecka Sand
Kofiloto, Maya Afi
Tobiassen, Ingeborg Vik

Analyse av lagerstyring ved avdelingslager på St. Olavs hospital

Analysis of Inventory Management at Point-of-
Use at St. Olavs Hospital

Bacheloroppgave i ingeniørfag, logistikk
Veileder: Ashrafian, Alireza
Mai 2024

Hauge, Rebecka Sand
Kofiloto, Maya Afi
Tobiassen, Ingeborg Vik

Analyse av lagerstyring ved avdelingslager på St. Olavs hospital

Analysis of Inventory Management at Point-of-Use at
St. Olavs Hospital

Bacheloroppgave i ingeniørfag, logistikk
Veileder: Ashrafian, Alireza
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for økonomi
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



Kunnskap for en bedre verden

Analyse av lagerstyring ved avdelingslager på St. Olavs hospital

Forfattere:

Rebecka Sand Hauge

Maya Afi Kofiloto

Ingeborg Vik Tobiassen

Veilder:

Alireza Ashrafian

Fakultet for økonomi

Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

Bacheloroppgave TLOG3001

<p><i>Tittel:</i> Analyse av lagerstyring ved avdelingslager på St. Olavs hospital Analysis of Inventory Management at Point-of-Use at St. Olavs Hospital</p>	<p><i>Gruppenummer:</i> 7</p>
<p><i>Forfattere:</i> Rebecka Sand Hauge Maya Afi Kofiloto Ingeborg Vik Tobiassen</p>	<p><i>Dato:</i> 24.05.2024</p>
	<p><i>Gradering:</i> Åpen</p>
<p><i>Studieretning:</i> Logistikk ingeniør – Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse</p>	
<p><i>Veileder:</i> Alireza Ashrafian</p>	
<p><i>Oppdragsgiver:</i> St. Olavs hospital</p>	
<p><i>Oppdragsgivers kontaktperson:</i> Vegard Andersen Tysnes</p>	
<p><i>Sammendrag:</i> Økt press på helseinstitusjoner tydeliggjør behovet for effektiv lagerstyring. Studien undersøkte hvordan endringer i lagerstyring kan effektivisere logistikkflyten ved St. Olavs hospital. Metodene inkluderte intervjuer, observasjoner og dataanalyse. Resultatene viser at et RFID-styrt to-kasse-system og økt lagerkapasitet kan redusere ressursbruk, automatisere bestillingsprosessen og redusere antall leveringer.</p>	
<p><i>Stikkord:</i> lagerstyring, RFID, to-kasse-system, sykehus, avdelingslager</p>	<p><i>Keywords:</i> inventory management, RFID, two-bin-system, hospital, point-of-use</p>

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer avslutningen på logistikkingeniørstudiet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim, våren 2024.

Oppgaven er en videreføring av et samarbeid med St. Olavs hospital fra forrige semester. Oppgaven har som mål å foreslå konkrete tiltak for å forbedre lagerstyringen ved sykehuset. Gjennom studiet har vi tilegnet oss bred kunnskap innen ulike emner som har gitt oss et grunnlag for å se løsninger, strukturer og muligheter for forbedring. Emner som TLOG 2008 - Lean produksjon og kvalitetstyring og TLOG2011 - Logistikkteknologi og digitalisering har gitt oss kompetanse og forståelse for Lean-prinsipper, kontinuerlig forbedring, digitalisering og automatisering, som vi nå kan anvende på reelle utfordringer innen sykehuslogistikk.

Deler av denne oppgaven bygger på vår tidligere innleverte prosjektoppgave med tittelen *En undersøkelse av logistikken ved St. Olavs hospital* i emnet TLOG3011 [Hauge et al., 2023]. Spesifikt bygger delkapittel 5.1 på delkapittel 1.1 fra prosjektoppgaven, delkapittel 5.2 på delkapittel 4.3.2, delkapittel 5.4 på delkapittel 4.1, og delkapittel 5.5 på delkapittel 4.2. Selv om disse kapitlene dekker de samme temaene, er de i stor grad omskrevet for denne oppgaven.

Vi vil takke Vegard Andersen Tysnes for muligheten til å skrive en lærerik oppgave for St. Olavs hospital. Vi setter pris på hans innspill og bidrag med data til oppgaven, samt hans raske respons på våre henvendelser. Videre vil vi takke de aktive forsynerne på St. Olavs for å ha gitt oss omvisning på sykehuset og for deres tålmodighet, tilgjengelighet og engasjement for oppgaven. Til slutt vil vi rette en takk til vår veileder, Alireza Ashrafian, for hans veiledning, oppfølging og råd gjennom oppgaveprosessen.

Trondheim, 24. mai 2024



Rebecka Sand Hauge



Maya Afi Kofiloto



Ingeborg Vik Tobiassen

Sammendrag

Med en økende og aldrende befolkning vil presset på helseinstitusjonene øke. Dette understreker behovet for effektiv lagerstyring, da medisinske forsyninger utgjør en utgiftspost for sykehusene. Effektiv lagerstyring kan redusere lagerbeholdninger, forbedre servicenivået og oppnå kostnadsbesparelser. Ved sykehus, som St. Olavs Hospital, er lagerstyring spesielt viktig på grunn av krav til kort leveringstid og begrenset lagerkapasitet.

Formålet med bacheloroppgaven var å undersøke hvilke endringer i nåværende lagerstyringspraksis på avdelingene ved St. Olavs hospital, som kan effektivisere den totale logistikkflyten fra bestilling til utpakking av varer. Studien retter seg mot avdelingene for bevegelse og akutt operasjon.

For å oppnå dette målet ble det valgt en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ metode, som inkluderte en gjennomføring av semi-strukturerte intervjuer, observasjoner og møter for å innhente relevant data og informasjon. Dataen ble deretter analysert for å få innsikt i historiske data og gjennomføre en simulering av lagerstyringsytelse.

Resultatene i studien antyder at implementering av et RFID-styrt to-kasse-system, sammen med utvidelse av lagringsplass, kan føre til betydelige besparelser i ressursbruk knyttet til bestilling og utpakking av varer. RFID-teknologien muliggjør en automatisert bestillingsprosess og eliminerer behovet for manuell telling av varer. Videre fører utvidelsen av lagerkapasiteten på avdelingene til betydelige tidsbesparelser knyttet til planlegging og plukk på logistiksenteret. Det kommer frem av resultatene at antall leveringer per vare reduseres betydelig.

Abstract

With an increasing and aging population, the pressure on healthcare institutions will intensify. This supports the need for efficient inventory management, as medical supplies constitute a significant expense for hospitals. Efficient inventory management can reduce stock levels, improve service levels, and reduce costs. In hospitals like St. Olavs Hospital, inventory management is particularly crucial due to the requirements for short delivery times and limited storage capacity.

The purpose of this bachelor's thesis was to investigate which changes in the current inventory management practices in the departments at St. Olavs Hospital could improve the overall logistics flow from ordering to unpacking medical supplies. The study focuses on the departments of movement and emergency surgery.

To achieve this goal, a combination of qualitative and quantitative methods was chosen, which included conducting semi-structured interviews, observations, and meetings to collect relevant data and information. The data was then analyzed to gain insights into historical data and to perform a simulation of inventory management performance.

The results of the study suggest that implementing an RFID-controlled two-bin system, along with expansion of storage space, can lead to significant resource savings related to ordering and unpacking supplies. RFID technology enables an automated ordering process and eliminates the need for manual counting of supplies. Furthermore, the expansion of storage capacity in the departments results in significant time savings related to planning and picking at the logistics center. The results indicate that the number of deliveries per item is significantly reduced.

Innhold

Forord	ii
Sammendrag	iii
Abstract	iv
Figurer	ix
Tabeller	x
Forkortelser	xii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn og motivasjon	1
1.2 Problemstilling	3
1.3 Oppgavens oppbygning	4
2 Litteraturstudie	5
2.1 Litteratursøk	5
2.2 Ledelse av sykehusets forsyningskjede	6
2.3 Lagerstyring ved sykehus	7
3 Teori	9
3.1 Lagerstyring	9
3.2 Etterspørsel	10
3.3 Sikkerhetslager og standardavvik	11

3.4	Bestillingssystemer	13
3.5	Sentralisert lagermodell	16
3.6	Informasjonsflyt	16
3.7	Visuell styring	17
3.8	Radio-Frequency Identification	17
3.9	Kanban to-kasse-system	18
3.10	Simulering	19
3.11	ABC-analyse	19
4	Metode	20
4.1	Valg av forskningsmetode	20
4.2	Datainnsamling	20
4.2.1	Observasjoner	20
4.2.2	Semi-strukturerte intervju	21
4.3	Monte Carlo-metode	21
5	St. Olavs hospital	23
5.1	Om St. Olavs hospital	23
5.2	Bestillingsprosess på avdeling	24
5.3	Mottak av ordre og plukk på logistiksenteret	28
5.4	Transport og utpakking	29
5.5	Utfordringer	31
5.6	Forslag til tiltak	32
6	Analyse og resultat	33
6.1	Datagrunnlag	33

6.2	ABC-analyse	33
6.3	Dagens situasjon	38
6.3.1	Antall hasteordre	38
6.3.2	Antall unike materialnumre	39
6.3.3	AS IS-modell	40
6.4	To-kasse som lagerstyringssystem	42
6.4.1	Fysisk utforming av to-kasse-systemet	42
6.4.2	Simuleringsmodell, (R, r, Q) -system	45
7	Diskusjon	57
7.1	Tiltak for en mindre ressurskrevende bestillings- og utpakkingsprosess	57
7.1.1	Endring i lagerallokering	57
7.1.2	Utnyttelse av håndholdt enhet	58
7.1.3	Tiltak for visualisering	59
7.1.4	Eliminering av bestillingsprosess	60
7.1.5	Kontroll over lagerbeholdning på avdelingslager	61
7.1.6	Eventuelle endringer ved RFID-styrt to-kasse-system	61
7.1.7	Valg av prosess for lagergjennomgang	62
7.1.8	Hva må til for å implementere RFID og to-kasse-system?	63
7.2	Krav for å sikre nøyaktige og forutsigbare bestillinger 4 til 24 timer før levering	63
7.3	Standardisert lagermodell for alle avdelingene	64
7.3.1	Forskjeller mellom bevegelse og akutt operasjon	64
7.3.2	Faktorer som spiller inn ved implementering	64
7.4	Påvirkning og belastning i resten av logistikkjeden	65

7.4.1	Reduksjon av hasteordre	65
7.4.2	Reduksjon av plukkoperasjoner og leveranser	66
7.4.3	Belastning på AGV-ene	67
7.4.4	Endring i antall leveringsdager til avdeling	67
8	Konklusjon og videre arbeid	68
	Referanser	70
	Vedlegg	75
A	Intervjumal	75
B	Standardavtale for bacheloroppgave	77
C	KI-deklarasjon	80

Figurer

1.1	Illustrasjon av en typisk forsyningskjede for et sykehus med en sentralisert lagermodell.	2
3.1	Etterspørsel over tid [Chapman et al., 2017, s. 205].	10
3.2	Inventarposisjon for det hybride bestillingssystemet. Figur hentet fra [Rosalles et al., 2014, s. 918].	15
5.1	Prosessen i alle ledd fra bestilling til utpakking av medisinske forbruksvarer.	24
5.2	Beskrivelse av bestillingsprosessen.	26
5.3	Flytskjema for hasteordre.	27
5.4	Dimensjonering av skuffer.	30
6.1	ABC-analyse av varer basert på bestillingsfrekvens ved avdeling for bevegelse.	35
6.2	ABC-analyse av varer basert på bestillingsfrekvens ved avdeling for akutt operasjon.	36
6.3	Visuell fremstilling av andel innkjøpsordre med unike materialnummer. . . .	40
6.4	Forslag for inndeling av skuffer.	43
6.5	Beskrivelse av prosessflyten for et Wi-Fi-styrt RFID to-kasse-system. Bildene i figuren er utklipp fra en video og hentet fra [SpaceSavingStorage, 2020].	44
6.6	Figuren viser antall leveringer per vare til avdeling for bevegelse før og etter innføring av to-kasse-system.	49
6.7	Figuren viser antall leveringer per vare til avdeling for akutt operasjon før og etter innføring av to-kasse-system.	51

Tabeller

2.1	Oversikt over benyttede søkeord i litteratursøk.	5
3.1	Ulike bestillingssystemer, delt inn i kategoriene kontinuerlig kontroll og peri- odisk kontroll.	13
3.2	Begrepsforklaring av notasjon brukt ved ulike bestillingssystemer.	14
5.1	Oversikt over turer fra logistikkcenteret.	25
6.1	ABC-analyse av medisinske forbruksvarer ved avdeling for bevegelse.	34
6.2	ABC-analyse av medisinske forbruksvarer ved avdeling for akutt operasjon.	36
6.3	Prosentandel i forhold til totalt antall bestillinger, avdeling for bevegelse.	37
6.4	Prosentandel i forhold til totalt antall bestillinger, avdeling for akutt ope- rasjon.	38
6.5	Hasteordre for avdeling for bevegelse og akutt operasjon.	39
6.6	Antall unike materialnummer for avdeling for bevegelse og akutt operasjon.	39
6.7	Resultater fra As-Is-modellen for de ti mest bestilte varene på avdeling for bevegelse.	41
6.8	Resultater fra As-Is-modellen for de ti mest bestilte varene på avdeling for akutt operasjon.	41
6.9	Gjennomsnittlig ledetid fra bestilling til levering etter ukedag og avdeling.	48
6.10	Nedgang i antall leveringer målt i prosent ved avdeling for bevegelse.	50
6.11	Nedgang i antall leveringer målt i prosent ved avdeling for akutt operasjon.	52
6.12	Lagerkapasitet, tomgang og CSL% på avdeling for bevegelse.	53
6.13	Lagerkapasitet, tomgang og CSL på avdeling for akutt operasjon.	54

6.14 Simulering av forskjellige leveringsfrekvenser og ulik lagerkapasiteter for vare med materialnummer 4010634, avdeling for bevegelse.	55
6.15 Simulering av forskjellige leveringsfrekvenser og ulik lagerkapasiteter for vare med materialnummer 4010634, avdeling for akutt operasjon.	56

Forkortelser

Generelle begreper

HMN Helse Midt-Norge

JIT Just-in-Time

RFID Radio-Frequency Identification

ROP Reordrepunkt

POU Point-of-use

VLM Vertikal Lift Module

CLS Cycle Service Level

Kapittel 1: Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

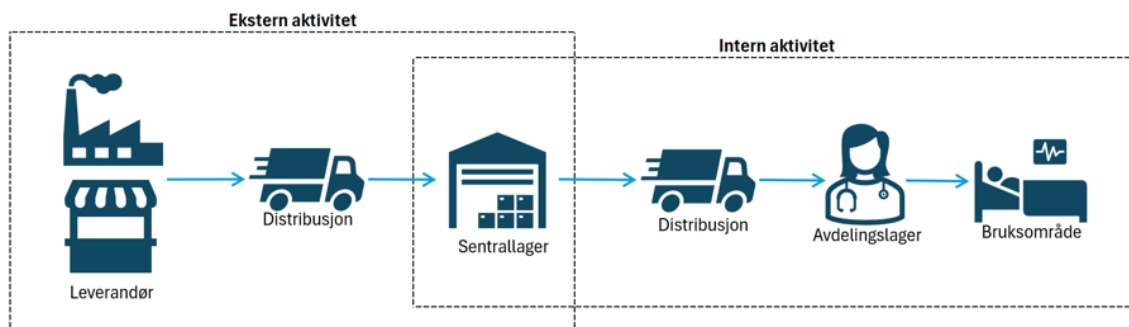
Lagerstyring refererer til aktiviteter som tar sikte på å sikre tilgjengeligheten av varer for kunder. Disse aktivitetene omfatter koordinering av innkjøps-, produksjons- og distribusjonsfunksjoner for å tilfredsstille behovene i markedet. Rollen innebærer ny forsyning av nåværende varer, introduksjon av nye produkter, å administrere forbruksvarer, levere reservedeler og håndtere utdaterte varer, samt håndtere andre aspekter ved forsyningskjeden [Wild, 2017].

I følge Wild [2017, s. (XV)] har effektiv lagerstyring demonstrert evnen til å redusere lagerbeholdningene betraktelig, samtidig som det forbedrer servicenivået. Ved anvendelse av egnede verktøy kan betydelige fordeler oppnås, som inkluderer redusert kapitalbinding knyttet til lager, eliminering av unødvendig arbeid og forbedret kundeservice.

Lagerstyring ved sykehus kjennetegnes ofte ved korte ledetider og begrenset lagerkapasitet [Bijvank & Vis, 2012]. Viktigheten av lagerstyringen er kjent i flere industrier, mens innenfor helsesektoren har det tidligere ikke vært prioritert [Moons et al., 2019]. Forskning viser at effektiv styring av varer på sykehus kan bidra til økt effektivitet i helsevesenet, uten at det går på bekostning av pasientomsorgen [Volland et al., 2017]. I tillegg fremhever Moons et al. [2019] at lagerstyring er avgjørende for å oppnå kostnadsbesparelser, effektivitet i forsyningskjeden og tilfredsstillende servicegrad. Imidlertid har få sykehus tilstrekkelig med data om forbruk, lagerbeholdning og forsyningsstatus. Effektiv lagerstyring krever grundige vurderinger av kostnader, tjenestenivåer, lagringsplass, produkttilgjengelighet, utløpsdatoer med mer. Disse vurderingene må kontinuerlig gjøres både på sentrallager og på lagrene ved bruksområdet. På sykehus er tomgang på lager langt mer alvorlig enn hos andre bransjer, og servicegrad er derfor en viktig parameter for lagerstyring på sykehus [Moons et al., 2019].

Sykehus er vanligvis organisert rundt ulike avdelinger, med et varierende antall sengeposter for behandling av pasienter. Disse pleieenheter må ha tilgang til alle nødvendige medisinske forsyninger for å kunne utføre pasientbehandling [Denton, 2013, s. 467]. Medisinske forbruksvarer går gjerne gjennom minst to ledd i sykehusets logistikkjede. Sykehuset har en rekke leverandører av forbruksvarer som blir levert til et sentrallager, før varene

blir distribuert til avdelingslager som er et lager ved bruksområdet [Fragapane et al., 2019, s. 249]. Figur 1.1 illustrerer en enkel fremstilling av en typisk forsyningskjede for et sykehus. Avdelingslagrene er vanligvis preget av mangel på plass [Fragapane et al., 2019, s. 249]. Grunnet stor usikkerhet og variasjon i etterspørsel stilles det et krav om et stort varesortiment med tilstrekkelig lagerbeholdning for å unngå mangel på varer. Lagerstyring kan være utfordrende i alle bransjer, men behovet for effektiv lagerstyring blir spesielt kritisk når det gjelder å sikre kvalitet av helsetjenester og pasientomsorg [Sharma et al., 2022].



Figur 1.1: Illustrasjon av en typisk forsyningskjede for et sykehus med en sentralisert lagermodell.

I 2023 ble over 2,1 millioner pasienter behandlet ved norske sykehus [Statistisk sentralbyrå, 2024]. Med en voksende og stadig eldre befolkning vil både presset på helseinstitusjoner og etterspørselen ved sykehusene bli høyere. Samtidig bidrar en økende andel eldre i befolkningen til økte utgifter til helse- og omsorgstjenester [Kommunal- og distriktsdepartementet, 2023]. I tillegg er at faktum at utgifter knyttet til medisinske forsyninger utgjør den nest største kostnadsposten på sykehus, etter lønnskostnader, noe som understreker lagerstyringens viktighet [Moons et al., 2019].

Disse utfordringene og deres betydning for sykehusets funksjonalitet, er utgangspunktet for motivasjonen til å undersøke disse temaene nærmere. Denne oppgaven bygger videre på et fordypningsprosjekt gjennomført høsten 2023. Prosjektet var en kartlegging av forsyningskjeden ved St. Olav for å få en helhetlig oversikt over sykehusets logistikk. Denne oppgaven har som mål å utarbeide konkrete tiltak for det enkelte avdelingslager, med hensikt om å forbedre den samlede logistikkflyten, fra bestilling til utpakking av varer.

1.2 Problemstilling

Denne oppgaven fokuserer på lagerstyring ved avdelingslager på St. Olavs hospital, med hovedvekt på prosessen fra bestilling til utpakking av varer. Oppgaven er videre begrenset til å omhandle medisinske forbruksvarer. St. Olavs hospital mottar medisinske forbruksvarer fra logistikk-senter Helse Midt-Norge (HMN). De lokale avdelingslagrene på sykehuset følges opp av Aktiv Forsyning, som sørger for at avtalt sortiment er tilgjengelig til enhver tid. St. Olavs ønsker at hvert avdelingslager skal bidra til minst mulig belastning på logistikk-kjeden. Andre sentrale momenter er redusert tidsbruk for oppfølging av hvert avdelingslager, herunder effektiv bestilling og utpakking.

Bestillingsprosessen er manuell og sterkt avhengig av den enkelte aktive forsyner sin personlige kjennskap og erfaring med avdelingens forbruk av medisinske forbruksvarer. En aktiv forsyner er en logistikkoperatør som følger opp avdelingslagrene, bestiller varer og pakker ut leveransene. Bestillingen gjennomføres ved hjelp av en håndholdt enhet hvor potensialet for bedre utnyttelse er betydelig. Dagens situasjon viser at den håndholdte enhetens teknologiske begrensninger, sammen med varierende grad av kunnskap hos de ansatte, hindrer full utnyttelse av enhetens kapasitet. Det er også ønskelig å redusere antall hastebestillinger, noe som er en stor belastning ikke bare for logistikk-senteret, men også med tanke på transportkapasitet og distribusjon internt på sykehuset. Videre operer sykehuset med krav om korte leveringstider. Det er ønskelig å kunne gjøre en god og forutsigbar bestilling mellom 4 og 24 timer før levering av varer. Alle avdelingene må på generelt grunnlag bestille senest fire timer før bilens avgang, men det finnes unntak fra denne regelen. Overordnet ønsker de å få økt innsikt i hvilke kriterier som bør ligge til grunn for oppbyggingen av et avdelingslager for å ivareta disse momentene. Dette er nødvendig for å kunne jobbe mot en standardisert lagermodell som sørger for mest mulig effektivitet, samtidig som de oppfyller servicekravene fra kundene.

Denne studien tar utgangspunkt i to utvalgte avdelinger, avdeling for bevegelse og avdeling for akutt operasjon, for å undersøke effekten av endringer i lagerallokering, implementering av et to-kasse-system styrt av Radio-Frequency Identification (RFID), bedre informasjonsflyt og visualisering. Et sekundært mål er å vurdere om disse tiltakene kan implementeres på tvers av hele St. Olavs hospital. Til slutt vil studien utforske hvordan disse forslagene potensielt vil påvirke hele logistikk-kjeden. Gjennom undersøkelse av nåværende praksiser for lagerstyring og analyse av bestillingshistorikk, identifiseres eksisterende utfordringer. Oppgaven vil inkludere en ABC-analyse for å identifisere logistikkoperasjonens mest kri-

tiske varer. Videre er det utviklet en simuleringsmodell som skal brukes til å simulere bestillingsprosessen under et nytt bestillingssystem. Denne modellen vil hjelpe med å forutse effekten av endringer i bestillingskriterier og for å evaluere effekten av å implementere et to-kasse-system.

På bakgrunn av dette har følgende problemstilling blitt formulert:

Hvilke endringer i nåværende lagerstyringspraksis på avdelingene ved St. Olavs hospital kan effektivisere den totale logistikkflyten fra bestilling til utpakking av varer?

Følgende forskningsspørsmål har blitt utviklet for å besvare problemstillingen:

1. *Hvilke tiltak kan gjøre bestilling og utpakking mindre ressurskrevende?*
2. *Hva må til for å kunne gjøre en god og forutsigbar bestilling mellom 4 og 24 timer før levering av varer?*
3. *I hvilken grad kan tiltakene implementeres på tvers av St. Olavs hospital sine avdelinger, for å skape en standardisert lagermodell?*
4. *Hvordan vil implementeringen av tiltakene påvirke logistikkflyten og belastningen i resten av logistikk-kjeden?*

1.3 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er delt inn i åtte kapitler, som hver bidrar til å analysere lagerstyringspraksis og foreslå forbedringstiltak. Kapittel 1 *Innledning* presenterer bakgrunnen, problemstillingen og forskningsspørsmålene. Kapittel 2 *Litteraturstudie* presenterer metode for litteratursøk og gjennomgår tidligere forskning innenfor samme tema som oppgaven. Kapittel 3 *Teori* presenterer relevant teori, og danner grunnlag for diskusjon av de foreslåtte tiltakene. Kapittel 4 *Metode* beskriver den metodiske tilnærmingen for å besvare forskningsspørsmålene. Kapittel 5 *St. Olavs hospital* introduserer case-bedriften, identifiserer utfordringer gjennom observasjoner og intervjuer, og foreslår forbedringstiltak. Kapittel 6 *Analyse og resultat* analyserer bestillingshistorikk og simulerer et bestillingssystem. Kapittel 7 *Diskusjon* diskuterer funnene for å kunne besvare forskningsspørsmålene. Til slutt oppsummeres de viktigste funnene, og videre arbeid diskuteres i kapittel 8 *Konklusjon og videre arbeid*.

Kapittel 2: Litteraturstudie

Dette kapitlet fungerer som et fundament for den teoretiske strukturen og det konseptuelle rammeverket som underbygger studien. Innledningsvis presenteres metodene som ble benyttet for litteratursøk og gjennomgang av tidligere forskning. Deretter presenteres tidligere arbeid innen samme fagområde, med fokus på de anvendte metodene og de rapporterte funnene.

2.1 Litteratursøk

Litteratursøk ble utført for å få et helhetlig bilde av tidligere forskning innenfor samme tema som undersøkes i denne oppgaven. Prosessen har involvert søk etter litteratur ved hjelp av søkeord presentert i tabell 2.1, både individuelt og i kombinasjon med hverandre. Samling 1 med nøkkelord ble benyttet for å skaffe et bredt utvalg av litteratur med fokus på mer grunnleggende teori. Samling 2 ble derimot anvendt for å begrense omfanget av relevante teoretiske bidrag. Samling 3 består av søkeord som har blitt benyttet individuelt for å finne relevant teori og beskrivelse av metoder.

Tabell 2.1: Oversikt over benyttede søkeord i litteratursøk.

Samling 1	Samling 2	Samling 3
Inventory management	Hospital	Hospital & RFID
Hospital	Point-of-Use	Semi-structured interview
Supply chain	Inventory control	Kanban & medical supplies
Material logistics		Replenishment politics
		Simulation
		Monte Carlo method

Litteratursøkene ble utført ved å benytte Google Scholar og Oria, mens ResearchGate ble anvendt i mindre grad som en supplerende søkemotor. Videre ble det tatt kontakt med en professor på studieprogrammet for å innhente relevante rapporter, hvor vedkommende har veiledet innenfor lignende fagområder i tidligere semestre. I tillegg har det blitt brukt teori fra lærebøker som dekker relevante emner innenfor studiet.

I metodikken ble teknikken om *snowball*-metoden anvendt, hvor søket ble initiert med nøkkelord og deretter utvidet ved å følge referanser fra identifiserte kilder. Denne tilnærmingen har vist seg å være effektiv for å identifisere relevante kilder, ifølge Badampudi et al. [2015]. Forskerne sammenlignet *snowball*-metoden med søk i databaser og fant at førstnevnte kan være mer effektiv, forutsatt at det foreligger et tilstrekkelig sett med litteratur å initiere *snowball*-metoden fra [Badampudi et al., 2015].

2.2 Ledelse av sykehusets forsyningskjede

Volland et al. [2017] gjennomgår litteraturen innen materiellhåndtering og -styring på sykehus. Forfatterne systematiserer litteraturen etter temaer, identifiserer anvendte metoder og peker på mulige fremtidige forskningsretninger. En gjennomgående konklusjon er at det er et betydelig potensial for forbedring gjennom bruk av kvantitative metoder tilpasset sykehuslogistikken. Det fremheves at helsevesenet generelt sett henger etter når det gjelder utnyttelse av teknologi innen materiellhåndtering, og det understrekes viktigheten av at fremtidig forskning bør rette seg mer mot anvendelse av teknologi. Forfatterne anbefaler sykehus å bruke konsepter fra andre bransjer, som *Lean thinking* og *Just-in-Time* (JIT) metoder. Case-studier fremheves som en verdifull metode for å få innsikt i beste praksis og analyser, og for å kunne sammenligne ytelse på tvers av ulike sykehus, også på tvers av landegrenser.

Moons et al. [2019] fremlegger eksisterende forskning om måling av ytelse i interne distribusjonsaktivitetene på sykehus. Forfatterne argumenterer for viktigheten av aktivt å måle ytelsen, med fokus på kostnad, tidsbruk og servicenivå. Hovedmålet med studien er å utvikle en generell standard for ytelsesmålinger som kan forbedre sykehusets forsyningskjede [Moons et al., 2019]. Buschiazzo et al. [2020] presenterer en simuleringsmodell som tar sikte på å utvikle en innkjøpsplan med hensyn til flere begrensninger, inkludert tilgjengelig lagerplass, med mål om å optimalisere lagerbeholdningen på et sentrallager. På lignende vis har Alfonso-Lizarazo & Franco [2020] utviklet en simuleringsmodell som optimaliserer taktiske og operative beslutninger, slik som bestillingspunkt, lagerkapasitet, sikkerhetslager, ledetid og holdbarhet på medisiner. Modellene fra begge studiene er kostnadsfokuserte. Buschiazzo et al. [2020] konkluderer med at videre utvikling og forbedring av modellen kan bidra til økt pasientsikkerhet og optimal ytelse, mens Alfonso-Lizarazo & Franco [2020] viser at et optimalt bestillingssystem kan redusere kostnader knyttet til forsyning av legemidler.

2.3 Lagerstyring ved sykehus

Det eksisterer et omfattende spekter av studier og litteratur som omhandler lagerstyring ved sykehus. Imidlertid er det vanligvis fokusert på en kombinasjon av ulike type varer, inkludert blod, medisiner, medisinsk utstyr, forbruksvarer, matvarer og tøy. Det er relativt få studier som utelukkende er dedikert til medisinske forbruksvarer.

Fragapane et al. [2019] undersøker lagerstyring av forbruksvarer ved ett bruksområde i deres studie. De fremhever betydningen av kontinuerlig gjennomgang av lageret og implementering av RFID-teknologi for å opprettholde et tilstrekkelig forsyningsnivå og redusere risikoen for lagermangel. Gjennom bruk av denne tilnærmingen hevder de at synligheten av lagerbeholdningen øker, og at sanntidsinformasjon om lagerbeholdning kan oppnås. Dette medfører en mer responsiv forsyningskjede samtidig som lagerholdningen på bruksområdene reduseres. Forfatterens løsningsforslag inkluderer oppgradering av håndholdt bestillingsenhet, forbedring av skanningsprosessen, implementering av optimale bestillings-systemer og forbedret koordinering mellom sentrallageret og sykehuset. De argumenterer for at disse endringene vil føre til redusert ventetid for leveranser, minimere feil i leveransene og forbedre effektiviteten og påliteligheten til forsyningskjeden ved det aktuelle sykehuset.

Bendavid et al. [2010] fremhever økonomiske gevinster ved implementering av RFID-systemer i forsyningskjeden for medisinske forbruksvarer. Tidsbesparelser oppnås ved eliminering av ikke-verdiskapende aktiviteter og redusert lagerbeholdning på avdelingslagrene ved sykehusets bruksområder. Implementeringen av et RFID-styrt kanban-system, kombinert med endringer i avdelingsutforming og roller, kan forbedre driftsytelsen betydelig. Studien bruker kvalitative og kvantitative data samlet inn gjennom semi-strukturerte intervjuer og observasjoner, og benytter simuleringsanalyse. RFID to-kasse-systemet overfører bestillingsansvaret fra sykepleiere til forsyningsavdelingen for ikke-lagerførte varer. Studien viser at restordre nesten elimineres, og kvantifiserer reduksjon i plukklinjer per ordre, færre ordre totalt og eliminering av hasteordre. Resultatene viser tids- og kostnadsbesparelser for sykepleie- og lagerpersonell, samt redusert tid brukt på overskuddslager og defekte varer [Bendavid et al., 2010].

Denton [2013] presenterer fordeler ved to-kasse-systemet og argumenterer for at kombinerings med RFID-teknologi gir enda mer effektiv lagerstyring. Den tradisjonelle to-kassemetoden bringer med seg visse fordeler, blant annet forutsigbare bestillinger, da det

alltid bestilles samme mengde varer ved hver bestilling. Systemet tvinger også frem lagerrotasjon, og risikoen for at varer går ut på dato reduseres betydelig. Denton [2013] forklarer videre at RFID-teknologi, når den kombineres med to-kasse-systemet, gir sanntidsinformasjon om lagerbeholdningen. De refererer til et RFID-system som er utstyrt med kameraovervåkning og som kan identifisere tomme beholdere. Dette systemet har flere fordeler, blant annet eliminering av unødvendige menneskelige aktiviteter knyttet til bestillingsrundene (unødvendig bevegelse), fjernstyrt sanntidsinformasjon om lagerbeholdningen og påfyllingsbehov, samt reduksjon av forstyrrelser i klinisk praksis. RFID-teknologien er integrert i sykehusets informasjonssystem, og dette muliggjør umiddelbare varsler til relevant personell om lagerbeholdning.

Både et tradisjonelt og et RFID-styrt to-kasse-system er forankret i et bestillingssystem med faste bestillingsmengder. Dette muliggjør beregning og optimalisering av maksimal lagerbeholdning, bestillingsmengde, bestillingspunkt, sikkerhetslager og intervall for periodisk kontroll gjennom bruk av lagermodeller. Ved å teste ulike varianter av disse parametrene, kan man finne den optimale balansen, som påpekt av [Denton, 2013]. Videre mener forfatterne at sykehusene kan oppnå forbedret ytelse med å spore disse lagerstyringsparametrene. Imidlertid mener de at mange sykehus fortsatt mangler denne typen informasjon [Denton, 2013].

Studien utført av Rosales et al. [2015] undersøker valg av lagerstyringsmetode på et sykehus som benytter et RFID-styrt to-kasse-system. Forskningen modellerer lagerstyringsystemet med både periodisk og en kontinuerlig gjennomgang og sammenligner kostnadseffektivitet og operative fordeler. Bestillingssystemet som ligger nærmest en periodisk gjennomgang av to-kasse-systemer er (nQ, r, T) -system. I slike systemer plasseres en bestilling hver tidsperiode, T , når lagerposisjonen faller til eller under reordrepunktet (ROP), r . Mengden som bestilles er et heltall, n multiplisert med Q for å sikre at lagerbeholdningen etter bestilling er over minimumsnivået r . Dette bestillingssystemet kan overføres til et to-kasse-system ved å sette $r = Q$, tilsvarende kapasiteten av beholderen. Studien konkluderer med at kontinuerlig gjennomgang kan gi betydelige fordeler for sykehuset, som redusert risiko for lageroverskudd, forbedret pasientpleie ved at medisinske forsyninger alltid er tilgjengelige, og lavere kostnader knyttet til tomgang på lager. Periodisk gjennomgang er mer effektiv for ikke-kritiske varer med lave kostnader knyttet til tomgang. Disse varene kan håndtere lengre intervaller mellom sjekk og påfyll uten store konsekvenser [Rosales et al., 2015].

Kapittel 3: Teori

Dette kapittelet gir en gjennomgang av det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Her presenteres nøkkelteorier som er fundamentale i analysen og resultater senere i oppgaven. Spesielt fokuseres det på lagerstyring, med vekt på optimale tilnærminger for lagerstyring i sykehusmiljøer.

3.1 Lagerstyring

Lagerstyring omfatter alle aktiviteter knyttet til materialer, inkludert innkjøp, transport, logistikk, produksjonskontroll og styring av lagerbeholdning [Rosetti et al., 2012]. Ifølge Bø et al. [2018] handler lagerstyring om å finne riktig balanse mellom å ha nok varer på lager til å dekke etterspørsel, men samtidig holde lagerkostnadene nede. Rosetti et al. [2012] påpeker at det overordnede målet med lagerstyringsaktiviteter i helseorganisasjoner er å minimere kostnadene forbundet med materialer og forsyninger, samtidig som kvaliteten og servicenivået for pasientomsorgen opprettholdes. Stevenson [2021] beskriver at lagerstyring har to hovedfunksjoner; å ha kontroll over varene på lageret og ta avgjørelser om mengde og tidspunkt for bestilling. Forfatteren argumenterer videre for at utilstrekkelig lagerbeholdning kan resultere i forsinkede eller kansellerte leveranser, tapte salg, misfornøyde kunder og flaskehals i produksjon. På den andre siden kan for stor lagerbeholdning føre til betydelige økonomiske tap og manglende kontroll, med en risiko for at systemer og rutiner blir ustabile og ineffektive.

Videre beskrives det at et effektivt lagerstyringssystem må innholde følgende kriterier:

- Et system for å holde oversikt over nåværende lagerbeholdning og varer under bestilling.
- En pålitelig prognose av etterspørsel.
- Kunnskap om ledetid og variasjon i ledetid.
- Estimer av lagerkostnader, bestillingskostnader og kostnader ved mangel på varer.
- Et klassifiseringssystem for artikler på lager.

Et overskudd av varer tar opp unødvendig plass og binder kapital [Stevenson, 2021, s. 506],

mens konsekvensene av manglende varer på lager kan være langt mer alvorlig enn økonomisk tap [Moons et al., 2019].

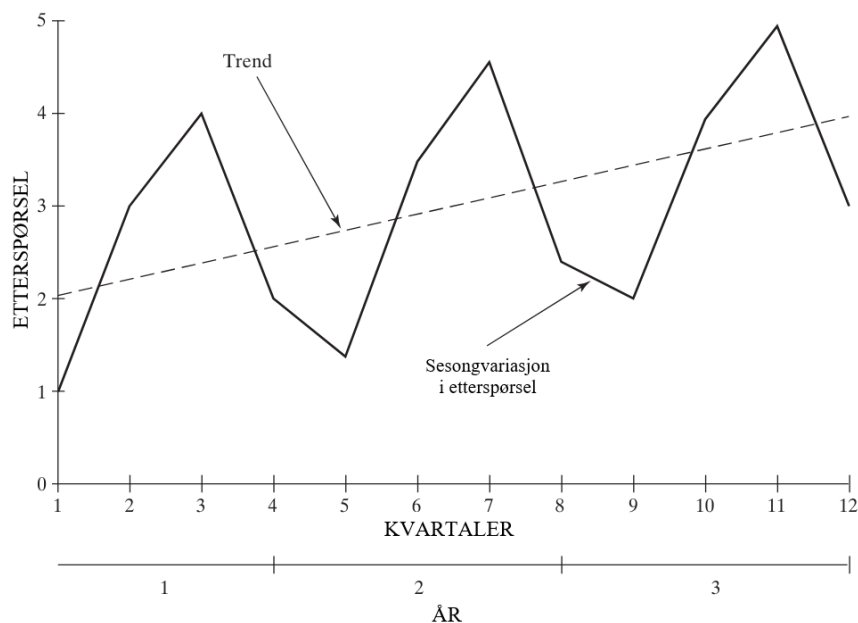
En del av lagerstyring er å modellere inventaret. Ifølge Rosetti et al. [2012, s. 255] betyr det å beskrive lagerets tilstand over tid. En viktig måte å måle tilstanden på er ved hjelp av lagerposisjonen, som sier noe om lagerbeholdning, aktive bestillinger og restordre. For å beskrive denne variabelen matematisk vil det se slik ut:

$$\text{Lagerposisjon} = \text{lagerbeholdning} + \text{varer i bestilling} - \text{restordre}$$

Lageret kan deles inn i omløpslager og sikkerhetslager. Omløpslager er den delen av lagerbeholdningen som påvirkes av varene som kjøpes inn eller produseres. Sikkerhetslager fungerer som en buffer som fanger opp uventede svinginger i etterspørsel og usikkerhet i ledetid [Bø et al., 2018, s. 103]. Lageret har flere formål, blant annet for å møte etterspørselen, jevne ut belastningen og redusere sjansen for tomgang [Stevenson, 2021, s. 505-506].

3.2 Etterspørsel

Etterspørsel viser behovet for en vare på markedet. Ulike faktorer påvirker etterspørselen slik som trender, sesongvariasjon og tilfeldig variasjon. Figur 3.1 illustrerer en hypotetisk historisk etterspørsel som varierer over tid. Etterspørsel varierer grunnet trender, sesongvariasjon og tilfeldig variasjon [Chapman et al., 2017, s. 204].



Figur 3.1: Etterspørsel over tid [Chapman et al., 2017, s. 205].

Etterspørselsmønsteret i figur 3.1 viser en jevn økning fra år til år, som illustrert av en lineær trend. Etterspørseltrender kan være lineær, geometrisk eller eksponentiell, og den kan være stabil, stigende eller fallende [Chapman et al., 2017, s. 205].

Etterspørselen kan også variere etter sesong. Svingningene kan for eksempel skyldes værforhold eller helligdager. Figur 3.1 viser en etterspørsel med sesongvariasjon. Det er gjerne snakk om sesongvariasjon på årlig basis. Sesongvariasjon kan også forekomme ukentlig eller daglig [Chapman et al., 2017, s. 205].

Tilfeldig variasjon oppstår når mange faktorer påvirker etterspørselen på en tilfeldig basis. Variasjonen kan være svært liten, nær den faktiske etterspørsel, eller så kan variasjonen være stor [Chapman et al., 2017, s. 205].

3.3 Sikkerhetslager og standardavvik

En typisk tilnærming for å håndtere usikkerhet knyttet til etterspørsel og forsyning, og unngå tomgang innebærer å ha ekstra beholdning, kjent som sikkerhetslager. Tomgang oppstår hvis etterspørsel i løpet av ledetiden er større enn ROP [Sunil Chopra, 2016, s. 332]. Usikkerhet kan oppstå på to måter: gjennom variasjon i mengde og variasjon i timing [Chapman et al., 2017, s. 275]. For å fastsette det nødvendige nivået av sikkerhetslager mener Chapman et al. [2017] at det er nødvendig å vurdere følgende punkt:

- Variasjon i etterspørsel under ledetid: Jo større variasjonen, desto større behov for sikkerhetslager
- Bestillingsfrekvens: Hyppige bestillinger tillater god tilpasning av endringer i etterspørsel
- Ønsket servicenivå: Høyere servicenivå krever høyere lagerbeholdning for å kunne møte perioder med høy etterspørsel.
- Ledetid: En lengre ledetid krever vanligvis høyere lagerbeholdning. Derfor er det viktig å redusere denne faktoren for å minimere behovet for sikkerhetslager [Chapman et al., 2017, s. 275].

For å avgjøre sikkerhetsnivå forklares følgende metode hentet fra Chapman et al. [2017]. De fleste etterspørslene er normalfordelt over tid. Verdiene i en normalfordelingen er samlet rundt et sentralt punkt, og resultatene forekommer stadig sjeldnere jo lengre bort fra

sentrum man kommer. Den er også symmetrisk og sprer seg jevnt ut på begge sider av det sentrale punktet. Normalfordelingen har en gjennomsnittsverdi som fremkommer i det sentrale punktet, og en variasjon som fremkommer i spredningen av verdier rundt gjennomsnittet. Gjennomsnittet (\bar{x}) kan beskrives matematisk på denne måten:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

[Chapman et al., 2017, s. 277-278]. Standardavviket er en statistisk verdi som sier hvor tett verdiene rundt gjennomsnittet befinner seg. Det kan kommuniseres matematisk på denne måten:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad , \quad d_i = x_i - \hat{x}_i$$

hvor x_i representerer den prognostiserte etterspørselen for perioden i og \hat{x}_i er faktisk etterspørsel [Chapman et al., 2017, s. 278-279].

Når gjennomsnittsverdi og standardavvik er definert, er det mulig å finne optimalt sikkerhetslager. Dersom etterspørselen er normalfordelt, betyr det at den halvparten av tiden befinner seg under gjennomsnittet, ellers befinner den seg over gjennomsnittet. Det betyr at servicenivået allerede er på 50 prosent, og det blir nødvendig med et sikkerhetslager for å oppnå et høyere servicenivå [Chapman et al., 2017]. Ut i fra det ønskede servicenivået er det mulig å etablere et sikkerhetslager. Sandvig & Angela [2000, s. 9] definerer formelen for å finne nødvendig sikkerhetslager på denne måten:

$$\text{Sikkerhetslager, SS} = Z \times \sigma_L$$

der Z -verdien er inversen av den standard normale kumulative fordelingen [Low & Tang, 2004, s. 72] som beregnes ut fra Cycle Service Level (CSL) og hentes ut fra en Z -tabell, og σ representerer standardavviket for etterspørsel under ledetid [Sandvig & Angela, 2000, s. 9]. Gitt en ledetid på L uker og en gjennomsnittlig ukentlig etterspørsel D sier formelen for etterspørsel og standardavvik under ledetid følgende:

$$\text{Forventet etterspørsel under ledetid, } D_L = D \times L$$

$$\text{Standardavvik av forventet etterspørsel under ledetid, } \sigma_L = \sigma_d \times \sqrt{L}$$

Servicenivået tilsvarende den prosentandelen lageret unngår tomgang [Chapman et al., 2017, s. 280-282]. På samme måte forklarer Sunil Chopra [2016, s. 330] CSL som en nøkkellindikator

innen lagerstyring som måler andelen påfyllingssykluser hvor all etterspørsel blir oppfylt uten at det er tomt på lager. En påfyllingssyklus refererer til intervallet mellom to påfølgende påfyllingsleveranser. CSL representerer sannsynligheten for at tomgang på lageret ikke vil forekomme i løpet av en slik syklus. Dette gjør CSL til en verdifullt indikator for å vurdere effektiviteten av lagerstyring og kundetilfredshet [Sunil Chopra, 2016, s. 330].

Basert på sikkerhetslager og etterspørsel under ledetid, presenterer Sandvig & Angela [2000, s. 9] formelen for ROP som følger:

$$\text{Reordrepunkt, ROP} = \text{SS} + (\text{D} \times \text{L})$$

3.4 Bestillingssystemer

Lageret kan kontrolleres ved periodiske eller kontinuerlige gjennomgangprosesser. I et periodisk gjennomgangssystem blir lagerbeholdningen undersøkt med jevne mellomrom, vanligvis i definerte tidsintervaller, mens i et kontinuerlig system blir beslutningen om å legge inn en bestilling for påfylling tatt når lagerbeholdningen endrer seg. Ved kontinuerlig gjennomgang legges det typisk inn en bestilling når lagerbeholdningen når ROP [Rosetti et al., 2012, s. 255]. ROP representerer det sikkerhetslager som er nødvendig for å dekke etterspørselen som kan oppstå i løpet av ledetiden [Rosetti et al., 2012, s. 257]. Tabell 3.1 viser ulike bestillingssystemer, delt inn i kategoriene kontinuerlig kontroll og periodisk kontroll. Notasjonen brukt i disse systemene forklares nærmere i tabell 3.2.

Tabell 3.1: Ulike bestillingssystemer, delt inn i kategoriene kontinuerlig kontroll og periodisk kontroll.

Kontinuerlig kontroll	Periodisk kontroll
(r, Q)	(R, S)
(s, S)	(R, s, Q)
	(R, r, Q)

Tabell 3.2: Begrepsforklaring av notasjon brukt ved ulike bestillingssystemer.

Notasjon	Begrep	Forklaring
r	<i>Reordrepunkt</i>	Indikerer lagerbeholdningen for en vare når en ny bestilling må plasseres.
Q	<i>Bestillingsmengde</i>	Indikerer antall enheter som bestilles av en vare per bestilling.
s	<i>Minimumsnivå</i>	Indikerer den laveste lagerbeholdningen for en vare før en bestilling blir plassert.
S	<i>Maksimumsnivå</i>	Indikerer den høyeste lagerbeholdningen for en vare. Mengden som bestilles: $S-s$.
R	<i>Tidsintervall</i>	Indikerer tidsintervallet beholdningen blir gjennomgått i.

(r, Q) -systemet

Rosetti et al. [2012] beskriver (r, Q) -systemet som en kontinuerlig gjennomgang av inventaret, der r representerer ROP og Q er bestillingsmengde. I dette systemet er Q konstant, og bestillingen utføres når lagerbeholdningen er på eller under ROP. Ved ujevn etterspørsel kan derimot et (r, NQ) -system benyttes. I dette tilfellet vil størrelsen av Q gjentas til beholdningen kommer over ROP [Rosetti et al., 2012, s. 256].

(s, S) -systemet

(s, S) -systemet, også kalt *order-up-to*-metoden, bruker kontinuerlig gjennomgang på samme måte som (r, Q) -systemet, men med den forskjellen at bestillingsmengden ikke er konstant. ROP, indikert av s , angir når en bestilling skal plasseres. Hvis lagerbeholdningen synker til eller under s , blir et antall varer bestilt opp til maksimal lagerbeholdningskapasitet S . Rosetti et al. [2012] beskriver bestillingsmengden som $S-l(t)$, der $l(t)$ er den faktiske lagerbeholdningen på tidspunktet t .

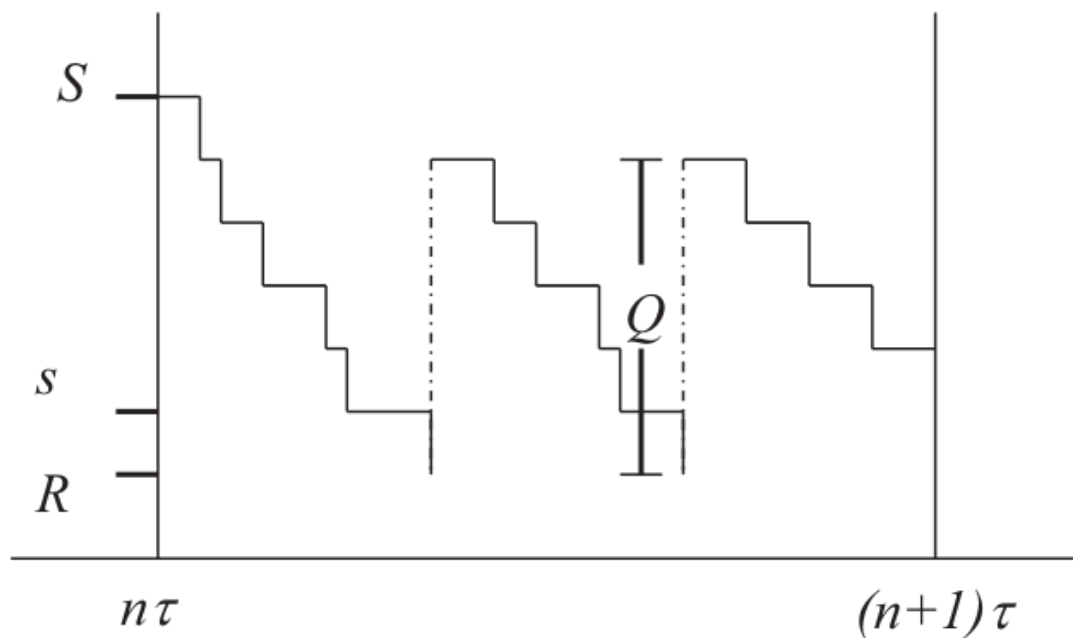
(R, S) -systemet

(R, S) -systemet bygger på en periodisk gjennomgangspolitikk hvor lagerbeholdningen blir vurdert med jevne mellomrom, med et bestemt tidsintervall definert som R . Bestillingsmengden blir deretter bestemt basert på differansen mellom den nåværende lagerbehold-

ningen og maksimumsnivået S . Innenfor helsesektoren er dette systemet kjent som *par-nivå*-systemet og anses som den mest brukte metoden for lagerkontroll innenfor sykehus [Rosetti et al., 2012, s. 256].

Kombinasjoner av systemer

(R, s, S) -systemet representerer en kombinasjon av (s, S) - og (R, S) -systemene, der lagerbeholdningen blir kontrollert i faste tidsperioder R og bestillingsmengde bestemmes ut fra maks lagerkapasitet S . Imidlertid blir en bestilling kun plassert dersom beholdningen er under eller lik ROP gitt ved s . På samme måte kan et (R, r, Q) -system benyttes med periodiske intervaller. I dette systemet blir en bestillingsmengde Q lagt inn dersom lagerbeholdningen er under eller lik ROP ved det gitte tidsintervallet R [Rosetti et al., 2012, s. 256]. Rosales et al. [2014] utvikler et hybridsystem for å optimalisere lagerstyringen på et sykehus, selv om dette systemet ofte ikke støttes av programvarer. Denne hybride varianten består også av en blanding av (s, S) - og (R, Q) -system. Det betyr at det blir periodisk lagt inn bestilling av manglende varer på starten av et skift. Når lagerbeholdningen når grensen R , utløses en bestilling utenom rutine og lageret fylles opp ved bruk av et (R, Q) -system. For å demonstrere systemet er det fremstilt i figur 3.2.



Figur 3.2: Inventarposisjon for det hybride bestillingssystemet. Figur hentet fra [Rosales et al., 2014, s. 918].

3.5 Sentralisert lagermodell

I en tradisjonell distribusjonsmodell sender leverandører sine produkter til distributører, hvor de blir ompakket før de blir sendt videre til hvert enkelt sykehuslager. Ved ankomst til sykehuset blir produktene nedbrutt til mindre enheter og lagret til det blir behov på sykehuset. I den tradisjonelle modellen innebærer dette et stort lagerhold i systemet og få leveranser [Rosetti et al., 2012, s. 249].

Den nyere modellen, Mercy-modellen, ble opprettet av helsesystemet *Sisters of Mercy Health System i St. Louis*. Denne modellen reduserer lagerbehovet vesentlig ved bruk av hyppigere leveranser. I denne modellen erstattes distributøren med et sentralisert lager-system. Leverandørene sender direkte til det sentrale lageret, hvor forsendelsene blir brutt ned til mindre enheter som er klare til bruk på sykehuset [Rosetti et al., 2012, s. 249].

I Mercy-modellen har det sentrale lageret fullt ansvar for materialhåndtering og lagerstyring i forsyningskjeden. Ved mottak av forsendelser fra leverandørene, blir disse nedbrutt, pakket om, skannet og lagret. Gjennom en sentral server mottar lageret bestillinger for neste dags etterspørsel hver kveld, og disse vises deretter på plukklisten. Produktene blir plukket, sortert, pakket og sendt ut tidlig morgenen etter [Rosetti et al., 2012, s. 249].

3.6 Informasjonsflyt

Informasjon beskrives av Bø et al. [2018, s. 28] som en av de tre strømmene i en forsyningskjede. Informasjonsstrømmen eller informasjonsflyten beveger seg både oppstrøms og nedstrøms i forsyningskjeden, og er sammen med den fysiske strømmen av materialer og penger viktig for å koble virksomheten sammen.

Simchi-Levi et al. [2021, s. 136] argumenterer for hvordan informasjon endrer hvordan forsyningskjeder kan og bør styres effektivt. Videre argumenterer de for fordelene ved en overflod av informasjon:

- Hjelper med å redusere variasjon i forsyningskjeden.
- Hjelper leverandører med å lage bedre prognoser, med hensyn til kampanjer og markedsendringer.
- Muliggjør koordinering av produksjons- og distribusjonssystemer og strategier.

- Gjør det mulig for forhandlere å reagere og tilpasse seg til forsyningsproblemer raskere.
- Gjør det mulig å redusere ledetider.

3.7 Visuell styring

Effektiv visuell styring muliggjør en mer intuitiv og oversiktlig utførelse av arbeidsoppgaver for personalet. Dette omfatter bedre kontroll over inventar og kvalitet, etterlevelse av standarder, oppnåelse av målsettinger, samt en mer systematisk tilnærming til å følge opp kontinuerlige forbedringsprosesser. Ofte krever effektiv visuell styring god plass, noe som ikke alltid er overkommelig med tilgjengelig areal og penger. Identifisering av inventar er et eksempel på visuell styring [Tompkins et al., 2014, s. 128].

3.8 Radio-Frequency Identification

RFID representerer et trådløst identifikasjonssystem som tar sikte på å administrere inventar, mennesker og utstyr [Bendavid et al., 2010]. RFID brukes ved at gjenstander merkes med brikker som lagrer en form for identifikasjon av gjenstanden. Disse brikkene sender ut signaler som kan leses av RFID-lesere, som deretter henter informasjonen fra en database og bruker den etter behov [Weinstein, 2005, s. 27]. Systemet er sammensatt av flere komponenter som brikker, lesere, mellomvaresystem og vertssystem. I sykehussammenheng vil vertssystemet referere til sykehusets informasjonssystem [Bendavid et al., 2010].

RFID-brikkene blir kategorisert basert på tilstedeværelsen av en strømkilde og frekvensen de kommuniserer på. Brikken er enten aktiv og batteridreven, eller passiv og styres av radiosignalet fra leseren [Bendavid et al., 2010]. Videre utdypes teorien rundt aktiv brikke. Aktive brikker sender ut signaler regelmessig under spesifikke betingelser og er utstyrt med batteri. Noen utviklere av denne typen brikke kan benytte seg av sykehuset sitt nettverk. Alternativt benyttes infrarøde signaler, 433 MHz-teknologi eller utralydididentifikasjon [Bendavid et al., 2010].

Dersom man ikke tar i bruk Wi-Fi-styrte RFID-brikker, er alternativene både faste og bærbar enheter. Leserne er utstyrt med innebygde eller eksterne antenner for å kommunisere med brikkene og videreføre dataen til mellomvaresystemet. Det er også en mulighet å opprette mottaksdokker med RFID-portaler, slik at automatiske signaler er mulig å videresende fra for eksempel merkede skap [Bendavid et al., 2010].

Mellomvaresystemet fungerer som et oversettelsesprogram mellom de fysiske komponentene og sykehusets informasjonssystem. Denne delen av et RFID-system sikrer datainnsamling, lagring, filtrering, aggregering og videreformidling til vertssystemet [Bendavid et al., 2010].

For å få full nytte av RFID-teknologien må alt dette integreres med et vertssystem. Et eksempel på dette er SAP som tilbyr *SAP for Healthcare Solutions*. De tilbyr ulike moduler, inkludert logistikkstøttesystemer [Bendavid et al., 2010].

3.9 Kanban to-kasse-system

Kanban ble introdusert gjennom Toyota Production System av Taiichi Ohno for å implementere JIT-produksjon og minimere varer i arbeid ved hjelp av visuelle kanbankort. Dette enkle visuelle verktøyet tillater effektiv og trekkbasert styring av materialflyten [Aguilar-Escobar et al., 2015].

Kanban-systemet er et «visuelt system for å markere behov for påfylling av materialer og forsyninger, sikre påfylling til rett tid og kontrollere lagerbeholdning» [Nicholas, 2018, s. 88]. Ifølge Powell [2018] er kanban-systemet utviklet som et produksjonskontrollsystem for å realisere produksjon med minimalt lager. Kanban-systemet består av bestillingskort kalt *Kanban* og et oppbevaringssystem som inneholder forhåndsbestemte mengder av standardiserte varer. Mengden av de ulike varene er beregnet for å sikre at beholdningen akkurat dekker påfyllingsperioden [Powell, 2018].

To-kasse-systemet, utviklet på 1980-tallet av Scan Modul System og MEDI-MATH, er en metode innenfor *Lean management* som brukes til å effektivisere forsyningskjeden og sikre tilstrekkelig tilgang til materialer på en kostnadseffektiv måte [Landry & Philippe, 2004]. Denne tilnærmingen er basert på prinsippene om JIT-produksjon og kanban-metodikken.

I et to-kasse-system tildeles hver vare to beholdere. Hver beholder er utstyrt med et kanbankort som inneholder informasjon om varen, for eksempel varenavn, nummer, og andre relevante data. Når den første beholderen går tom, blir kanban-kortet overført til et bestillingssystem og fungerer som et signal for å fylle på mer av denne varen [Nicholas, 2018, s. 222]. Deretter blir den tomme beholderen erstattet med en full beholder ved neste levering. Hver beholder er dimensjonert for å inneholde gjennomsnittlig forbruk for én periode, i tillegg til et sikkerhetslager for å håndtere uforutsette variasjoner i etterspørselen [Nicholas, 2018, s. 222].

3.10 Simulering

Simulering involverer å konstruere en modell av et system som skal analyseres. Modellen utforskes ved å endre ulike variabler for å observere systemets respons. Simulering resulterer ikke nødvendigvis i en optimal løsning, men gir en tilnærmet representasjon av virkeligheten. Denne tilnærmede sannheten danner grunnlaget for forståelse, og kunne forutsi systemets atferd. Det er viktig å teste ulike hva-hvis-scenarioer for å velge passende kriterier i modellen. Tilfeldige tallgeneratorer brukes ofte i simuleringer [Tompkins et al., 2014].

Tompkins et al. [2014] hevder at organiseringen av logistikkanlegg i stor grad er avhengig av bruk av simulering. Forfatterene understreker videre at spørsmålet i mindre grad handler om hvorvidt simulering skal benyttes, men heller i hvilken grad og omfang den skal utføres. Simuleringen trenger ikke nødvendigvis å omfatte hele anlegget, den kan også fokusere på spesifikke deler av forsyningskjeden eller produksjonsprosessen. Det kan inkludere enkeltstående produksjonsavdelinger, delavdelinger eller andre logistikkoperasjoner.

3.11 ABC-analyse

ABC-analyse er en metode for å klassifisere og prioritere varer basert på deres relative verdi [Bø et al., 2018]. ABC-analyse baserer seg på Pareto-prinsippet, også kjent som 80/20-regelen, som viser til at en vanlig tendens er at en relativ liten del av varesortimentet utgjør en betydelig del av totalomsetningen Bø et al. [2018]. Varene deles typisk inn i tre grupper; A-varer (høy prioritet), B-varer (middels prioritet), C-varer (lav prioritet), hvor de ulike gruppene håndteres ulikt [Liu & Wu, 2014]. Ifølge Bø et al. [2018] er en slik klassifisering vesentlig for å fokusere på de mest kritiske varene.

Vanligvis utføres ABC-analyse basert på varens pengeverdi multiplisert med varens årlige forbruk [Krajewski et al., 2016, s. 510]. Bialas et al. [2020] argumenterer for at den endimensjonale naturen av en ABC-analyse gjør at den kanskje ikke fanger opp forskjellige aspekter av kritikalitet. I flere tilfeller er det andre egenskaper ved en vare som spiller en vesentlig rolle i å avgjøre hvilken gruppe den skal klassifiseres i [Chen et al., 2008].

Artikler slik som *A comparative study on multicriteria ABC analysis in inventory management*, undersøker flere måter å utføre ABC-analyse med flere kriterier. Andre kriterier som kan tas i betraktning inkluderer eksempelvis holdbarhet, reparasjonsmulighet, kritikalitet og ledetid [Chen et al., 2008].

Kapittel 4: Metode

I følgende kapittel beskrives den metodiske tilnærmingen som ble valgt for å besvare forskningsspørsmålene. Det presenteres ulike tilnærminger for datainnsamling og simuleringsmetoden som anvendes i analysene forklares.

4.1 Valg av forskningsmetode

I denne oppgaven benyttes en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode, ofte referert til som triangulering, eller *mixed methods* på engelsk. Denne tilnærmingen er valgt fordi den tillater en bredere og mer helhetlig forståelse av et problem, som beskrevet av [Almeida, 2018]. Valget av metode er påvirket av at forskningsspørsmålene ikke kan besvares ved å kun bruke en rent kvalitativ eller kvantitativ tilnærming. For å svare på problemstillingene involverer studien observasjon av nåværende lagerstyringspraksis ved St. Olavs hospital, gjennomføring av intervjuer med personalet og kvantitativ analyse bestillingshistorikken, samt effekten av endringer i lagerstyringspraksisen.

4.2 Datainnsamling

For å tilegne innsikt i lagerstyringspraksis og utfordringer ble befaring ved sykehuset gjennomført, hvor observasjon og semi-strukturerte intervjuer ble utført. I tillegg ble det opprettholdt regelmessig kommunikasjon med kontaktpersonen ved St. Olavs gjennom fysiske og digitale møter og korrespondanse via e-post.

4.2.1 Observasjoner

Observasjonene ble utført gjennom tre nøye planlagte befaringer ved avdelingene for akutt operasjon og bevegelse. Under den første befaringen ble to aktive forsynere observert under gjennomføring av sine bestillingsrunder ved avdelingen for akutt operasjon, etterfulgt av observasjon av hvordan leveransene ble pakket ut. Lignende prosesser ble observert under den andre befaringen på avdelingen for bevegelse.

Etter de to første befaringene ble behovet for ytterligere innsikt identifisert. Den tredje og siste befaringen ble derfor benyttet til å samle kvalitativ data. Målinger av lagerområdenes utforming ble utført, og maksimumsnivåer for et utvalg av varer ble notert ned. I tillegg

ble det undersøkt hvor store forpakninger de utvalgte varene kommer i. Den innsamlede dataen ble brukt i den kvantitative analysen.

4.2.2 Semi-strukturerte intervju

Semi-strukturerte intervjuer er et mye brukt verktøy i kvalitativ forskning [Harvey-Jordan & Long, 2001, s. 219]. Det ble gjennomført tre runder med under de to første befaringene. En semi-strukturert intervjumetode benytter en rekke åpne spørsmål basert på temaområder som er ønskelig å dekke, med rom for at nye spørsmål kan utformes underveis som ny informasjon blir kjent [Seaman, 2008]. Denne intervjuformen legger til rette for en dynamisk dialog mellom forskeren og deltakeren, noe som muliggjør en dypere utforskning av deltakerens svar [Galletta, 2013, s. 24]. Det var hensiktsmessig å gjennomføre intervjuene samtidig som bestillings- og utpakkingsprosessene fant sted. Harvey-Jordan & Long [2001] påpeker hvordan semi-strukturerte intervjuer ofte brukes til å forstå menneskers handlinger ut fra deres oppfatninger, erfaringer og holdninger. Ved utføre intervjuene i konteksten av de faktiske prosessene ga det en dypere innsikt i de aktive forsynerenes daglige rutiner og utfordringer. Det tillot også en umiddelbar diskusjon om faktiske hendelser og prosesser mens de utspilte seg.

Det ble utformet en intervjumal i forkant av gjennomførelsen av intervjuene. Spørsmålene ble formulert åpne for å skape rom for at deltakerne kan fortelle om deres erfaringer [Galletta, 2013, s. 47]. Intervjumalen er tilgjengelig i vedlegg A. Seaman [2008] fremhever fordelene ved semi-strukturerte intervjuer som en effektiv metode for å samle sammenlignbare data fra mange respondenter. Disse intervjuene er typisk mye mer interaktive. Dette var grunnen til at spørsmålene ble holdt relativt konstante gjennom prosessen, for å innhente svar basert på ulike perspektiver og personlige synspunkter. Noen spørsmål ble likevel utelatt etter den første intervjuomgangen da de ikke lenger var relevante.

4.3 Monte Carlo-metode

Monte Carlo-metode er en teknikk som anvender tilfeldig utvalg og statistisk modellering for å estimere matematiske funksjoner og simulere driften av komplekse systemer [Harrison, 2010]. Metoden brukes typisk for å forstå virkningen av risiko og usikkerhet i prognosemodeller [mon, 2019]. Ifølge Harrison [2010] finnes det ingen isolert metode for gjennomføring av en Monte Carlo-simulering, men mange simuleringer følger et lignende mønster. I denne oppgaven er Harrison [2010] sitt foreslåtte mønster brukt som referansepunkt for å utføre

simuleringen.

Simuleringen ble utført for å undersøke endringer i lagerkapasitet og hvordan dette påvirker lagernivåene over tid. Monte Carlo-metoden ble utført som en regnearkmodell i Microsoft Excel. Excel har innebygde funksjoner for å generere tilfeldige tall og utføre statistiske beregninger, som er grunnlaget for Monte Carlo-simuleringer [Harrison, 2010].

Først ble modellen definert ved å bestemme hvilke parametere som skulle variere tilfeldig, samt ved å definere sannsynlighetsfordelingen for disse parameterne. Etterspørsel ble valgt som parameter og sannsynlighetsfordelingen som ble brukt, var en normalfordeling. Regnearkfunksjoner ble benyttet for å generere tilfeldige tall som samsvarer med den definerte sannsynlighetsfordelingen. Med utgangspunkt i bestillingshistorikk ble standardavvik og gjennomsnittlig forbruk beregnet som grunnlag for den randomiserte etterspørselen.

Videre ble ROP og maksimal lagerkapasitet beregnet. Bestillinger, lagerposisjon, etterspørsel, antatt leveringsdag og tomgang ble simulert. Tomgang blir registrert når lagerbeholdningen er under eller lik null. I analysen blir tomgang kun regnet som en enkelt hendelse som oppstår, uten å ta hensyn til graden av underskudd i beholdningen. Ved å sammenligne tomgang med totalt antall leveringer av varen, kan modellen beregne en verdi for Cycle Service Level (CSL).

CSL-en forandrer seg for hver simulering, men et snitt av flere simuleringer bør tilnærmet være lik den CSL-en som ble definert i de innledende statistiske beregningene. Modellen kan justeres ved å endre r og Q inntil en tilstrekkelig CSL er oppnådd.

Kapittel 5: St. Olavs hospital

Dette kapitlet presenterer informasjon som ble samlet inn gjennom samtaler med kontaktpersoner på St. Olav, intervjuer med aktive forsynere, samt observasjoner gjort under befaring på sykehuset. Kapitlet begynner med en introduksjon av bedriften, etterfulgt av en detaljert beskrivelse av prosessen fra bestilling til utpakking av varer. Dette inkluderer bestillingsprosessen på avdelingslageret, mottak av ordre og plukk på logistikkcenteret, transport, intern transport på sykehuset og til slutt utpakking. Til slutt identifiseres utfordringer knyttet til disse aktivitetene, og det presenteres kort hvilke tiltak som kan implementeres for å møte disse.

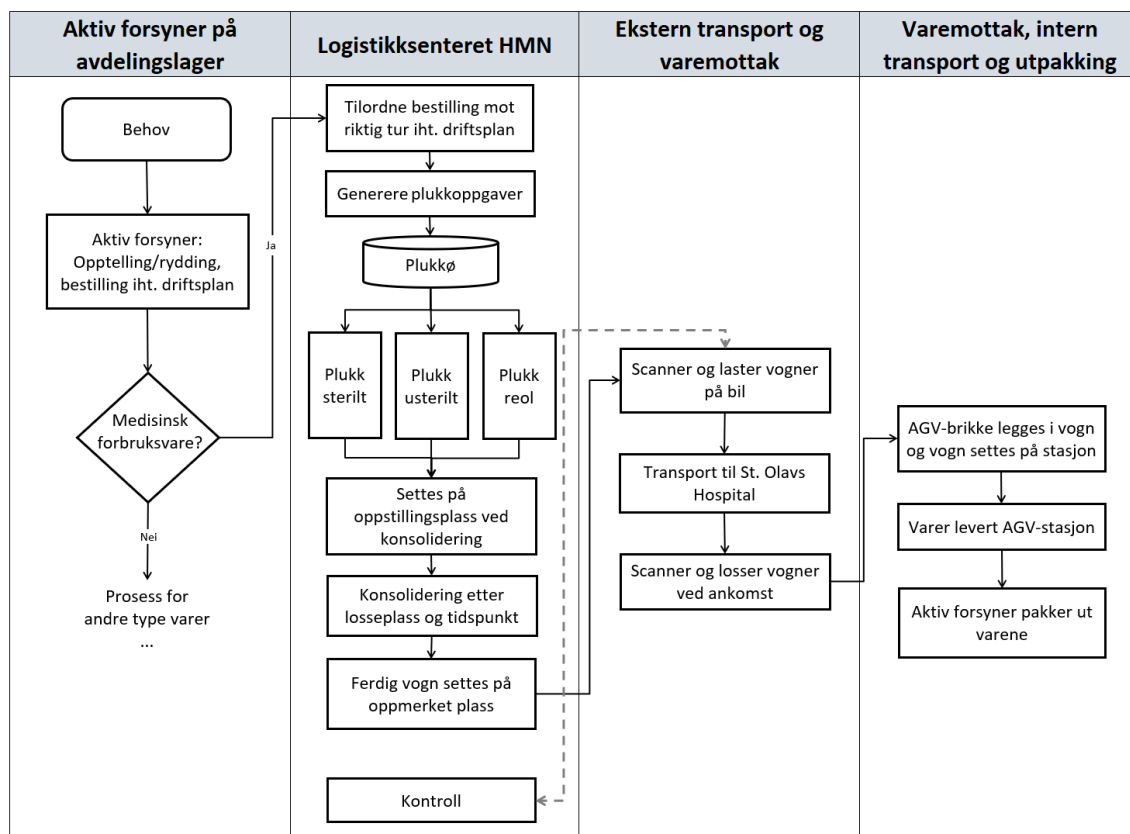
5.1 Om St. Olavs hospital

St. Olavs hospital, Universitetssykehuset i Trondheim, er blant Norges største helseforetak og faller administrativt under ledelse av HMN regionale helseforetak [St. Olavs hospital, u.åc]. Med rundt 1000 tilgjengelige sengeplasser og nøkkeltall fra 2022 som viser 62 100 innleggelser det året, er sykehusets primære mål å tilby god og forsvarlig pasientbehandling [St. Olavs hospital, u.åb]. Videre er forskning en av deres hovedoppgaver, utført gjennom et nært samarbeid med NTNU og andre relevante institusjoner [St. Olavs hospital, u.åa].

Sykehuset huser et bredt spekter av medisinske avdelinger, som inkluderer spesialiserte enheter for kreftbehandling, nevrologi, kardiologi, samt andre viktige medisinske fagområder. Det finnes over 300 avdelinger ved sykehuset. Eksempler på slike avdelinger er avdeling for akutt operasjon og avdeling for bevegelse, som vil bli nærmere undersøkt i denne oppgaven. En avdeling kan for eksempel være inndelt i flere sengetun eller ulike operasjonsstuer.

St. Olavs mottar medisinske forbruksvarer fra et sentralisert forsynings- og logistikkcenter lokalisert på Heimdal. Videre i oppgaven vil forsynings- og logistikkcenteret omtales som logistikkcenteret. Logistikkcenteret ble åpnet og tatt i bruk i november 2022, og det erstattet den tidligere praksisen med egne lagre tilknyttet hvert enkelt helseforetak. Logistikkcenteret eies av HMN, mens det driftes av St. Olavs. Logistikkcenteret leverer forsyninger til alle sykehusene i Midt-Norge og har omtrent 4000 ulike varer fra eksterne leverandører [Helse Midt-Norge, 2022]. I tillegg til å være et hovedlager, fungerer det som et sentralt cross-docking-anlegg, der varene pakkes om og ofte sendes videre samme dag.

Figur 5.1 viser en prosessflyt som dekker flere stadier i logistikkjeden for håndtering av medisinske forbruksvarer, fra behovsidentifisering på avdelingsnivå til utpakking på mot-taksstedet. Prosessen er delt inn i fire hoveddeler: aktiv forsyning på avdelingslager, logistikk-senteret HMN, ekstern transport og varemottak, samt varemottak, intern transport og utpakking. Videre vil hver av disse delene bli beskrevet i detalj.



Figur 5.1: Prosessen i alle ledd fra bestilling til utpakking av medisinske forbruksvarer.

5.2 Bestillingsprosess på avdeling

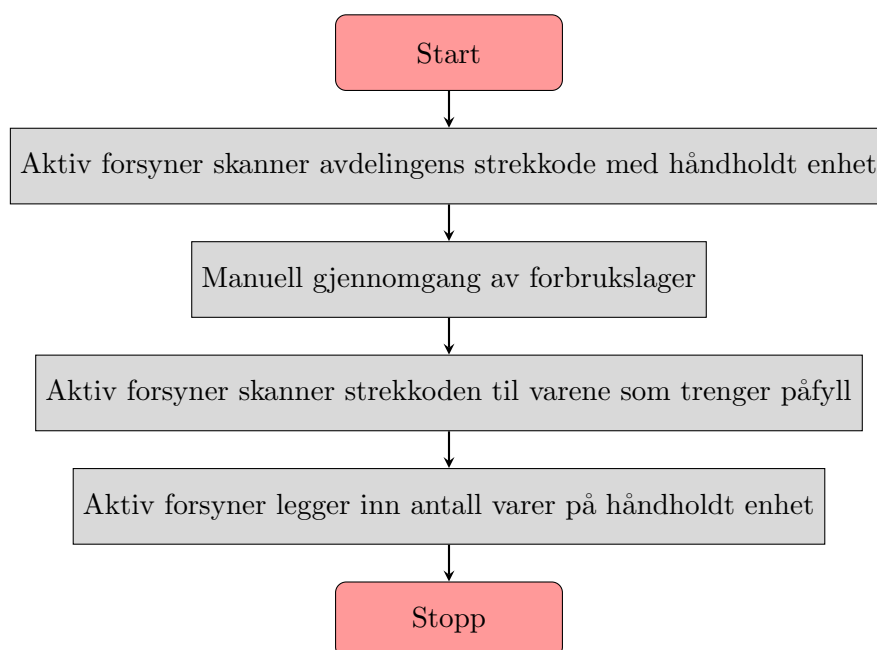
Bestilling av medisinske forbruksvarer til sykehusets avdelinger administreres av de aktive forsynerne. Hver aktiv forsyner har ansvar for spesifikke avdelinger, hvor de håndterer både bestilling og utpakking av medisinske forbruksvarer. Bestillingsprosessen på avdelingene innebærer at en aktiv forsyner gjennomfører regelmessige bestillingsrunder. Frekvensen av disse rundene varierer avhengig av avdelingens behov, hvilket også bestemmer antallet ukentlige leveringer. De aktive forsynerne må forholde seg til noen generelle tidsfrister. Fra mandag til torsdag må bestilling leveres innen klokken 15:00, for å sikre levering på turene som har avgang fra logistikk-senteret klokken 06:00, 08:00 og 10:00 neste dag. Logistikk-senteret opererer med faste daglige turer, som er beskrevet i tabell 5.1.

Tabell 5.1: Oversikt over turer fra logistikkenteret.

Turnnummer	Klokkeslett for avgang	Bestillingsfrist
1	06:00	15:00 dagen før
2	08:00	15:00 dagen før
3	10:00	15:00 dagen før
4	12:00	08:00
5	14:00	08:00
6	16:00	09:00
7	18:00	12:00

Avdeling for bevegelse har to ukentlige leveringer. Ansvarlig aktiv forsyner legger inn ordre på mandager og torsdager. Orderen er klar for utpakking påfølgende dag, på henholdsvis tirsdager og fredager. Avdeling for akutt operasjon mottar varer hver ukedag på grunn av sitt høye forbruk, og det er kritisk at forbruksvarene er tilgjengelig til enhver tid. Varene for akuttavdelingen bestilles, leveres og pakkes ut samme dag.

Den aktive forsyneren benytter en kombinasjon av et *order-up-to*-system og et par-nivå-system. I tillegg til at varen bestilles opp til maks lagerkapasitet når lagerbeholdningen når et visst nivå, er systemet basert på periodiske gjennomganger. Derfor kan systemet mer nøyaktig beskrives som et (R, s, S) -system. Bestillingsprosessen igangsettes ved at en aktiv forsyner skanner en strekkode som registrerer kostnadssted og kundenummer. Det vil si at det automatisk registreres i SAP hvilken avdeling orderen skal belastes til, hvor den skal bli levert og hvilken dag og tidspunkt orderen skal leveres. Videre foretar den aktive forsyneren en manuell gjennomgang av hele forbrukslageret på avdelingen. Manglende varer identifiseres og bestilles ved å skanne tilhørende strekkoder og registrere den nødvendige mengden manuelt på den håndholdte enheten. Denne prosessen er i stor grad basert på erfaring, og ofte bestiller den aktive forsyneren en større mengde enn det som det maksimalt er plass til, som en buffer for det forbruket som skjer frem til leveringen ankommer. Bestillingsprosessen illustreres i figur 5.2.



Figur 5.2: Beskrivelse av bestillingsprosessen.

Håndholdt enhet

De håndholdte enhetene som benyttes på sykehuset, har stort potensiale for forbedring for å effektivisere bestilling og utpakking. På nåværende tidspunkt kan man benytte enheten til å skanne områdekoder og id-koder for hver vare, etterfulgt av registrering av ønsket antall av varen. Det skal også være mulig å få informasjon om hvilken type forpakkingsenhet hver vare kommer i, i tillegg til antall mindre enheter per forpakning. Likevel er ikke denne funksjonaliteten like god for alle varer, noe som gjør det utfordrende for de aktive forsynerne å avgjøre bestillingsmengden.

Nye varer og erstatningsvarer

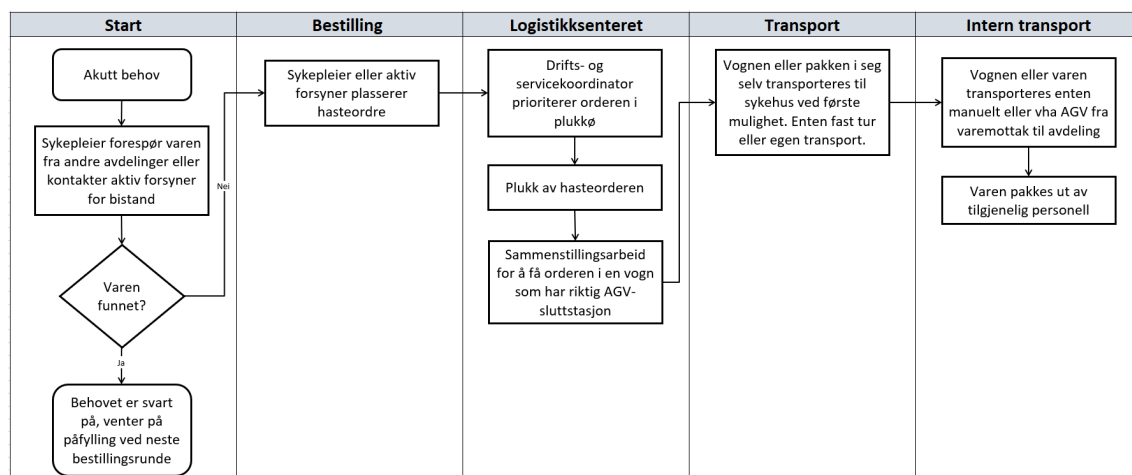
Av og til oppstår det situasjoner der en leverandør slutter å selge et bestemt produkt. I slike tilfeller må innkjøpsavdelingen for medisinske forbruksvarer finne alternative leverandører som produserer tilsvarende produkter. Logistiksenteret har en dedikert enhet som administrerer erstatningsvarer. Det er avgjørende at denne enheten registrerer erstatningsvaren i vertssystemet med samme materialnummer som den tidligere varen fra den opprinnelige leverandøren. Denne prosessen gjelder også når produkter byttes ut av andre årsaker, for eksempel på grunn av prisjusteringer eller sykehusets ønske om bedre kvalitet på varen. Uansett årsak til byttet må den samme prosedyren følges. Dette kan føre til at når en aktiv forsyner legger inn en bestilling basert på et kjent materialnummer, risikerer

de å motta et produkt de ikke gjenkjenner fordi byttet har skjedd uten at det finnes noen måte å kommunisere denne informasjonen på.

Noen ganger oppstår det et behov på avdelingen som krever at en ny type forbruksvare inkluderes i det faste inventaret. Dette betyr at avdelingen ønsker å tilføye en vare som skal ha en fast plass blant de medisinske forbruksvarene i avdelingslageret. I slike tilfeller må aktiv forsyner, i samarbeid med sykepleierne på avdelingen, avgjøre den mest hensiktsmessige plasseringen av varen, basert på faglig relevans og hvilke andre varer den ofte brukes sammen med. Videre er det aktiv forsyner sitt ansvar å sørge for at det blir ryddet plass til den nye varen i avdelingen sitt begrensede lagringsområde.

Hasteordre

Dersom det oppstår et akutt behov for en vare utenfor den vanlige bestillingsperioden, blir det plassert en hasteordre. Hasteordre kan legges inn både av en aktiv forsyner og en sykepleier. Ved hasteordre må det gjennomføres en mer manuell rutine for å få bestilt slik at drifts- og servicekoordinator kan fremskynde plukk. Slike bestillinger oppstår ofte ved uforutsette medisinske behov eller feil i lagerstyringen, og krever rask omfordeling av ressurser på logistikksenteret, noe som kan påvirke den normale arbeidsflyten og øke operasjonelle kostnader. For å minimere ressursbruk og tid brukt på disse hasteordrene, blir det ofte først sendt en forespørsel til andre avdelinger for å sjekke om den nødvendige varen er tilgjengelig et annet sted. Å sende ut denne forespørselen har stor betydning, da det er ressurskrevende og forstyrrer prosessen bare for å plukke, pakke og transportere én enkelt vare eller et lite antall varer. Figur 5.3 viser prosessen for hasteordre fra bestilling til levering.



Figur 5.3: Flytskjema for hasteordre.

Disse bestillingene prioriteres på logistikkcenteret og sendes vanligvis med en samlevogn. Samlevogner sendes utenom de ordinære leveransene, og alle sentrene på sykehuset mottar én samlevogn med varer to ganger daglig. Samlevognene inneholder ofte mindre bestillinger eller varer som ikke er lagerført, og derfor er bestilt fra eksterne leverandører og direkte omlastet via logistikkcenteret. I enkelte tilfeller sendes en hasteordre med en dedikert varevogn. Hasteordre kan også leveres gjennom en manuell prosess, hvor varene sendes individuelt fra logistikkcenteret til varemottaket.

Etterspørsel av varer

Chapman et al. [2017] skriver om hvordan etterspørsel kan påvirkes av eksempelvis årstid eller helligdager. Sesongvariasjoner har en innvirkning på etterspørselen etter varer på sykehuset. For eksempel opplever sykehuset en økning i antall bruddskader om vinteren på grunn av glatte forhold, noe som fører til en høyere etterspørsel etter gips. Denne innsikten er noe både sykepleiere og aktive forsynere har, og det gjør det mulig å forutsi etterspørselen for noen varene bedre. Et annet mønster er økningen i bestillinger før ferieperioder. På grunn av ferieavvikling og færre tilgjengelige aktive forsynere, bestilles det ofte større mengder varer enn vanlig, noe som kan resultere i mer varer enn det er plass til på lageret

5.3 Mottak av ordre og plukk på logistikkcenteret

Fra logistikkcenteret administrerer Drifts- og servicekoordinatoren ordrene fra sykehusene, og tilordner dem til riktig transporttur i samsvar med driftsplanen. Ved mottak av en ordre har en aktiv forsyner allerede skannet strekkoden, som identifiserer kunden som skal belastes for ordren. Strekkoden er knyttet til et kundenummer, og dette kundenummeret har et leveringstidspunkt assosiert med seg, som automatisk registreres i vertssystemet. Basert på denne informasjonen genereres plukkoppgaver som organiseres og plasseres i en plukk-kø. På dette tidspunktet har koordinatoren mulighet til å prioritere ordre, for eksempel ved å flytte en ordre fra avdelingen for akutt operasjon frem i plukk-køen.

Varer oppbevares enten i en lagerautomat, Vertical Lift Module (VLM), som er tilgjengelig i både steril og ikke-steril sone, eller i et manuelt reolsystem. Plukkprosessen utføres manuelt ved hjelp av plukktraller. Varene overføres i vogner, og samlastes hensiktsmessig i forhold til kunde. Når vognene er ferdig lastet og organisert, gjennomgår de en konsolideringsprosess hvor de samles på en oppstillingsplass. Dette trinnet innebærer å organisere

vognene etter planlagt tur. Dette sikrer at leveransen er koordinert med sykehusets driftsplan. Til slutt plasseres de ferdigpakkede vognene på en oppmerket plass basert på planlagt leveringstidspunkt.

5.4 Transport og utpakking

Det er satt opp syv daglige leveranser til St. Olavs hospital på Øya. Forbruksvarer leveres til sykehuset med lastebiltransport og har avgang klokken 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 og 18:00, og er klassifisert som tur 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7, henholdsvis (se tabell 5.1). Vareleveranser ankommer gjennom varemottaket i sykehusets underetasje. For den interne transporten mellom varemottaket og de ulike avdelingene benyttes Automated Guided Vehicles (AGV-er). Disse mobile robotene kan transportere last på opptil 400 kg og håndterer blant annet forbruksvarer, mat, tøy og avfall [Utheim, 2013]. AGV-ene følger et forhåndsprogrammert rutekart og er integrert med sykehusets trådløse nettverk, slik at de kan kommunisere med ladestasjoner, vogner, dører og heiser.

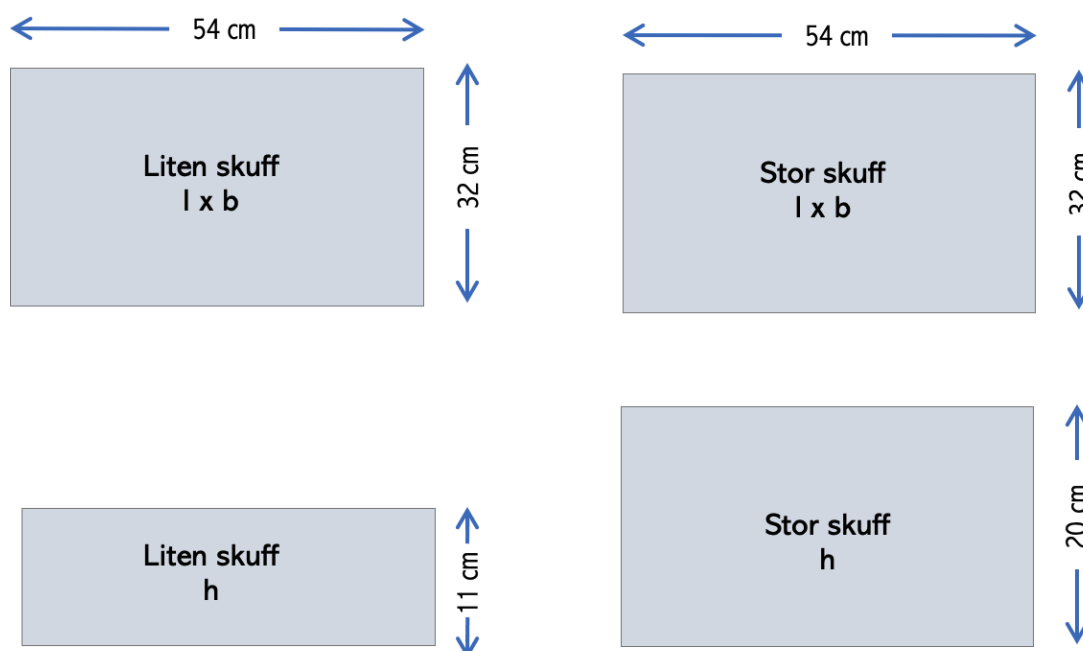
Ved ankomst på varemottaket blir hver vogn losset av transporten og skannet. En forhåndsprogrammert brikke plasseres i hver vogn for å angi hvilken AGV-stasjon vognen skal leveres til. Når AGV-en når sin tiltenkte stasjon, parkerer den vognen på stasjonen og fortsetter til neste oppgave. Sensoren på stasjonen registrerer brikken i vognen og sender automatisk en melding til den ansvarlige forsynerens håndholdte enhet. Dette gjør at de kan overvåke leveransen uten å være til stede fysisk [Fuglestein & Røed, 2022]. Det er viktig at uansett personell som passerer og observerer en vogn på stasjonen, manuelt flytter den til side. Dette er nødvendig for at AGV-ene skal kunne plassere flere vogner på denne stasjonen hvis det er nødvendig.

Den ansvarlige aktive forsyneren har i sin tidsplan hvilke avdelinger med tilhørende AGV-stasjoner som skal betjenes på bestemte tidspunkter. Ved mottak av flere vogner venter de ofte med utpakking til alle er levert. Vognens innhold er vanligvis tilknyttet en bestemt etasje og sjelden sortert etter spesifikke lokasjoner, som for eksempel hvilket tun. Derfor innledes utpakkingen med at den aktive forsyneren tar seg tid til å omorganisere og komprimere vognenes innhold. Dette bidrar til at vogner med returmaterialer som pappesker og plastikk plasseres tilbake på AGV-stasjonen. Som et resultat kan en AGV raskt transportere vognen tilbake til varemottaket. Det er mer effektivt for den aktive forsyneren å håndtere færre vogner, både for påfylling og for å unngå å fylle opp området som primært er beregnet for trafikk av pasienter, sykepleiere og andre helsearbeidere. Varene

kan oppbevares i ordinær emballasje eller pakkes ut til minste enhet, avhengig av lagring og brukervennlighet. Utpakking av sterile varer er mer omfattende og kan enten ankomme i grå bokser med lokk eller plastposer, som er vanskeligere å håndtere. Til utpakkingen brukes traller som steriliseres mellom hver runde.

Avdelingslager og bruksområde

Hver avdeling disponerer lokale lagre for oppbevaring av medisinske forbruksvarer. Lagerstrukturen består hovedsakelig av flere skap med et varierende antall skuffer, i tillegg til lagerrom utstyrt med hyller og ekstra skap med skuffer. De fysiske målene av oppbevaringsplassen ble kartlagt under en befaring på St. Olavs. De benytter stort sett standardiserte skuffer i to ulike størrelser, som illustrert i figur 5.4. Både små og store skuffer har samme lengde og bredde på 32 cm x 54 cm, men varierer i dybde med henholdsvis 11 cm og 20 cm. Det er mulig å sette inn skillevegger i skuffene for å ytterligere skille lagringsplassen.



Figur 5.4: Dimensjonering av skuffer.

Plasseringen av varene bestemmes lokalt på hvert avdelingslager og er avgjort av de ansatte på den enkelte avdelingen. Generelt sett er varene gruppert på en logisk måte i tråd med deres brukssammenheng. Noen avdelinger har lister plassert utenpå skapene for å gi en oversikt over skapenes innhold eller kategorier, for eksempel *sårbehandling* eller *tørrvarer*. Imidlertid mangler det en generell oversikt over den nøyaktige mengden av forbruksvarer

som befinner seg i skapene til enhver tid, samt deres maksimale nivåer. Det er heller ikke tydelig definert hva som er den maksimale lagerbeholdningen i skuffene, da dette ikke er merket på alle skuffene eller kontinuerlig oppdatert. De fleste varer har notert ned maksimalt nivå, men veldig ofte stemmer ikke dette. Informasjon om de faktiske nivåene er kun kjent blant de aktive forsynerne.

5.5 utfordringer

St. Olavs står overfor flere utfordringer i sin lagerstyring, som påvirker både effektiviteten i logistikkjeden. Den nåværende bestillingsprosessen er svært manuell og krever omfattende gjennomgang av lagerbeholdningen for å bestemme nødvendig bestillingsmengde. Dette gjør prosessen tidkrevende og avhengig av individuell erfaring og dømmekraft, uten faste retningslinjer for minimums- eller maksimumsnivåer for lagerbeholdningen. Hasteordre er en annen betydelig utfordring, da de er ressurskrevende og forstyrrer arbeidsflyten. Dette fører til merarbeid og ineffektivitet, og legger ekstra press på de ansatte.

En overordnet utfordring er enkel tilgang på informasjon. Eksempler på dette er manglende standardisering av forpakkingsenheter for bestillinger, noe som gir en kilde til forvirring og ineffektivitet. Det er ofte uklart om en vare skal bestilles i stykk, pakk eller kartong, og hvis det skjer endringer i enhetsstørrelsen uten tydelig markering, kan dette lett føre til feilbestillinger. Utpakkingsprosessen lider også av ineffektivitet på grunn av manglende varslings om erstatningsvarer og en uoversiktlig bruk av pakksedler, noe som gjør prosessen tidkrevende og komplisert. Plassmangel er en annen stor utfordring ved sykehuset. Begrenset lagerkapasitet fører til høy bestillingsfrekvens og ineffektiv bruk av tilgjengelig plass, noe som resulterer i overbestillinger og at varer lagres utenfor deres tildelte områder.

Til slutt fører en kombinasjon av manglende lagerbeholdningskontroll, høy usikkerhet i etterspørsel og begrenset lagerkapasitet til krav om kort leveringstid fra logistikkenteret. Uten nok plass til å oppbevare et passende sikkerhetslager, blir sykehuset avhengig av hyppige og raske leveringer for å sikre at nødvendige medisinske forbruksvarer alltid er tilgjengelige. Dette legger ytterligere press på logistikk- og lagerstyringssystemene ved sykehuset.

Disse utfordringene skaper et behov for tiltak som kan forbedre effektiviteten og påliteligheten av sykehusets logistikkjede, redusere personavhengigheten og optimalisere lagerstyringen. Støttet av gjennomført litteraturstudie og teori, vil det videre bli nevnt tiltak som har

som mål å effektivisere den totale logistikkflyten fra bestilling til utpakking av varer.

5.6 Forslag til tiltak

Endring i lagerallokering

En mulighet for forbedring på avdelingslageret er å prioritere mer lagringsplass til de mest etterspurte varene for å redusere bestillingsfrekvensen og dermed antall leveranser. Dette kan resultere i betydelig tidsbesparelse ved avdelingen, og tilsvarende når det gjelder ved plukking og pakking på logistikkcenteret.

Utvikling av håndholdt enhet

Utvikling av den håndholdte enheten foreslås som et tiltak for å effektivisere logistikkprosessene knyttet til bestilling og utpakking av varer. Dette begrunnes med enhetens evne til å forbedre informasjonsflyten i logistikkjeden. Som tidligere nevnt i *kapittel 3* er informasjonsstrømmen avgjørende for å koble virksomheten sammen [Bø et al., 2018, s. 28]. Ved å utnytte den håndholdte enheten kan informasjonsflyten forbedres nedstrøms i logistikkjeden, noe som bidrar til å redusere manuelle feil i bestillingsprosessen. En forbedret informasjonsstrøm muliggjør også raskere beslutningstaking, noe som er essensielt for å håndtere endringer og optimalisere lagerstyringen.

Innføring av et RFID-styrt to-kasse-system

Som forklart i *kapittel 2*, understreker forskningen utført av Fragapane et al. [2019] viktigheten av effektiv lagerstyring og implementering av RFID-teknologi for å håndtere forbruksvarer i sykehusmiljøer. Denne teknologien er fremhevet som nøkkelen til å vedlikeholde tilstrekkelig lagerbeholdning og redusere risikoen for mangler. Ved å implementere RFID oppnås økt synlighet over lagerbeholdningen og mulighet for sanntidsinformasjon, noe som fører til en mer responsiv logistikkjede og redusert lagerhold. Disse innsiktene støtter vårt forslag om å innføre RFID ved St. Olavs Hospital for å automatisere bestillingsprosessen. Bendavid et al. [2010] sin studie forbedret ytelse ved å kombinere RFID med et to-kasse-system, som vil etablere faste bestillingspunkter og bestillingsmengder for hver vare. Resultatene dokumenterer tidsbesparelser for personalet knyttet til logistikkarbeid, samt reduksjon av tid brukt på håndtering av overskuddslager og defekte varer.

Kapittel 6: Analyse og resultat

I dette kapittelet beskrives detaljerte analyser av to avdelinger ved St. Olavs Hospital: avdeling for bevegelse og avdeling for akutt operasjon. Først presenteres metodene som ble benyttet, deretter følger resultatene fra disse analysene og en diskusjon av funnene. Resultatene fra ABC-analysen, som hjelper til med å identifisere kritiske lagerartikler, blir fremstilt først. Deretter presenteres funnene og resultatene fra analysen av den nåværende lagerstyringen på disse avdelingene, for å gi innsikt i eksisterende utfordringer og muligheter for forbedringer. Til slutt fremlegges fremgangsmåten for simuleringen, resultatene fra den og en diskusjon av hva resultatene betyr.

6.1 Datagrunnlag

Bestillingshistorikken ble mottatt fra St. Olavs Hospital og besto av historiske bestillinger fra de to avdelingene. Tilgang til rådataene ble gitt i form av et Excel-ark, som inneholdt detaljer om alle bestillinger registrert fra 4. juli 2023 til 15. februar 2024. Datagrunnlaget omfattet informasjon om varenes unike materialnummer, leveringsdato, forpakkingsenhet og bestillingsmengde. Denne informasjonen ga innsikt i forbruks- og bestillingsmønstre ved de aktuelle avdelingene, og dannet grunnlaget for analyse av lagerstyringen ved sykehuset.

6.2 ABC-analyse

ABC-metoden ble anvendt for å analysere de mest betydningsfulle varene for de aktuelle avdelingene. Hensikten med analysen var å identifisere hvilke varer som er mest og minst kritiske for sykehusets logistikk. Spesielt ble en selektiv gruppe A- og C-varer undersøkt for å vurdere hvordan endringer i deres allokerte lagerplass, bestillingsmengde og bestillingsfrekvens ville påvirke sykehusets logistikk. Dette gir verdifull innsikt i hvordan lagerplassen bør prioriteres effektivt, ved å allokere mer plass til de mest kritiske varene.

Varene ble klassifisert etter bestillingsfrekvens. Dette valget ble gjort under antagelsen om at alle varer er like viktige, uavhengig av bruksområde. Beslutningen om å ikke klassifisere varer basert på bestillingsmengde skyldtes mangel på konsistens i forpakkingsenhetene, for eksempel stykker, pakker, kartonger, ruller eller bokser, samt utfordringen med manglende informasjon, som antall stykker per pakke for alle varer. Dette kan føre til feilklassifisering

og vanskeligheter med å forstå den faktiske bestillingsmengden. Videre ble kostnadsverdien av varene ekskludert som et kriterium, da prisen ikke reflekterer deres kritikalitet for pasientbehov eller for logistikkavdelingen. Valget av kriterium understreker at alle varene betraktes som like viktige å levere, uavhengig av type vare. Enten det er en nålspiss eller en penn som skal leveres, anses det som en vare som må leveres til rett tid og i rett mengde.

Med utgangspunkt i en tilnærming til Pareto-prinsippet, ble klassifiseringen av forbruksvarer for avdeling for bevegelse gjennomført etter følgende kriterier:

- A-varer: Hyppig bestilt - frekvens på 17 eller høyere
- B-varer: Moderat bestilt - frekvens på mellom 5 og 16
- C-varer: Sjelden bestilt - frekvens på 4 eller lavere

Basert på begrunnelsen for ABC-klassifiseringen ovenfor, er medisinske forbruksvarer på avdeling for bevegelse kategorisert i A-, B- og C-varer. Fordelingen er vist i tabell 6.1. Antall ulike varer viser antallet unike varer i hver kategori, og andel av totalt antall varer (%) viser andelen av det totale antallet varer som hver kategori representerer. Antall ganger bestilt viser antall ganger materialnumrene i hver kategori er bestilt i løpet av perioden, uten hensyn til bestillingsmengde. Andel av totalt ganger bestilt (%) viser andelen hver av kategoriene representerer.

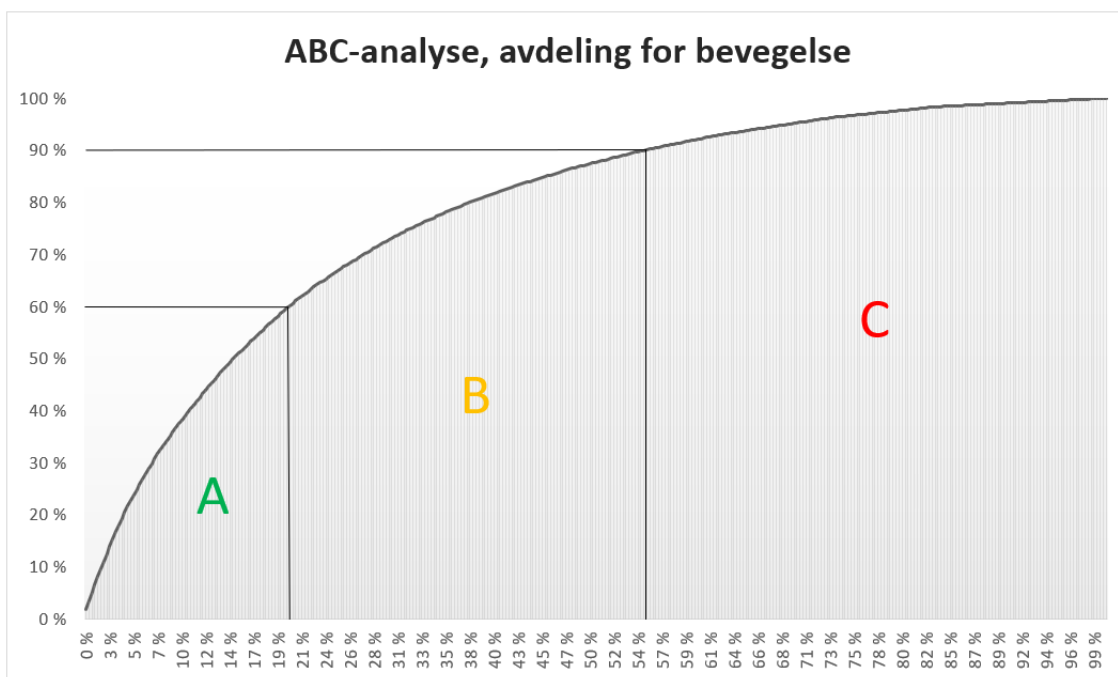
Tabell 6.1: ABC-analyse av medisinske forbruksvarer ved avdeling for bevegelse.

Beskrivelse	Kategori A	Kategori B	Kategori C	Totalt
Antall ulike varer	68	117	156	341
Andel av totalt antall varer (%)	19.94 %	34.31 %	45.75 %	100 %
Antall ganger bestilt	2019	1019	346	3384
Andel av totalt ganger bestilt (%)	59.66 %	30.11 %	10.22 %	100 %

I den første gruppen observeres A-varer som er få i antall, men står for en betydelig del av den totale bestillingsfrekvensen. I denne analysen representerer 59,66 prosent av bestillingsfrekvensen kun 19,94 prosent av det totale antalle medisinske forbruksvarene ved avdeling for bevegelse. I den andre gruppen varer, B-varer, observeres produkter med middels verdi som utgjør 30,11 prosent av bestillingsfrekvensen og varene 34,31 prosent av det totale lageret. Den tredje gruppen, klasse C, omfatter produkter med den laveste

forbruksverdien, som er 10,22 prosent, og disse produktene utgjør 45,75 prosent av det totale lageret. Disse varene anses for å være mindre viktige for sykehusets logistikk.

Klassifiseringen av de medisinske forbruksvarene ved avdeling for bevegelse er fremstilt i Pareto-diagrammet vist i figur 6.1. Pareto-diagrammet viser fordelingen av varene basert på bestillingsfrekvens. X-aksen (horisontal akse) viser prosentandelen av varene, rangert etter bestillingsfrekvens fra høyeste til laveste, mens Y-aksen (vertikal akse) viser den kumulative prosentandelen av bestillingsfrekvensen.



Figur 6.1: ABC-analyse av varer basert på bestillingsfrekvens ved avdeling for bevegelse.

Ettersom avdelingen for akutt operasjon mottar flere leveringer i løpet av en uke sammenlignet med avdeling for bevegelse, er det hensiktsmessig å justere kriteriene for bestillingsfrekvensen. For å oppnå en tilsvarende inndeling som for avdeling for bevegelse, ble klassifiseringen av varer for akuttavdelingen utført ved å anvende følgende kriterier:

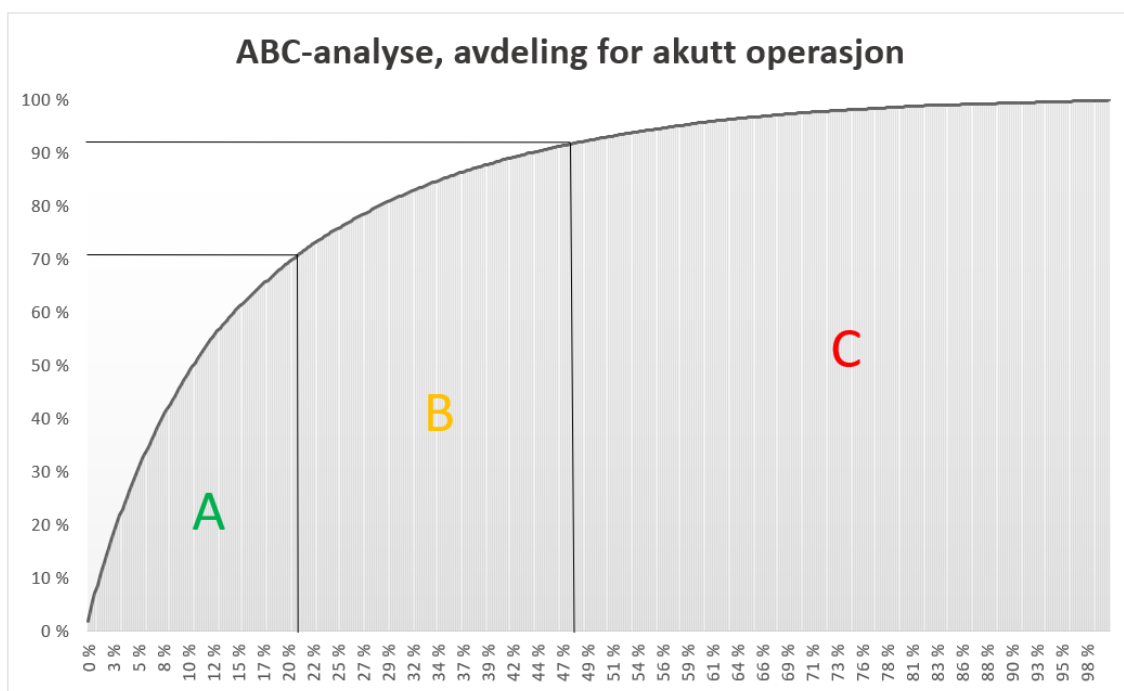
- A-varer: Hyppig bestilt - frekvens på 27 eller høyere
- B-varer: Moderat bestilt - frekvens på mellom 7 og 26
- C-varer: Sjelden bestilt - frekvens på 6 eller lavere

Klassifiseringen av medisinske forbruksvarer ved avdeling for akutt operasjon er vist i tabell 6.2.

Tabell 6.2: ABC-analyse av medisinske forbruksvarer ved avdeling for akutt operasjon.

Beskrivelse	Kategori A	Kategori B	Kategori C	Totalt
Antall ulike varer	93	129	229	451
Andel av totalt antall varer (%)	20,62 %	28,60 %	50,78 %	100 %
Antall ganger bestilt	5646	1739	600	7985
Andel av totalt ganger bestilt (%)	70,71 %	21,78 %	7,51 %	100 %

Figur 6.2, viser resultatene av ABC-analysen på avdeling for akutt operasjon hvor 20,62 prosent av varene står for 70,71 prosent av bestillingsmengden, 28,60 prosent av varene står for 21,78 prosent av bestillingsmengden, og 50,78 prosent av varene står for mindre enn 7,51 prosent av bestillingsmengden.



Figur 6.2: ABC-analyse av varer basert på bestillingsfrekvens ved avdeling for akutt operasjon.

Dataen viser at de mest bestilte varene på avdeling for bevegelse blir bestilt mellom 17 og 59 ganger i løpet av en periode på 32 uker. Dette tilsvarer en bestillingsfrekvens fra omtrent annenhver uke til i underkant av to ganger i uken. På akuttavdelingen blir A-varene bestilt mellom 27 og 153 ganger. Dette betyr at de mest bestilte varene på avdeling for akutt operasjon blir bestilt omtrent fem ganger i uken, mens de mindre bestilte A-varene blir

bestilt nesten ukentlig.

Tabell 6.3 viser bestillingsfrekvenser for de ti første A-varene ved avdeling for bevegelse. Over den definerte perioden har denne avdelingen hatt 85 leveringer. Ut fra dette har frekvensandelen for den enkelte vare blitt regnet ut. Fra tabellen kommer det frem at de mest bestilte varene utgjør en betydelig andel av de totale bestillingene. Varen med materialnummer 4003841 står for eksempel for 69,41 prosent av det totale antallet leveringer. Dette tilsvarer omtrent to leveringer i uken, og indikerer at en aktiv forsyner legger inn en bestilling for varen omtrent ved hver bestillingsrunde på denne avdelingen. Tabell 6.4 viser en tilsvarende oversikt for avdeling for akutt operasjon. Denne avdelingen har mottatt varer 178 ganger totalt over perioden.

Tabell 6.3: Prosentandel i forhold til totalt antall bestillinger, avdeling for bevegelse.

Rangering	Materialnummer	Frekvens	Frekvensandel
1	4003841	59	69,41 %
2	4010634	57	67,06 %
3	4003521	54	63,53 %
4	4000282	53	62,35 %
5	4007733	52	61,18 %
6	4009142	52	61,18 %
7	4009150	50	58,82 %
8	4003843	48	56,47 %
9	4008657	48	56,47 %
10	4006687	47	55,29 %

Tilsvarende oversikt er lagd for akuttavdelingen og er fremstilt i tabell 6.4. Her er frekvensandelen for de utvalgte A-varene høyere enn ved avdeling for bevegelse. Eksempelvis er varen med materialnummer 4051628 bestilt 153 ganger. Med 163 mulige leveringsdager i den gitte perioden med data tilsvarer dette at en aktiv forsyner har lagt inn en bestilling for varen ved hver bestillingsrunde med unntak av 10 dager.

Tabell 6.4: Prosentandel i forhold til totalt antall bestillinger, avdeling for akutt operasjon.

Rangering	Materialnummer	Frekvens	Frekvensandel
1	4051628	153	85,96 %
2	4008685	145	81,46 %
3	4007628	142	79,78 %
4	4000989	126	70,79 %
5	4007652	123	69,10 %
6	4006728	122	68,54 %
7	4006767	116	65,17 %
8	4001054	109	61,24 %
9	4063704	108	60,67 %
10	4006743	105	58,99 %

6.3 Dagens situasjon

6.3.1 Antall hasteordre

Ved analyse av rådataen blir hasteordre definert som en ordre med tre eller færre materialnummer. I tabell 6.5 presenteres antallet hasteordre for begge avdelinger i løpet av den gjeldende tidsperioden. Resultatene fra avdeling for bevegelse indikerer at hasteordrer utgjorde 17,6 prosent av det totale antallet innkjøpsordrer, og ved avdeling for akutt operasjon utgjorde hasteordrer 5,6 prosent. Til tross for flere leveringer på avdeling for akutt operasjon, er det færre hasteordrer på denne avdelingen enn på bevegelsesavdelingen. Dette kan skyldes forskjell i antall ukentlige leveringer. Som nevnt mottar akuttavdelingen varer fem ganger i uken, mens avdeling for bevegelse har leveringer to ganger i uken. Avdeling for bevegelse har hatt flere hendelser med hastelevering i perioden med data, enn det avdeling for akutt operasjon har. Det er viktig å merke seg at disse resultatene ikke nødvendigvis er representative for hele sykehuset, da andre avdelinger kan ha en høyere andel hasteordrer.

Tabell 6.5: Hasteordre for avdeling for bevegelse og akutt operasjon.

Avdeling	Antall bestillinger	Antall hasteordre	Andel
Avdeling for bevegelse	85	15	17,6 %
Avdeling akutt operasjon	178	10	5,6 %

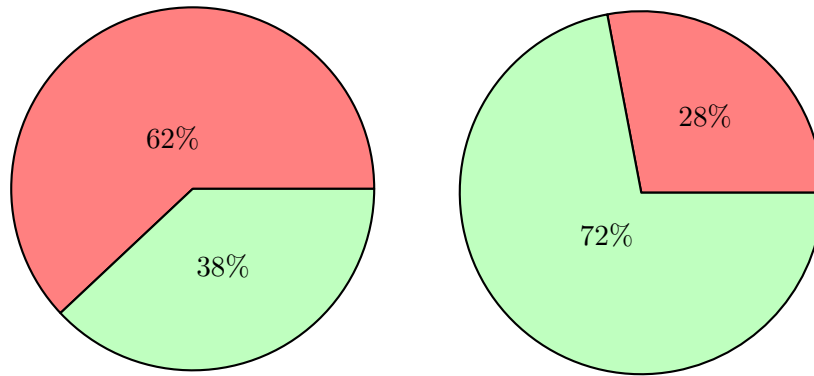
6.3.2 Antall unike materialnumre

I løpet av perioden med data er det flere varer som kun bestilles én gang. Dette kan indikere et lavt behov for disse varene, eller at bestillingsenhetene er så store at de dekker behovet for en lengre periode. Til tross for dette er det nødvendig å ha disse varene på lager for å dekke eventuelle uforutsette behov. I tabell 6.6 er antall unike materialnummer fremstilt for begge avdelinger.

Tabell 6.6: Antall unike materialnummer for avdeling for bevegelse og akutt operasjon.

Avdeling	Antall unike materialnummer
Avdeling for bevegelse	57
Avdeling akutt operasjon	83

Mengden innkjøpsordre med ett eller flere materialnummer som bestilles kun én gang utgjør en stor andel av de totale innkjøpsordrene. Dette er illustrert i figur 6.3. På avdeling for bevegelse inneholder 53 av totalt 85 innkjøpsordre ett eller flere materialnummer som kun er bestilt én gang. På avdeling for akutt operasjon gjelder dette for 50 av totalt 178 innkjøpsordre. Forekomsten av unike materialnummer i dataene indikerer at disse varene kun har blitt bestilt én gang i løpet av en periode på 226 dager. Dette reflekterer et mønster i etterspørselen som i hovedsak er uforutsigbart.



(a) Avdeling for bevegelse

(b) Avdeling for akutt operasjon

■ Andel innkjøpsordre med ett eller flere unike materialnummer

■ Andel innkjøpsordre hvor alle materialnummer har blitt bestilt en eller flere ganger før

Figur 6.3: Visuell fremstilling av andel innkjøpsordre med unike materialnummer.

Den usikre etterspørselen understreker utfordringer knyttet til å etablere optimale kriterier for effektiv og robust forsyning av medisinske forbruksvarer. Til tross for forsøk på å implementere analysebaserte kriterier, vil en del av etterspørselen ofte være utfordrende å forutse.

6.3.3 AS IS-modell

Videre ble det utviklet en modell for å gi noen nøkkeltall på hvor effektiv lagerstyringen er i dag. De ti mest bestilte varene ble anvendt. Modellen benyttet informasjon om leveringsdato, antall enheter bestilt, om ordren er forsinket og derav om det manko på varer. Ut fra dette ble det satt en forventet lagerstatus på starten av dagen og lagerstatus på slutten av dagen. Videre ble antall hendelser av tomgang telt, samt totalt antall leveringer per vare. Dersom det er tomt eller manko på lager på slutten av dagen blir dette beregnet som en tomgang. Dette kan igjen gi oss et tall på CSL for den A-varen. I stedet for at CSL er regnet ut fra antall hasteordre, tar den heller utgangspunkt i de gangene det går tomt på lager og man står i fare for å måtte plassere en hasteordre. Startlager antas å være lik maks lagerkapasitet.

Tabell 6.7: Resultater fra As-Is-modellen for de ti mest bestilte varene på avdeling for bevegelse.

Materialnummer	Antall leveringer	Antall forsinkede leveringer	Tomgang	CSL%
4003841	59	7	24	59 %
4010634	57	10	0	100 %
4003521	54	9	2	96 %
4000282	53	11	0	100 %
4007733	52	0	4	92 %
4009142	52	12	26	49 %
4009150	50	8	23	54 %
4003843	48	8	3	94 %
4008657	48	4	2	96 %
4006687	47	9	48	-2 %

Tabell 6.8: Resultater fra As-Is-modellen for de ti mest bestilte varene på avdeling for akutt operasjon.

Materialnummer	Antall leveringer	Antall forsinkede leveringer	Tomgang	CSL%
4051628	153	1	0	100 %
4008685	145	76	31	78 %
4007628	142	4	3	98 %
4000989	126	9	8	94 %
4007652	123	1	0	100 %
4006728	122	1	0	100 %
4006767	116	6	0	100 %
4001054	109	7	0	100 %
4063704	108	3	0	100 %
4006743	105	2	0	100 %

Avdelingen for akutt operasjon har et betydelig høyere antall leveringer per vare over den gitte tidsperioden sammenlignet med bevegelsesavdelingen. Imidlertid er det en del forsinkede leveringer på begge avdelingene. Sett i forhold til det totale antallet leveringer, er forsinkelser sjeldnere på avdeling for akutt operasjon enn på avdeling for bevegelse. Dette

er nødvendig med tanke på at akuttavdelingen har en mer kritisk funksjon og er avhengig av punktlig levering. Det er imidlertid vanskelig å trekke konklusjoner om forsinkede leveringer, da dette i stor grad er knyttet til logistiksenteret og deres leverandører.

Forsinkede leveringer påvirker likevel avdelingen ved å øke tiden det tar å motta varer, skape uforutsigbare beholdninger og øke risikoen for tomgang. Selv om tomgang ikke direkte skyldes forsinkede leveringer, da de hovedsakelig styres av lagerkapasitet og bestillingsfrekvens, kan de påvirkes over lengre perioder med forsinkelser. CSL blir derimot direkte påvirket av tomgang og representerer prosenten av servicegrad ut fra den lagerkapasiteten som er satt og forbruket som skjer underveis. Tabellen viser at akuttavdelingen har betydelig færre hendelser av tomgang enn bevegelsesavdelingen, noe som resulterer i en høyere CSL per vare. Dette er logisk med tanke på avdelingens kritikalitet og forskjellen i bestillingsfrekvens.

For varen med materialnummer 4006687 er CSL-prosenten i tabellen lite representative. Ofte bestilles det mer enn det er plass til på lager, noe som fører til at forbruket fremstilles som høyere enn tilgjengelige varer. Dette skyldes at modellen tar utgangspunkt i den satte lagerkapasiteten på sykehuset som startlager, uten å ta hensyn eventuelle ekstra beholdninger andre steder. Flere avdelinger velger å bestille store mengder varer før ferier og helligdager for å møte etterspørselen i ferien, da de aktive forsynerne ikke er i arbeid. Dette resulterer i overflødige varelager og behov for alternativ lagring, noe som gir misvisende data om ukentlig etterspørsel.

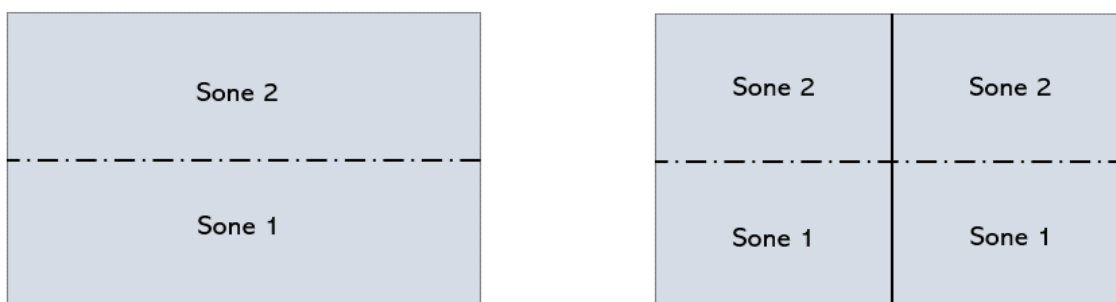
6.4 To-kasse som lagerstyringssystem

I dette kapitlet beskrives hvordan utføringen av et RFID-styrt lagersystem skal foregå. I tillegg presenteres resultatene av den gjennomførte simuleringen og drøfting rundt implementering av et slikt system.

6.4.1 Fysisk utforming av to-kasse-systemet

Innføringen av et kanban to-kasse-system innebærer å tildele hver vare to soner, der hver sone inneholder tilstrekkelig mengde av varen for å dekke behovet mens den andre blir fylt opp. I figur 6.4 fremstår to mulige inndelinger av skuffer. På det venstre bildet er skuffen delt vertikalt i to like deler, merket *Sone 1* og *Sone 2*. Bildet til høyre viser en inndeling i fire like deler til to forskjellige varer. Disse designalternativene illustrerer

fleksible løsninger for å tilpasse skuffeinndeling etter behov for enklere tilgang og bedre organisering. Videre kan skuffene deles ytterligere i seks, åtte og så videre, avhengig av den enkelte vares plassbehov.

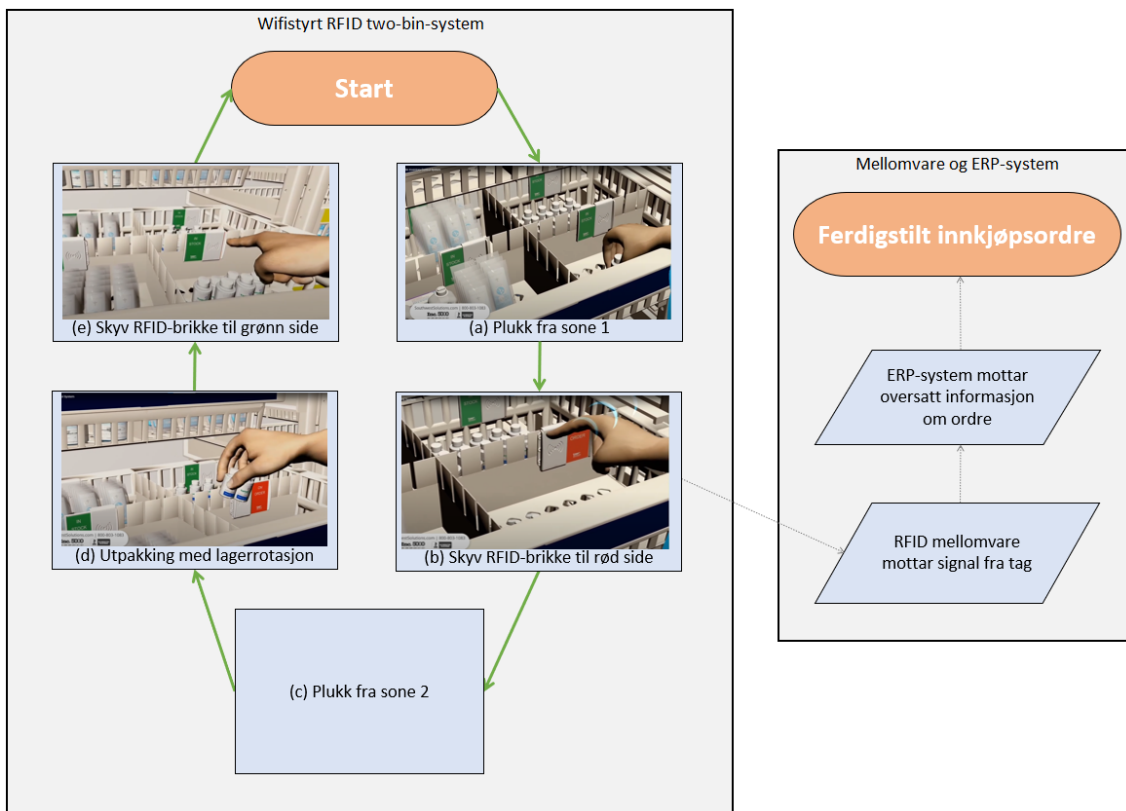


Figur 6.4: Forslag for inndeling av skuffer.

RFID-brikker som plasseres på hver sone tillater nøyaktig sporing av lagerbeholdningen i sanntid. Selv om det ikke alltid er mulig å vite eksakt hvor mye som er igjen av hver vare, vil systemet registrere hver gang en sone går tom. Dette gir en presis oversikt over faktisk vareforbruk over tid, noe som gjør det mulig for sykehuset å forutsi bestillingsbehovet mer nøyaktig og justere lagerbeholdningen for å unngå både overskudd og underskudd.

I figur 6.5 vises det Wi-Fi-styrte RFID to-kasse-systemet. Denne løsningen består av følgende komponenter:

- Brikker med skyvefunksjon
- Skillevegger til skuff
- En mellomvare som analyserer data og som leverer samlet ordre til satte tidintervaller



Figur 6.5: Beskrivelse av prosessflyten for et Wi-Fi-styrt RFID to-kasse-system. Bildene i figuren er utklipp fra en video og hentet fra [SpaceSavingStorage, 2020].

Ifølge Bendavid et al. [2010] kan en RFID-brikke styres av Wi-Fi til stede på sykehuset og samtidig være batteridrevet, noe som er aktuelt for løsningen på avdelingslagrene. En liknende løsning er gjort av Southwest Solutions Group [2024]. Designet inkluderer at RFID-brikkene monteres på sonene i skuffene. Tompkins et al. [2014] fremhever bruken av farger som et effektivt visuelt hjelpemiddel. Derfor kan det være fordelaktig å implementere RFID-brikker i rød farge for å signalisere tomme soner, mens grønn farge indikerer det motsatte.

Prosesen starter med at sykepleierne forsyner seg av varene som befinner seg på sone 1, som er den fremste av de to lokasjonene som inneholder samme vare (a). Den ansatte som tar den siste enheten i plukkelokasjonen har ansvaret for å skyve brikken fra grønn til rød side (b). Med en gang en brikke skyves til rød side sendes et signal til mellomvaren. Mellomvaren tolker signalet og omgjør data til informasjon om hvilken kunde ordren skal belastes, kundenummer, hvilken leveringsadresse ordren har og antall som skal bestilles, Q . Videre sendes en samlet ordre av alle manglende varer til vertssystemet, dette skjer innen fristen for at det skal treffe tidspunktene avdelingen har leveringer. Samtidig som

avdelingen nå venter på påfyll, forsyner sykepleierne seg av varene i sone 2 (c). Til slutt foregår en utpakking hvor aktiv forsyner overfører varene i sone 2 til sone 1, og fyller sone 2 med varene som kom på leveransen, for å sikre lagerrotasjon. Til slutt er det viktig at aktiv forsyner skyver RFID-brikken tilbake til grønn side for å signalisere at sone 1 er påfyllt.

Etter å ha illustrert den fysiske utformingen til to-kasse-systemet, introduseres en simuleringsmodell i det neste kapittelet. Denne modellen vil tjene som grunnlag for å fastsette lagerstørrelse og ROP for varene.

6.4.2 Simuleringsmodell, (R, r, Q) -system

Analysen tar for seg en simulering av bestillingssystemet til de ti mest betydningsfulle A-varene ved de to avdelingene. Simuleringen tar hensyn til bestillings- og leveringsdager og inkluderer beregninger av gjennomsnittlig etterspørsel, standardavvik, ledetid, etterspørsel og standardavvik under ledetid, bestillingsmengde (Q), ROP (r) og sikkerhetslager (SS). Målet er å identifisere det mest lønnsomme bestillingssystemet ved bruk av et RFID-styrt to-kasse-system for begge avdelinger. Simuleringen er utført ved bruk av regneark i Excel med formål å bestemme den optimale lagerkapasiteten for de ti mest etterspurte varene for begge avdelingene.

Simuleringen er bygd opp som et (r, Q) -system, hvor r bestemmer når en bestilling skal plasseres basert på lagerbeholdningen, mens Q definerer mengden som skal bestilles. Ved bruk av et kanban to-kasse-system vil r og Q være like store. Dette skyldes at r beregnes ut fra forbruket av en hel sone, og Q enheter blir bestilt for å fylle opp sonen igjen. Dermed kan r i teorien anses som null, men i praksis gjenstår fortsatt en tilsvarende reservesone (sone 2) med Q enheter. På en annen side kan systemet bli sett på som et (s, S) -system, der en bestilling alltid utføres for å fylle opp til maks lagerkapasitet S når s er lik null for sone 1. Imidlertid er det ingen forhåndsbestemt bestillingsmengde i dette tilfellet. Både (r, Q) -systemet og (s, S) -systemet benytter en kontinuerlig gjennomgangsprosess, mens på sykehuset blir en periodisk leveringsprosess opprettholdt. Med andre ord utføres gjennomgangen kontinuerlig i praksis på grunn av automatiske RFID-sensorer, men selve bestillingen blir ikke sendt før den planlagte datoen. Det foreslåtte bestillingssystemet for et kanban to-kasse-system kan derfor beskrives som et kombinasjonssystem (R, r, Q) . På alle leveringsdager ved tidspunktet R , vil sonen bli fylt opp med Q enheter dersom r er null for sone 1.

Forklaring av statistiske beregninger

Simuleringsmodellen ble utviklet på grunnlag av statistiske beregninger utført med historiske data fra St. Olavs hospital. Standardavvik og gjennomsnittlig etterspørsel ble beregnet ut fra bestillingene for hver avdeling, under antagelsen om at bestillingene gjenspeiler forbruket. For å beregne gjennomsnittlig etterspørsel (μ_D) og standardavvik (σ_D) ble Excel sine innebygde funksjoner benyttet. Disse bygger på følgende formler:

$$\mu_D = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$$

Videre ble disse beregningene brukt til å finne gjennomsnittlig etterspørsel og standardavvik under ledetid med disse formlene:

$$\mu_L = \mu_D \times L$$

$$\sigma_L = \sigma_D \times \sqrt{L}$$

Inkludert i de statistiske beregningene ble det også satt en foretrukket CSL til 90 prosent for begge avdelingene, noe som igjen førte til en Z-verdi på omtrent 1,28. Denne ble regnet ut ved hjelp av Excel sin innebygde funksjon for inversen til den kumulative fordelingsfunksjonen av en normalfordeling, som tilsvarende verdiene i en normalfordelingstabell. Videre ble denne brukt til å bestemme det nødvendige sikkerhetslageret for hver vare. Sikkerhetslager ble beregnet som et produkt av standardavvik under ledetid og Z-verdi på følgende måte:

$$SS = \sigma_L \times Z$$

Til slutt ble det optimale reordrepunktet beregnet som summen av sikkerhetslager og etterspørsel under ledetid:

$$ROP = SS + \mu_L$$

Forutsetninger

Basert på de statistiske beregningene, viser det seg at standardavviket for etterspørselen på de ti varene ved avdeling for bevegelse er betydelig høyere enn det gjennomsnittlige forbruket av disse varene. Dette skyldes stor variasjon i etterspørsel og få leveringer i uken, noe som resulterer i at ordrestørrelsen kan endre seg betydelig fra bestilling til

bestilling. Variasjonen i simuleringen baseres på en normalfordeling, da den skal produsere prognoser for en lang periode fremover, samtidig som den har en fastsatt ordrestørrelse. På avdelingen for akutt operasjon viser beregningene at standardavviket er betydelig lavere, og etterspørselen er mer normalfordelt. Dette kommer av hyppigere forbruk av disse ti varene, i tillegg til flere leveringer til avdelingen i uken.

Med tanke på at simuleringsmodellen skal gi utgangspunkt for et to-kasse-system basert på et (r, Q) -system, er det en forutsetning at ROP (r) og bestillingsmengden (Q) har lik verdi. Det skal være lik mengde varer i de to sonene, og ROP vil være når sone 1 er tom. Da vil det bli bestilt samme mengde som var i sonen fra starten av, og dette fører til at r er lik Q .

Simuleringsmodellen baserer seg på kontinuerlig oppdaterte, tilfeldige tall. Dette betyr at resultatet også kontinuerlig varierer, og ikke utgjør en absolutt fasit, men er likevel veiledende. Med utgangspunkt i antagelsen om at et gjennomsnitt av flere simuleringer vil tilnærme seg en passende CSL, presenteres resultatene.

For å ta hensyn til de forskjellige forpakkingsenhetene varene kommer i fra logistikkseteret, er noen av modellene justert til å passe med det optimale antallet av forpakningen for hver vare.

Ledetiden ble beregnet som et gjennomsnitt av de individuelle ledetidene for de ulike ukedagene, som vist i tabell 6.9. På avdeling for bevegelse, hvor leveringene kun skjer to ganger i uken, resulterer dette i en gjennomsnittlig ledetid på 2,286 dager. Siden varene bestilles på mandag og torsdag med en leveringstid på én dag, er ledetiden for disse dagene lik 1. For bestillinger på tirsdag, onsdag, fredag, lørdag eller søndag må man vente til neste leveringsdag, som er tirsdag eller fredag. Ledetiden for disse dagene er henholdsvis tre, to, fire, tre og to. På avdelingen for akutt operasjon, med levering fem dager i uken, er den gjennomsnittlige ledetiden lik 1,429 dager. Her er ledetiden for søndag til og med torsdag satt til én dag, mens ledetiden for fredag og lørdag er henholdsvis tre og to dager.

Tabell 6.9: Gjennomsnittlig ledetid fra bestilling til levering etter ukedag og avdeling.

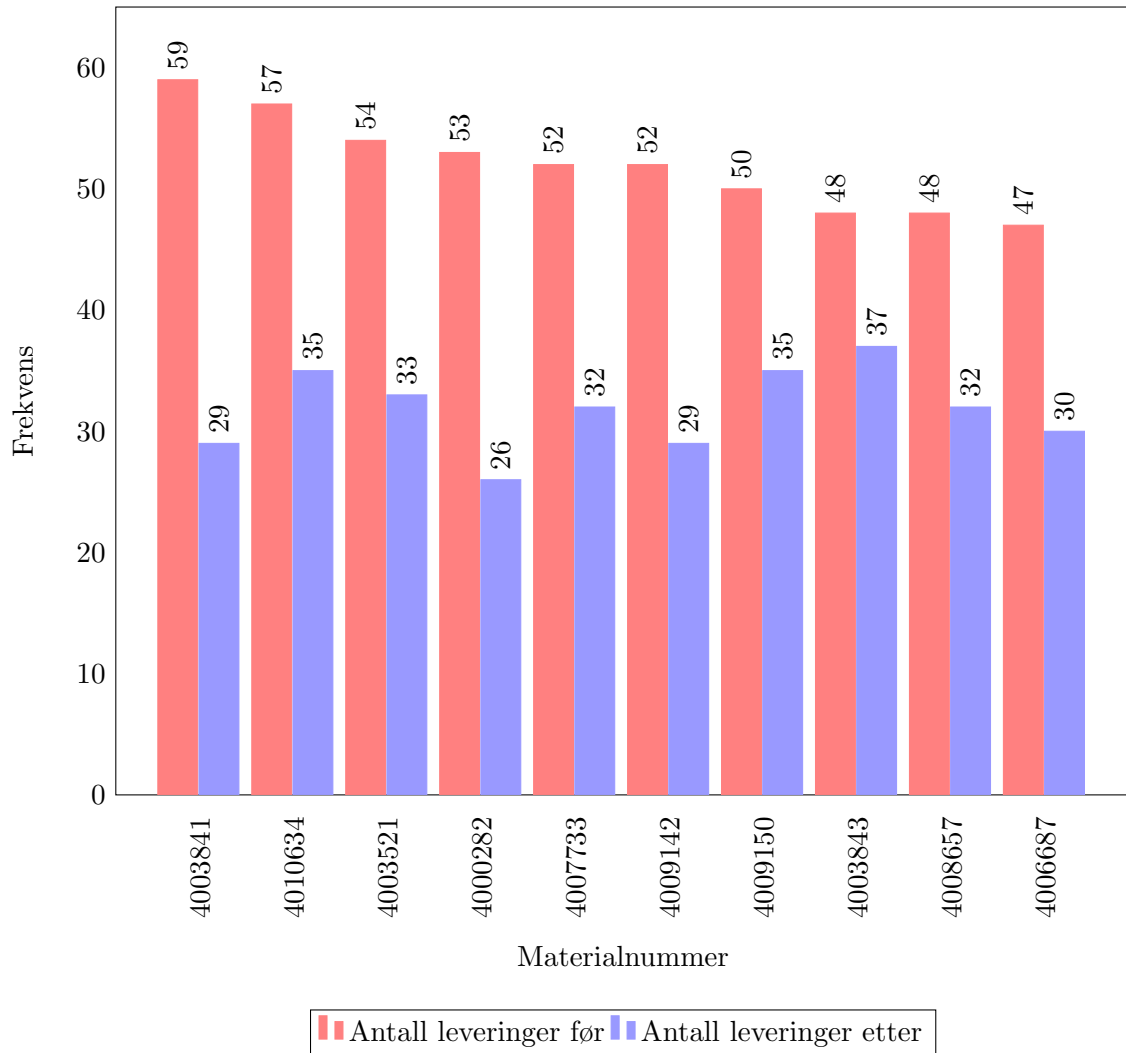
Ukedag	Avdeling for bevegelse	Avdeling for akutt operasjon
Mandag	1	1
Tirsdag	3	1
Onsdag	2	1
Torsdag	1	1
Fredag	4	3
Lørdag	3	2
Søndag	2	1
Gjennomsnitt	2,286	1,429

Simuleringen baserer seg også på en forutsetning om at avdelingen for akutt operasjon kan motta levering hver hverdag (som i dag), men at bestillingen må ligge inne ved dagens start. Derfor er det satt tre dager ledetid fra fredag og kun én dag fra søndag.

Resultater fra simulering: antall leveringer per vare

I figur 6.6 presenteres resultatene av simuleringen utført på de ti utvalgte varene ved avdeling for bevegelse. Søylediagrammet illustrerer antall leveringer for hver vare før og etter simuleringen. De røde søylene representerer antall leveringer av hver vare i løpet av de åtte månedene med historiske data, mens de blå viser et simulert antall leveringer ved implementering av et to-kasse-system, basert på modellens kriterier.

Avdeling for bevegelse



Figur 6.6: Figuren viser antall leveringer per vare til avdeling for bevegelse før og etter innføring av to-kasse-system.

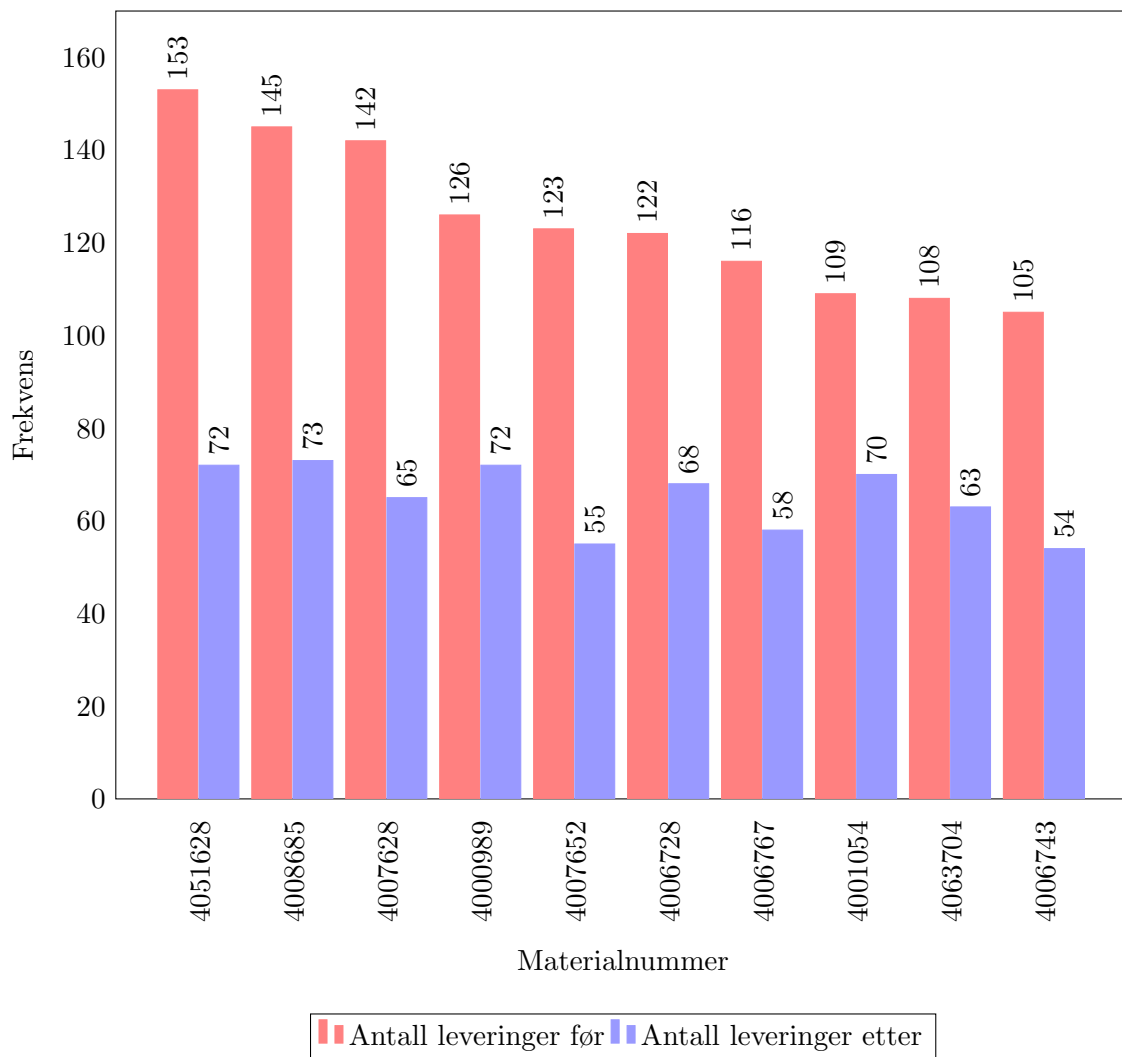
Analysen viser en tydelig nedgang i antall leveringer per vare, og i tabell 6.10 er nedgangen presentert i prosent. Den største nedgangen observeres på materialnummer 400282 med 50,9 prosent, mens den minste forskjellen vises for materialnummer 4003843 med 22,9 prosent. Analysen viser en total besparelse på 202 leveringer, noe som tilsvarer en nedgang på 38,8 prosent.

Tabell 6.10: Nedgang i antall leveringer målt i prosent ved avdeling for bevegelse.

Materialnummer	Nedgang i antall	Nedgang i %
4003841	30	50,8 %
4010634	22	38,6 %
4003521	21	38,9 %
4000282	27	50,9 %
4007733	20	38,5 %
4009142	23	44,2 %
4009150	15	30,0 %
4003843	11	22,9 %
4008657	16	33,3 %
4006687	17	36,2 %
Total	202	38,8 %

Figur 6.7 viser et søylediagram som presenterer antall leveringer for de ti utvalgte A-varene på avdeling for akutt operasjon før og etter implementeringen av et to-kasse-system. På linje med figur 6.6 viser figur 6.7 en betydelig nedgang i antall leveringer per vare. De blå søylene utgjør nesten halvparten av de røde søylene. Nedgangen ved de ulike materialnumrene er presentert i tabell 6.11 varierer fra 35,8 til 55,3 prosent og har en total nedgang på 599 leveringer.

Avdeling akutt operasjon



Figur 6.7: Figuren viser antall leveringer per vare til avdeling for akutt operasjon før og etter innføring av to-kasse-system.

Tabell 6.11: Nedgang i antall leveringer målt i prosent ved avdeling for akutt operasjon.

Materialnummer	Nedgang i antall	Nedgang i %
4051628	81	52,9 %
4008685	72	49,7 %
4007628	77	54,2 %
4000989	54	42,9 %
4007652	68	55,3 %
4006728	54	44,3 %
4006767	58	50,0 %
4001054	39	35,8 %
4063704	45	41,7 %
4006743	51	48,6 %
Total	599	48,0 %

Analysen er begrenset til de ti mest kritiske varene på hver avdeling. Imidlertid kan den avtagende trenden i antall leveringer sannsynligvis antas å gjelde også for de gjenværende varene i sortimentet hvis samme analyse ble utført på dem. Det er uansett sannsynlig at disse ti varene danner grunnlaget for totalt antall leveringer. På avdelingen for akutt operasjon observeres en større nedgang enn på avdeling for bevegelse. Dette kan skyldes høyere frekvens av leveringer per uke og større forbruk.

Forskjellen i antall før og etter analysen antyder et stort potensiale for besparelser når det gjelder plukk av varer på logistikksenteret. Færre leveringer per vare fører til færre antall ganger den varen må plukkes. En usikker faktor er derimot hvorvidt transportbesparelsene er betydelige. Selv om antallet leveringer per vare reduseres, vil antallet enheter av hver vare øke og ta opp mer plass i vognene. Dette kan igjen føre til behov for flere vogner per levering og eventuelt flere lastebiler, men det vil ikke påvirke plukkprosessen negativt.

I tabell 6.12 er tallene hentet ut fra simuleringsmodellene ved avdeling for bevegelse. Analysen viser en økning av maksimal lagerkapasitet for hver vare ved implentering av et to-kasse-system. Resultatene av denne økningen inkluderer svært lave tall (0 til 3)

for hendelser av tomgang, og høye prosentandeler på over 90 prosent på CSL. Som både beregningene indikerer og resultatene viser, vil lavere antall hendelser med tomgang føre til høyere CSL. I tabellen er det fremstilt tre materialnummer som viser 0 på tomgang og dermed 100 prosent i CSL.

Resultater fra simulering: Cycle Service Level

Tabell 6.12: Lagerkapasitet, tomgang og CSL% på avdeling for bevegelse.

Materialnummer	Lagerkapasitet før	Lagerkapasitet etter	Tomgang	CSL%
4003841	240	900	0	100 %
4010634	48	60	3	91 %
4003521	40	60	1	97 %
4000282	4	6	1	96 %
4007733	10	18	0	100 %
4009142	4	12	0	100 %
4009150	4	10	1	97 %
4003843	15	20	2	94 %
4008657	10	18	1	97 %
4006687	10	30	2	93 %

Tabell 6.13 viser resultatene for varene på avdelingen for akutt operasjon. På samme måte som i analysen for avdeling for bevegelse, observeres det en økning i maksimal lagerkapasitet, men økningen er ikke like stor. Den største økningen er på varene med materialnummer 4008685 og 4001054 med åtte i lagerkapasitet. Ved å øke lagerkapasiteten til hver vare blir det færre tilfeller av tomgang og en høyere prosentandel for CSL. I dette tilfellet fra simuleringen viser tabellen at alle varene har en CSL på over 98, og åtte av dem når opp til 100 prosent. Når CSL-en er 100 prosent, er tomgang null.

Tabell 6.13: Lagerkapasitet, tomgang og CSL på avdeling for akutt operasjon.

Materialnummer	Lagerkapasitet før	Lagerkapasitet etter	Tomgang	CSL%
4051628	4	6	0	100 %
4008685	10	18	0	100 %
4007628	11	10	1	98 %
4000989	6	10	0	100 %
4007652	6	6	0	100 %
4006728	8	6	0	100 %
4006767	8	8	0	100 %
4001054	12	20	0	100 %
4063704	10	10	1	98 %
4006743	7	8	0	100 %

Noen av varene opplever en større økning enn andre, noe som igjen indikerer behovet for ulik prioritering når det gjelder tildeling av lagringsplass. Økningen av materialnummer 4003841 med nesten fire ganger så mye lagerkapasitet kan skyldes at bestillingsmengdene er langt høyere enn tilgjengelig plass per nå. De andre materialnumrene øker i mer moderate mengder, men vil likevel bidra til å unngå lagring av varer utenfor den tiltenkte plassen.

Høy CSL-prosent tyder på en høy grad av pålitelighet, og at etterspørselen i stor grad dekkes av tilgjengelig lagerbeholdning. Resultatet svarer også positivt på forskningsspørsmålet om hvilke tiltak som kan implementeres for å minimere belastningen ved bestilling og utpakking. Tiltak som å utvide lagerplassen for, i første omgang, de ti mest kritiske varene for å kunne bestille større mengder og levere sjeldnere, vil ha en direkte reduserende effekt på transportlogistikken, samt plukking, pakking og plassering både på logistikkcenteret og avdelingene.

Resultater fra simulering: Ulike leveringsfrekvenser

Tabell 6.14 presenterer ulike lagerkapasiteter for vare med materialnummer 4010634 beregnet ut fra forskjellige bestillingsfrekvenser på bevegelsesavdelingen. Resultatene gjelder kun for én vare, men siden dette ble testet på flere materialnummer og viste samme

tendens, antas det at de er representative for resten av materialnumrene. Bakgrunnen for valg av antall leveringsdager er basert på ønsket om å utforske effekten av både en økning og en reduksjon i antall leveringer per uke. Det er viktig å skille mellom at de nåværende tallene (AS IS) støtter dagens lagerstyringsprosess, mens de tre simulerte resultatene representerer et forslag som er tilpasset et to-kasse-system. Da det allerede er kjent at den nåværende lagerkapasiteten til de ti A-varene ikke er tilstrekkelig ved innføringen av et to-kasse-system, blir ikke disse lagerkapasitetene vurdert videre. Det er derfor kun sett på ulike leveringsfrekvenser i forhold til deres optimale lagerkapasitet.

Tabell 6.14: Simulering av forskjellige leveringsfrekvenser og ulik lagerkapasiteter for vare med materialnummer 4010634, avdeling for bevegelse.

	Leveringsdager per uke	Lagerkapasitet	Totale leveringer	CSL%
AS IS	2	48	57	100 %
Simulert	1	100	19	100 %
Simulert	2	60	31	94 %
Simulert	3	50	37	97 %

Ved å anvende statistiske beregninger med en ny ledetid for én og tre leveringer i uken, ble det bestemt nye lagerkapasiteter på henholdsvis 100 og 50 enheter. Resultatene viser at ved én leveringsdag i uken vil det totale antallet leveringer per vare reduseres betydelig. Imidlertid vil kapasiteten på lagerbeholdningen øke med mer enn 50 % i forhold til dagens nivå. Videre viser analysen at ved å innføre en ekstra levering i uken, kan nesten samme nivå av lagerbeholdning i dag opprettholdes uten at det påvirker CSL-en i stor grad.

Dette funnet indikerer at selv om færre leveringsdager reduserer leveringsfrekvensen, krever det større lagerkapasitet for å opprettholde en høy CSL. På den andre siden vil en økning i antall leveringsdager ikke nødvendigvis føre til en vesentlig endring i lagerbeholdningen fra det den er i dag, men heller økte transportkostnader. Med tanke på kostnadene forbundet med å innføre ekstra transport eller fordoble lagerkapasiteten, fremstår det som mest kostnadseffektivt å fortsette med dagens antall leveringsdager og benytte den statistiske beregnede lagerkapasiteten.

I tabell 6.15 presenteres tilsvarende resultater for akuttavdelingen. I stedet for å vurdere både en økning og en reduksjon, er det her kun relevant å se på en reduksjon av leveringsfre-

kvensen. Derfor har effekten av å benytte fire og tre leveringer i uken for materialnummer 4051628 blitt undersøkt. Resultatene viser at den simulerte lagerkapasiteten for fem og fire dager er den samme, mens tre leveringsdager i uken krever noe større lagerkapasitet. Det er imidlertid usikkert om dette gjelder for alle varene, da det ikke kan antas at fem og fire dagers levering har samme makslager for de øvrige materialnumrene. Selv om reduksjonen i totalt antall leveringer ikke er betydelig og CSL ikke er optimal, er resultatet likevel tilfredsstillende. Det kan derfor være verdt å utforske videre om man ønsker å redusere leveringsfrekvensen ved denne avdelingen.

Tabell 6.15: Simulering av forskjellige leveringsfrekvenser og ulik lagerkapasiteter for vare med materialnummer 4010634, avdeling for akutt operasjon.

	Leveringsdager per uke	Lagerkapasitet	Totale leveringer	CSL%
AS IS	5	4	151	100 %
Simulert	5	6	71	100 %
Simulert	4	6	67	99 %
Simulert	3	8	56	98 %

Kapittel 7: Diskusjon

I dette kapittelet vil funnene fra kapittel 5 og 6 bli brukt som grunnlag for å diskutere konkrete tiltak og forbedringspotensialer, opp mot teori som er presentert i kapittel 3. Resultatene vil også bli vurdert i lys av deres påvirkning på resten av logistikkjeden. Målet er å identifisere fordeler og ulemper ved de foreslåtte løsningene. I tillegg diskuteres relevansen av rådata og resultatene av analysene fra kapittel 5 og 6.

7.1 Tiltak for en mindre ressurskrevende bestillings- og utpakkingsprosess

St. Olavs Hospital har i dag en velfungerende lagerstyring. Dersom det ikke er ønskelig å investere i nye teknologiske verktøy, finnes det flere tiltak innen dagens praksis som kan føre til forbedringer. Følgende avsnitt vil diskutere endringer i lagerallokering, modifikasjoner av håndholdte enheter, samt forslag til visuell styring.

7.1.1 Endring i lagerallokering

Plassmangel er en av de store utfordringene ved St. Olavs hospital. Med tanke på antallet varer som skal være tilgjengelige på sykehuslagrene til enhver tid, gjør den nåværende lagerstrukturen det nødvendig med høy bestillingsfrekvens av flere varer. Mangelen på tilstrekkelig lagerplass resulterer ofte i overbestillinger og ineffektiv bruk av tilgjengelig plass, da flere varer må lagres utenfor deres tildelte lagringsområder.

Basert på ABC-analysen utført i *kapittel 6.2*, kan det være rimelig å anta at A-varene krever mer plass på avdelingslageret. Gitt at A-varene tildeles mer skapplass, åpner dette for muligheten til å bestille opp et prognostisert forbruk av de mest etterspurte varene. Flere av disse varene blir bestilt nesten hver bestillingsrunde, og i omtrent samme kvantum. Dersom man klarer å bestille forbruket for hele uken i én levering i stedet for å fordele det over flere leveringer, kan dette gi tidsbesparelser både ved bestilling og utpakking på avdelingene, og plukkeprosesser på logistiksenteret.

En endring i bestillingsfrekvensen vil påvirke både tidsbruken og ressursforbruket på logistiksenteret, selv om dette ikke har direkte innvirkning på logistikken på avdelingen. Det vil være mer effektivt for logistiksenteret å plukke flere enheter av samme vare på én gang

enn å måtte plukke én enhet flere ganger i uken på ulike bestillinger. Det tar eksempelvis omtrent like lang tid å plukke tre enheter som å plukke én, mens det er prosessene rundt hver plukkoperasjon som forårsaker tidsforbruket. Dersom en vare plukkes ofte og er plassert ugunstig, resulterer dette i unødvendig bevegelse for plukkerne på logistikkcenteret. Varen kan være plassert et sted på lageret som er ubeleilig eller krever en ekstra lang omvei for å bli plukket. I slike tilfeller er det bedre å redusere antall ganger denne plassen må besøkes. Derfor kan det spares mye tid ved kun å plukke denne varen én gang i stedet for tre. Dersom man implementerer dette for flere varer, vil det potensielt kunne redusere antall plukkoperasjoner per innkjøpsordre betydelig og bidra til å redusere bevegelse og effektivisere plukkeprosessen.

Når det gjelder evnen til å gjennomføre denne tilnærmingen i praksis, må det diskuteres om noen varer skal få redusert plass. Det er hensiktsmessig å vurdere C-varene som potensielle kandidater for å få mindre plass på lageret. Resultater av observasjon av de ti minst bestilte C-varene indikerer imidlertid at det ikke er tilgjengelig plass til å redusere deres allokerede plass. Selv om det kan være en løsning å bestille disse varene i mindre forpakkingsenheter, kan den tildelte plassen fremdeles være utilstrekkelig for å dekke behovet til A-varene. Derfor bør muligheten for å sette inn flere skap vurderes. Ved å legge til ett eller flere skap kan det frigjøre plass for de mest etterspurte varene, samtidig som det reduserer den betydelige belastningen på logistikkjeden som følger med høy bestillingsfrekvens av disse varene.

7.1.2 Utnyttelse av håndholdt enhet

Et dedikert team bestemmer hvilken forpakkingsenhet de medisinske forbruksvarene skal ha, og kan foreta endringer ved behov. For de mindre sykehusene med begrenset lagringsplass er det imidlertid gunstig å kunne bestille varer i mindre enheter, slik at de kan tilpasses sine spesifikke behov og plassbegrensninger. Ved større helseforetak som St. Olavs foretrekker de aktive forsynerne ofte å bestille varer i hele pakker eller kartonger for å forenkle påfyllingsprosessen og lette håndteringen ved pakking på logistikkcenteret. Til tross for tilgjengelig informasjon om varens forpakkingsenhet på de håndholdte enhetene, er det ikke alltid tydelig angitt når endringer skjer. Som et resultat kan dette føre til feilbestillinger, hvor de aktive forsynerne bestiller mer eller mindre varer enn planlagt. Dette medfører en risiko for forstyrrelser i logistikkjeden og pasientbehandlingen.

For å forbedre informasjonsflyten når det kommer til endring av forpakkingsenhet er et

forslag å implementere et tydelig varsel på den håndholdte enheten. Da blir de aktive forsynerne informert om at det er gjort en endring, og kan tilpasse bestillingen deretter.

Som nevnt i *delkapittel 5.2* skjer det regelmessig at forbruksvarer erstattes med tilsvarende produkter eller får ny leverandør. Denne informasjonen kommuniseres ikke til de aktive forsynerne. Dermed risikerer de å motta et produkt som de ikke gjenkjenner ved utpakking. Dette kan føre til unødvendig tidsbruk til å kontrollere om varen er bestilt feil, plukket feil eller lignende. Selv om forsynerne ofte raskt innser at det dreier seg om en erstatningsvare, viser dette et forbedringspotensial i utpakkingsprosessen.

En mulig forbedring kan være å innføre en funksjon på den håndholdte enheten, som varsler at det er kommet en erstatningsvare for en forbruksvare som er knyttet til det materialnummeret aktiv forsyner er i ferd med å legge inn ordre på. Dette varselet ville informert dem om at det dreier seg om en erstatningsvare allerede når de legger inn bestilling, og før de mottar og pakker ut varen.

Før innføringen av logistiksenteret var plukkeprosessen ved det tidligere sentrallageret organisert på en annen måte. Da fulgte en fysisk pakkseddel med hver ordre som ble lagt inn. Når en aktiv forsyner skannet et kundenummer, ble det generert en pakkseddel med en oversikt over alle varene som ble bestilt. En vogn kunne dermed inneholde flere ordrer og pakksedler festet til noen av eskene. Denne måten å organisere vognene på gjorde det enkelt å forstå hvilke varer som tilhørte hvilken avdeling. I dag følger det kun med én pakkseddel i papir som viser alt innhold i vognen. Dette gjør det mindre intuitivt å avgjøre hvilke varer som skal til hvilken kunde. Selv om denne pakkseddelen også kan vises på den håndholdte enheten, er det ikke like enkelt å fordele varene korrekt mellom de ulike avdelingene.

En pakkseddel som viser hvilke varer som ligger i vognen basert på hvordan den aktive forsyneren la inn ordren, kan effektivisere utpakkingsprosessen. Dette vil redusere tiden som aktiv forsyner bruker på å omorganisere varene til andre vogner. Hvis denne informasjonen i tillegg kan vises på den håndholdte enheten, vil det være en fordel.

7.1.3 Tiltak for visualisering

Tompkins et al. [2014] mener at god visuell styring effektiviserer alle fysiske arbeidsoppgaver. Derfor foreslås et annet tiltak for å effektivisere utpakkingsprosessen, som er knyttet til oppbevaringsboksene av sterile varer. Disse varene gjennomgår en streng prosedyre før

de plasseres i avdelingens forbrukslager. En viktig regel er at det ikke skal brukes papp til oppbevaring av sterile varer, så i stedet benyttes plastbokser med grå farge med tilhørende lokk i grønn farge. De aktive forsynerne har uttrykt et ønske om at det ville vært betydelig enklere dersom disse boksene var gjennomsiktige. Dette ville tillate dem å se innholdet uten å måtte åpne eskene, noe som sparer tid. En enklere og mindre omfattende løsning kunne være å benytte lokk av gjennomsiktig plast.

Et annet tiltak som kan implementeres med tanke på visuell styring, er oversiktlige lister på eller i lagerskapene. Ved bruk av lister som inneholder hvilke varer som befinner seg i hvilke skap, kan tiden som brukes på å lete etter bestemte varer reduseres. Dette kan føre til tidsbesparelser både ved utpakking av varer, men også når sykepleiere skal hente ut varer. Indikatorer i form av lys er også en god måte å styre visuelt på. Tompkins et al. [2014, s. 128-129] nevner for eksempel at et rødt lys kan slå seg på dersom det er tomt for en vare. I dette tilfelle vil det lyse rødt dersom det er tid for å fylle på en sone i et kanban-system.

7.1.4 Eliminering av bestillingsprosess

Den nåværende bestillingsprosessen er svært manuell, og krever en omfattende gjennomgang av lagerbeholdningen for å bestemme nødvendig bestillingsmengde. Denne prosessen er tidskrevende og avhengig av den aktive forsynerens erfaring og dømmekraft. Bestillings-systemet fungerer i praksis som et uformelt *order up to*-system, hvor de aktive forsynerne baserer bestillingene på skjønn, uten nøyaktig opptelling av den faktiske lagermengden. Dette fører til at det ikke eksisterer fastsatte minimums- eller maksimumsnivåer av lagerbeholdningen, og ingen definerte bestillingspunkter.

Innføring av et RFID-styrt to-kasse-system påvirker ressursbruken knyttet til bestilling av varer direkte. I likhet med resultatene fra Bendavid et al. [2010], viser denne studien funn av tidsbesparelser for personalet når det gjelder bestilling og utpakking. Innføringen av et slikt system muliggjør automatisk bestilling basert på forbruk i sanntid, og kan dermed eliminere bestillingsprosessen helt. Enkle beregninger av tidsbesparelser kan utføres ved å se på tiden det tar å gjennomføre én bestillingsrunde og deretter multiplisere dette med antall runder. Dette fremhever besparelsene over tid og kan bidra til å estimere ytterligere kostnadsbesparelser per time. I tillegg til tidsbesparelser knyttet til selve bestillingsprosessen, vil det også spares tid på håndtering av overskuddslager og defekte varer. Systemet opererer med en fast bestillingsmengde som er knyttet til en bestemt lagerkapasitet, og

vil derfor ikke risikere ytterligere lagring av overskuddsvarer.

Bestillingsbeslutninger er i dag avhengig av enkeltpersoners kunnskap, erfaring og vurderingsevne. Mens dette ofte resulterer i effektive beslutninger, er det samtidig en kilde til sårbarhet i systemet. Avhengigheten av den enkeltes dagsform og engasjement kan ha betydelig innvirkning på resultatene. Sykdom og annet fravær blant de som er ansvarlige for bestillingsprosessen, kan føre til betydelige utfordringer og risiko for sykehuset.

Automatisering av bestillingsprosessen vil ikke bare øke effektiviteten og kontinuiteten, men også frigjøre kapasitet hos de aktive forsynerne. Det vil fortsatt være behov for personer som er kjent på avdelingen, siden denne kjennskapen vil påvirke effektiviteten i utpakkingsprosessen.

7.1.5 Kontroll over lagerbeholdning på avdelingslager

En annen vesentlig utfordring ved dagens lagersystem er mangelen på kontinuerlig lagerbeholdningskontroll. I fravær av et system for kontinuerlig registrering av vareforbruk, utføres manuell telling ved hver bestillingsrunde. Denne manuelle tilnærmingen gjør det vanskelig å implementere et mer automatisert bestillingssystem basert på reelle lagerbeholdninger. Samtidig tar en manuell bestillingsprosess betydelig lengre tid enn automatiserte systemer og øker risikoen for feil og unøyaktigheter.

Automatiseringen av bestillingsprosessen fører ikke til en direkte sporing av lagerbeholdningen, men fører likevel til en bedre oversikt over forbruk. Til nå er det antatt at bestilling er lik forbruk, men i realiteten er faktorer som personavhengighet eller opphoping av varer før ferier noe som gjør at faktisk etterspørsel ikke er helt representativt for bestillingsdataen. Fragapane et al. [2019] viser at bruk av RFID-teknologi kan øke synligheten av lagerbeholdningen og gi sanntidsinformasjon. I dette tilfelle, hvor RFID-teknologi brukes i kombinasjon med to-kasse-systemet, vil det ikke finnes sanntidsinformasjon om nøyaktig lagerbeholdning. Det vil imidlertid være mulig å spore forbruket når en ny bestilling legges inn. Et to-kasse-system med faste bestillingsmengder vil gi bedre innsikt i forbruket enn dagens løsninger, og på sikt kan det gi gode prognoser for etterspørsel.

7.1.6 Eventuelle endringer ved RFID-styrt to-kasse-system

Som vist i *kapittel 6* presenteres et mulig Wi-Fi-styrt RFID to-kasse-system, hvor brikker fysisk må vendes for å signalisere behov for påfyll. Det at sykepleieren må vende brikken til rød side når det er tomt for varer i sone 1 åpner for menneskelige feil. Derfor kan

det være hensiktsmessig å vurdere alternative løsninger. Ifølge [Bendavid et al., 2010] kan aktive og semi-passive RFID-brikker utstyres med innebygde sensorer som overvåker miljøet rundt dem. Dette innebærer et system som automatisk registrerer når sone 1 er tom for varer. Bestillingen vil dermed kunne legges inn automatisk når sensorsystemet registrerer at sonen er tom. En ulempe med et slikt system kan være at det ikke er helt pålitelig. For eksempel kan en sykepleier legge tilbake en vare i feil sone, slik at varen ikke registreres som tom selv om den er det. Dette kan forstyrre lagerstyringen. Som det påpekes av Denton [2013] blir kan et RFID-styrt to-kasse system utstyrt med videoovervåking tilby fjernstyrte varslinger om lagerbeholdning. I følge forfatterne er det en sikker måte å overvåke lagerbeholdningen på.

7.1.7 Valg av prosess for lagergjennomgang

Simuleringen gjennomført i kapittel 6 tar utgangspunkt i den nåværende prosessen for lagergjennomgang, altså en periodisk gjennomgang. I studien utført av Rosales et al. [2015] argumenteres det for at en kontinuerlig gjennomgang er fordelaktig. Det ble imidlertid valgt å ikke basere simuleringen på en kontinuerlig gjennomgang på grunn av konsekvensene det har for resten av logistikkjeden. Hvis man skulle lagt til rette for at ordre skal bli levert med en gang det er tomt på avdelingslager vil det føre til store endringer i forhold til plukk, pakking, lasting av vogner og transport.

Dette vil kreve justeringer i hvordan ordre plukkes og lastes på logistikkenteret, og det kan være nødvendig å samlaste på tvers av flere avdelinger eller lagerområder, avhengig av ordrenes størrelse. Slike endringer vil også påvirke den interne transporten på sykehuset. Hvis vognene pakkes annerledes, vil dette påvirke ruter og kjøremønstre for AGV-ene.

Fordelene belyst i studien gjør det likevel verdt å vurdere kontinuerlig gjennomgang som et område for videre analyse. For å evaluere dette som et realistisk tiltak, bør man se på hvordan en endring i gjennomgangsprosess vil påvirke den totale belastningen på logistikkjeden. En mulig tilnærming er å undersøke hvordan kontinuerlig gjennomgang kan implementeres for de mest kritiske varene, mens de mindre kritiske varene fortsatt håndteres med periodisk gjennomgang, slik Rosales et al. [2015] fremhever som lønnsomt.

Dette krever en endring i simuleringsmodellen og en utvidelse av simuleringen til å omfatte et større spekter av varer. Konkret innebærer dette en justering av den satte ledetiden, for eksempel fra dager til timer, samt fjerning av kriteriet om faste leveringsdager. Naturligvis vil dette gi andre resultater enn det som kan observeres i simuleringen, med en reduksjon

av maksimalt lagernivå og økt transportfrekvens.

7.1.8 Hva må til for å implementere RFID og to-kasse-system?

På sikt vil innføringen av dette systemet gi gode resultater, men det vil kreve teknologiske investeringer, opplæring og vedlikehold. Som beskrevet i *kapittel 6.4*, består RFID-teknologien av flere teknologiske komponenter. Implementeringen av et RFID-styrt to-kasse-system ved St. Olavs hospital krever en betydelig investering i både teknologi og infrastruktur. Dette inkluderer innkjøp av RFID-brikker, lesere, antenner og tilhørende programvare. For at systemet skal fungere optimalt, er det også nødvendig med en oppgradering av det nåværende vertssystemet slik at RFID-teknologien kan integreres sømløst. Når det gjelder to-kasse-systemet, er det ideelt å implementere nye løsninger for skuffer og skap, ettersom disse ikke passer optimalt med den tiltenkte utformingen. Dette kan også bli en stor kostnad dersom det skal gjennomføres på hele sykehuset.

7.2 Krav for å sikre nøyaktige og forutsigbare bestillinger 4 til 24 timer før levering

Den begrensede lagerplassen og mangelen på tilstrekkelig sikkerhetslager stiller krav om kort leveringstid fra logistiksenteret. Uten nok plass til å oppbevare et passende sikkerhetslager, blir sykehuset avhengig av hyppige og raske leveringer for å sikre at nødvendige medisinske forbruksvarer alltid er tilgjengelige. Dette legger ytterligere press på logistikk- og lagerstyringssystemene ved sykehuset.

Avdelinger med mer stabil etterspørsel og lavere variasjon, slik som bevegelsesavdelingen, har bedre forutsetninger for å legge inn ordre i god tid før fristen for levering. Forbruket på disse avdelingene er generelt lavere, og det kan være mindre kritisk om en vare går tom under ledetiden sammenlignet med avdelinger som akuttavdelingen. På bevegelsesavdelingen varierer ledetiden i dag fra syv til tolv timer, avhengig av når den aktive forsyneren plasserer bestillingen. For å sikre tilgang på nødvendige varer, er det ikke tilstrekkelig å kun fylle opp det som mangler i skuffen. Det er også nødvendig å anslå hva som kan bli brukt under ledetiden. Uforutsette hendelser kan oppstå, og derfor er det ofte fornuftig å bestille en buffer som dekker forbruket fra bestilling til levering.

Akuttavdelingen har derimot en kortere ledetid, men større usikkerhet, noe som ikke nødvendigvis betyr at forbruket under ledetiden er mindre. På grunn av den høye usikker-

heten må akuttavdelingen kunne håndtere svingninger i etterspørselen raskt og effektivt. Dette er grunnen til at de har bestilling og utpakking av varer på samme dag.

En automatisert bestillingsprosess, gjør det mulig å registrere ordren rett før fristen for levering, noe som reduserer tiden fra bestilling til levering. Dette øker nøyaktigheten av forbruksestimer, og avdelingen vil kunne tilpasse seg endringer i etterspørselen bedre. Når denne prosessen kombineres med et to-kasse-system, bidrar det til mer forutsigbare bestillinger. Ved å fastsette ROP fungerer dette systemet som en buffer, som sikrer at sikkerhetslageret dekker etterspørselen gjennom hele ledetiden. Dette gjør det mulig å utvide leveringsvinduet, noe som gagnar logistikk-senteret ved å tilby mer tid for planlegging og gjennomføring av plukkoperasjonene og redusere arbeidsbelastningen.

7.3 Standardisert lagermodell for alle avdelingene

7.3.1 Forskjeller mellom bevegelse og akutt operasjon

De to avdelingene representerer på mange måter ytterpunktene ved St. Olavs hospital. De fleste avdelingene mottar én til to leveringer i uken. Avdeling for bevegelse, som mottar to leveringer per uke, representerer dermed flertallet av avdelingene. Etterspørselen ved denne avdelingen er relativt forutsigbar, da behovene for medisinske forbruksvarer følger et mer stabilt mønster.

Avdeling for akutt operasjon er derimot et spesialtilfelle ved sykehuset og mottar leveringer fem ganger i uken. Etterspørselen her er svært uforutsigbar og variabel, da det er vanskelig å forutsi hvilke typer pasienter som vil ankomme og hvilke medisinske behov de vil ha. Akuttavdelingen har høy kritikalitet, da pasientene ofte er i livstruende situasjoner som krever umiddelbar operasjon. Forsinkelser eller mangler på nødvendige medisinske forbruksvarer kan derfor få alvorlige konsekvenser for pasientenes liv og helse. Denne uforutsigbarheten gjør lagerstyringen i akuttavdelingen betydelig mer utfordrende.

7.3.2 Faktorer som spiller inn ved implementering

Implementering av tiltakene på tvers av avdelingene forutsetter en standardisering av lagerstyringen. De ulike avdelingene har forskjellige utforminger av både skuffer og skap, noe som kan gjøre innføringen av et to-kasse-system utfordrende. For å innføre dette systemet på flere avdelinger, vil det være nødvendig med en mer standardisert skapløsning der alle skuffene er delt i to soner og er utstyrt med RFID-chiper. Noen av avdelingene har,

i tillegg til skap langs tunene, også lagerrom til oppbevaring av enda flere varer. Her kan det også være hensiktsmessig å innføre skap med to-kasse-system. Ettersom tilgjengelig plass varierer mellom avdelingene, må det vurderes hvorvidt implementeringen er praktisk og fordelaktig for hver avdeling.

En annen utfordring ved innføringen av to-kasse-systemet er den nåværende dimensjoneringen av skuffer i skapene. Analysen viser at de fleste varene krever mer plass, noe som indikerer behovet for flere eller større skuffer. Per i dag finnes det kun to forskjellige størrelser på skuffene, hvor den ene er litt dypere enn den andre. Hvis en vare må fordeles på mer enn én skuff, vil det oppstå problemer for to-kasse-systemet, da det blir vanskelig å opprettholde en fast skuff for forbruk som benyttes før de andre. Derfor kan det være mer hensiktsmessig å innføre enda dypere eller større skuffer for å dekke beholdningen av de mest brukte varene.

På en annen side er det en forutsetning med grundig opplæring i systemet. Ved mottak av en levering og påfylling av tomme soner, er det essensielt å sørge for at riktig vare legges på rett plass. Det er også viktig å prioritere påfyllingen av den bakerste sonen for å opprettholde en rotasjon av beholdningen. Systemet forutsetter også at sykepleierne konsekvent registrerer når en sone går tom ved å aktivere RFID-chipen. Gjennom en felles opplæringsprosess om systemets funksjon og hvordan man kan opprettholde beste praksis, vil sannsynligheten for tomgang og defekte varer reduseres. Med lik opplæring og standardisering av løsninger på tvers av avdelingene, kan man også stole på at de aktive forsynerne utfører arbeidet like effektivt, uavhengig av hvilken avdeling de jobber på.

7.4 Påvirkning og belastning i resten av logistikkjeden

7.4.1 Reduksjon av hasteordre

Hasteordrer fører til ekstremt ressurskrevende prosesser, og noe bedriften tilstreber å unngå til enhver tid. En hasteordre fører til merarbeid og forstyrrelser i arbeidsflyten, da de aktive forsynerne eller sykepleierne må plassere ordren utenom de planlagte bestillingsrundene. Ved logistikkenteret kreves det ytterligere arbeid med registrering av en hasteordre og planlegging av plukk, i tillegg til at selve plukket av ordren skaper forstyrrelser. Deretter er det viktig med nøyaktig sammenstilling av ordren og at den plasseres på riktig vogn. Større belastning påføres også ved behov for en ekstra vogn i transport, samt økt arbeid for AGV-ene på sykehuset. Det er ofte nødvendig med manuell håndtering

av vognen fra varemottaket til den aktuelle avdelingen. Før alle prosessene som er nevnt over utløses, har sykepleierne på avdelingen allerede brukt tid på å lete etter varen ved å sjekke tilgjengeligheten av varen på andre avdelinger, bestille den selv, eller kontakte de aktive forsynerne. På lik måte som Bendavid et al. [2010] presenterer en tilnærmet eliminering av restordre og akutte ordre, viser simuleringen i *delkapittel 6.4.2* at en innføring av to-kasse-systemet vil resultere i en reduksjon i antall hendelser av tomgang. Selv om dette ikke nødvendigvis fører direkte til færre hasteordre, reduserer det risikoen for at hasteordre blir nødvendig.

7.4.2 Reduksjon av plukkoperasjoner og leveranser

Analysen i *delkapittel 6.4.2* antyder at endringen i antall leveringer per vare, før og etter innføring av et to-kasse-system, kan føre til besparelser innen plukk av varer på logistikk-senteret. En reduksjon i antall leveringer per vare fører til færre plukkoperasjoner for hver vare. Dette samsvarer med resultatene fra Bendavid et al. [2010] sin studie der det ble vist store tidsbesparelser på det sentrale lageret ved reduksjon av antall plukklinjer. Imidlertid er en viktig faktor å vurdere om det fører til besparelser innen transport. Selv om antall leveringer per vare reduseres, vil volumet av hver plukk øke, noe som kan resultere i behov for flere vogner per levering og eventuelt flere lastebiler. Dette påvirker imidlertid ikke plukkprosessen negativt, da økningen i volum per plukk ikke fører til betydelig økt tidsbruk.

Ifølge Bendavid et al. [2010] sine resultater av et RFID-styrt to-kasse-system, vil det sentrale lagerområdet motta færre ordre totalt sett enn ved tidligere lagerstyringssystem. Rådataen fra St. Olavs hospital indikerer at den mest bestilte varen per avdeling samsvarer omtrent med det totale antallet bestillinger som er gjort på avdelingen. På bakgrunn av dette kan det argumenteres for at det totale antallet leveringer sannsynligvis vil reduseres ved innføring av et to-kasse-system. Usikkerheten er derimot knyttet til om leveringene vil bli jevnt fordelt over alle tilgjengelige leveringsdager, eller om det vil være dager uten levering. Ved implementering av to-kasse-systemet vil man etter en periode kunne analysere faktisk forbruk og leveranser. Basert på disse dataene kan man vurdere om det er mange leveringer som uteblir, og deretter bestemme om antall leveringsdager for de ulike avdelingene kan reduseres.

7.4.3 Belastning på AGV-ene

Automatiseringen av bestillingsprosessen kan være med på å redusere ventetiden for AGV-ene på sykehuset. Når de aktive forsynerne har mer tid til å flytte vognene bort fra AGV-stasjonene, reduseres køene og AGV-ene kan operere mer effektivt. Ved å justere transporten fra logistikkcenteret i samsvar med endrede bestillingsfrekvenser fra avdelingene, kan AGV-ene optimalisere logistikkflyten ytterligere, og dermed redusere unødvendige turer. Simuleringen antyder at økt lagerkapasitet for de ti mest bestilte A-varene fører til færre leveringer av disse varene, noe som kan resultere i en samlet nedgang i antall leveringer til avdelingen. Dette reduserer ikke bare turer fra logistikkcenteret, men også belastningen på AGV-ene på sykehuset, noe som kan forbedre den totale effektiviteten i logistikkjeden

7.4.4 Endring i antall leveringsdager til avdeling

Resultatene i *delkapittel 6.4.2* viser effekten av tre ulike leveringsfrekvenser per avdeling. Basert på disse funnene, konkluderes det med at det er hensiktsmessig å beholde det nåværende antallet leveringsdager. Færre leveringsdager i uken kan ha flere konsekvenser for den totale logistikkflyten på sykehuset. For det første vil det føre til behov for større lagerkapasitet for å opprettholde tilstrekkelig forsyning og møte etterspørselen mellom leveringene. Dette kan igjen øke kompleksiteten og kostnadene ved lagerstyring og lagerhåndtering. Videre kan færre leveringsdager også påvirke leveringstidene og tilgjengeligheten av nødvendige varer. Dette gjelder spesielt for varer med høy etterspørsel eller kritiske forsyninger for pasientbehandling. Dette kan igjen føre til behov for mer nøyaktig prognostisering og planlegging for å unngå forsinkelser eller tomgang. På den andre siden kan færre leveringsdager redusere mengden transport og dermed redusere belastningen på logistikksystemet, inkludert infrastrukturen for både ekstern og intern transport, samt belastning på kjøretøy.

Kapittel 8: Konklusjon og videre arbeid

Hensikten med denne oppgaven var å identifisere utfordringer med lagerstyringspraksisen ved St. Olavs hospital og å utarbeide konkrete tiltak for hvert avdelingslager med mål om å forbedre den samlede logistikkflyten fra bestilling til utpakking av varer. For å besvare problemstillingen ”Hvilke endringer i nåværende lagerstyringspraksis på avdelingene ved St. Olavs hospital kan effektivisere den totale logistikkflyten fra bestilling til utpakking av varer?”, ble flere tiltak foreslått og evaluert.

Gjennom analysen av bestillingshistorikken ved to utvalgte avdelinger, ble det identifisert at de mest etterspurte varene har behov for økt lagringsplass. Begrenset lagerkapasitet fører til hyppige bestillinger, noe som ofte resulterer i overbestillinger og ineffektiv bruk av tilgjengelig plass, hvor mange varer lagres utenfor sine tildelte områder. Dette funnene indikerer en mangel på gode prognoseverktøy, standardiserte bestillingsprosedyrer og effektiv lagerstyring.

Implementeringen av et RFID-styrt to-kasse-system ble identifisert som en løsning med betydelige fordeler. Automatisert bestilling eliminerer behovet for manuelle bestillingsrunder, noe som muliggjør en mer optimal allokering av ressurser og etablering av standardiserte bestillingsrutiner. Systemet gir bedre innsikt i lagerbeholdningen, noe som forbedrer synligheten og reduserer menneskelige feil i bestillingsprosessen.

Resultatene viste en nedgang i antall leveringer og en høy CSL for alle de simulerte varene. I tillegg kom det frem at antall forsinkede leveringer og tomgang på avdelingslagrene vil reduseres betydelig, noe som igjen kan føre til reduksjon i antall hasteordre. Overordnet indikerer disse resultatene en effektivisering av logistikkflyten gjennom forbedret planlegging ved logistiksenteret, redusert plukkfrekvens og økt kundetilfredshet. Selv om det foreliggende empiriske grunnlaget ikke tillater en endelig konklusjon om effektivisering av transport, er det sannsynlig at dette også vil bli påvirket positivt.

Funnene fra denne studien kan være relevante for andre sykehus og helseinstitusjoner med lignende utfordringer. Implementering av RFID-styrte systemer og optimalisering av lagerplass kan bidra til økt effektivitet og redusert ressursbruk, ikke bare ved St. Olavs hospital, men også i andre institusjoner med komplekse forsyningskjeder. Det er sannsynlig å anta at dersom alle sykehusene knyttet til logistiksenteret utførte samme analyse og

innførte et standardisert to-kasse-system, vil det kunne føre til betydelige besparelser i plukktid på logistikkenteret. Det kan imidlertid være utfordrende å implementere et slikt system på mindre sykehus som allerede sliter med begrenset plass.

Mulige feilkilder i denne studien inkluderer begrensninger i datainnsamlingen, som hovedsakelig var basert på observasjoner og rådata fra kun to avdelinger. Feil i tolkningen av data, særlig knyttet til prognostisering av etterspørsel og vurdering av lagerbeholdning, kan også ha påvirket resultatene. I tillegg kan variasjoner i praksis og prosedyrer mellom de ulike avdelingene på sykehuset påvirke i hvilken grad resultatene er representative for sykehuset som helhet.

Det bør bemerkes at det under befaringen ikke ble undersøkt om det er muligheter for å frigjøre plass ved å redusere arealet som B-varene og de resterende C-varene opptar. En mulig tilnærming for videre arbeid kan være å simulere CSL for disse varene basert på beregnet ROP og maksimal lagerkapasitet, på samme måte som for A-varene. Deretter kan den nye lagerkapasiteten sammenlignes med den nåværende. Til slutt kan det tas en vurdering på om noen av varene kan klare seg med mindre plass enn de har tildelt i dag. Dersom det ikke resulterer i frigjørelse av lagerplass, vil det indikere at antagelsen om behovet for flere skap styrkes. Dette vil også kreve en vurdering av den fysiske utformingen av varene, for å kunne fremlegge et konkret og kvantitativt forslag til den nødvendige økningen i skaplassen.

Realiseringen av de foreslåtte løsningene krever investeringer, og innebærer kostnader knyttet til innkjøp og installasjon av nye lagringsenheter. Fremstillingen av resultatene utforsker potensiale for forbedring i andre aspekter enn kostnadsbesparelser. Det kan derfor være hensiktsmessig å inkludere dette i diskusjonen av funnene. Oppgaven fremhever færre leveringer per vare som et område med forbedringspotensial, noe som indikerer at antall plukk per vare reduseres. Dette gir grunnlag for å evaluere kostnadene ved å plukke en spesifikk vare flere ganger sammenlignet med sjeldnere plukk av samme vare, men i større antall. Ved å kvantifisere den anslåtte reduksjonen i antall plukk per vare, er det mulig å beregne den samlede kostnadsbesparelsen knyttet til plukk ved implementering av et RFID-styrt to-kasse-system.

Referanser

- (2019). Theory, application, and implementation of monte carlo method in science and technology.
- Aguilar-Escobar, V. G., Bourque, S., & Godino-Gallego, N. (2015). Hospital kanban system implementation: Evaluating satisfaction of nursing personnel. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, *21*, 101–110. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1135252315000039>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iedee.2014.12.001>.
- Alfonso-Lizarazo, E., & Franco, C. (2020). Optimization under uncertainty of the pharmaceutical supply chain in hospitals. *Computers & Chemical Engineering*, *135*, 106689.
- Almeida, F. (2018). Strategies to perform a mixed methods study. *European Journal of Education Studies*, . doi:10.5281/zenodo.1406214.
- Badampudi, D., Wohlin, C., & Petersen, K. (2015). Experiences from using snowballing and database searches in systematic literature studies. In *Proceedings of the 19th international conference on evaluation and assessment in software engineering* (pp. 1–10).
- Bendavid, Y., Boeck, H., & Philippe, R. (2010). Redesigning the replenishment process of medical supplies in hospitals with rfid. *Business Process Management Journal*, *16*, 991–1013.
- Bialas, C., Revanoglou, A., & Manthou, V. (2020). Improving hospital pharmacy inventory management using data segmentation. *American Journal of Health-System Pharmacy*, (p. 371–377). doi:10.1093/ajhp/zxz264.
- Bijvank, M., & Vis, I. (2012). Inventory control for point-of-use locations in hospitals. *Journal of the Operational Research Society*, *63*, 497–510. URL: <https://doi.org/10.1057/jors.2011.52>.
- Buschiazzo, M., Mula, J., & Campuzano-Bolarin, F. (2020). Simulation optimization for the inventory management of healthcare supplies. *International Journal of Simulation Modelling*, *19*, 255–266.
- Bø, E., Grønland, S. E., & Jahre, M. (2018). *Forsyningskjeder og logistikk*. Fagbokforlaget.

- Chapman, S. N., Arnold, J. R. T., Gatewood, A. K., & Clive, L. M. (2017). *Introduction to Materials Management, Global Edition*. (8th ed.). Pearson Education Limited.
- Chen, Y., Li, K. W., & Liu, S.-f. (2008). A comparative study on multicriteria abc analysis in inventory management. In *2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (pp. 3280–3285). doi:10.1109/ICSMC.2008.4811802.
- Denton, B. T. (2013). Handbook of healthcare operations management. *New York: Springer, 10*.
- Fragapane, G. I., Bertnum, A. B., Hvolby, H.-H., & Strandhagen, J. O. (2019). *Medical Supplies to the Point-Of-Use in Hospitals*. Springer International Publishing.
- Fuglestein, S., & Røed, R. (2022). Forbedring av sterilflyten på sykehus ved hjelp av lean tankegang.
- Galletta, A. (2013). *Mastering the Semi-Structured Interview and Beyond : From Research Design to Analysis and Publication* volume 18. New York University Press.
- Harrison, R. L. (2010). Introduction to monte carlo simulation. In *AIP conference proceedings* (p. 17). NIH Public Access volume 1204.
- Harvey-Jordan, S., & Long, S. (2001). The process and the pitfalls of semi-structured interviews: The journal of the health visitors' association. *Community Practitioner, 74*, 219. URL: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/process-pitfalls-semi-structured-interviews/docview/213313284/se-2>. Copyright - Copyright TG Scott and Son Ltd. Jun 2001; Last updated - 2023-07-05.
- Hauge, R. S., Kofiloto, M. A., & Tobiassen, I. V. (2023). En undersøkelse av logistikken ved st. olavs hospital.
- Helse Midt-Norge (2022). Her er helse midt-norges nye logistikkcenter. URL: <https://www.helse-midt.no/nyheter/2022/her-er-helse-midt-norges-nye-logistikkcenter/> besøkt: 11.04.24.
- Kommunal- og distriktsdepartementet (2023). *Regionale utviklingsstrekk 2023*. Technical Report Kommunal- og distriktsdepartementet. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/regionale-utviklingsstrekk-2023/id2995607/?ch=4#:~:text=SSB%20framskriver%20lavere%20befolkningsvekst%20framover&text=Siden%202000%20har%20folketallet%20i,%C3%B8kning%20i%20folketallet%20i%20hovedalternativet.>

- Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2016). *Operations Management*. Pearson.
- Landry, S., & Philippe, R. (2004). How logistics can service healthcare. *Supply Chain Forum: An International Journal*, *5*, 24–30. doi:10.1080/16258312.2004.11517130.
- Liu, J., & Wu, Y. (2014). Application of abc analysis in inventory management. *Advanced Materials Research*, *1030-1032*, 2515–2518. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1030-1032.2515.
- Low, B. K., & Tang, W. H. (2004). Reliability analysis using object-oriented constrained optimization. *Structural Safety*, *26*, 69–89. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167473003000237>. doi:[https://doi.org/10.1016/S0167-4730\(03\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0167-4730(03)00023-7).
- Moons, K., Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2019). Measuring the logistics performance of internal hospital supply chains – a literature study. *Omega (Oxford)*, *82*, 205–217.
- Nicholas, J. M. (2018). *Lean production for competitive advantage : a comprehensive guide to lean methods and management practices*. Taylor and Francis.
- Powell, D. (2018). Kanban for lean production in high mix, low volume environments. *IFAC-PapersOnLine*, . URL: <http://hdl.handle.net/11250/2590028>.
- Rosales, C. R., Magazine, M., & Rao, U. (2014). Point-of-use hybrid inventory policy for hospitals. *Decision sciences*, *45*, 913–937.
- Rosales, C. R., Magazine, M., & Rao, U. (2015). The 2bin system for controlling medical supplies at point-of-use. *European journal of operational research*, *243*, 271–280.
- Rosetti, M. D., Buyurgan, N., & Pohl, E. (2012). Handbook of healthcare system scheduling.
- Sandvig, J. C., & Angela, R. (2000). Safety stock decision support tool. *Production and Inventory Management Journal*, *41*, 8–10.
- Seaman, C. B. (2008). Qualitative methods. In *Guide to advanced empirical software engineering* (pp. 35–62). Springer.
- Sharma, R., Shishodia, A., Gunasekaran, A., Min, H., & Munim, Z. H. (2022). The role of artificial intelligence in supply chain management: mapping the territory. *International Journal of Production Research*, *60*, 7527–7550.

- URL: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2029611>. doi:10.1080/00207543.2022.2029611. arXiv:<https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2029611>.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2021). *Designing and managing the supply chain : concepts, strategies and case studies*. (4th ed.). McGraw Hill Create.
- Southwest Solutions Group (2024). Rfid kanban 2-bin basket hospital par inventory management. URL: <https://www.southwestsolutions.com/ssg/healthcare/rfid-kanban-2-bin-basket-hospital-par-inventory-management/> southwest Solutions Group: We Make People Space Work Better Together.
- SpaceSavingStorage (2020). Rfid material management — two-bin inventory control system. URL: <https://youtu.be/XCrypZv4HBg?si=3CymYiyoi5yCxeli>.
- St. Olavs hospital (u.åa). Forskning. URL: <https://www.stolav.no/fag-og-forskning/forskning/> besøkt: 11.04.24.
- St. Olavs hospital (u.åb). Nøkkeltall for st. olavs hospital. URL: <https://www.stolav.no/om-oss/nokkeltall-for-st-olavs-hospital/> besøkt: 14.04.24.
- St. Olavs hospital (u.åc). Om oss. URL: <https://www.stolav.no/om-oss/> besøkt: 14.04.24.
- Statistisk sentralbyrå (2024). Pasienter på sykehus. URL: <https://www.ssb.no/helse/helsetjenester/statistikk/pasienter-pa-sykehus> besøkt den 06.05.2024.
- Stevenson, W. J. (2021). *Operations management*. (14th ed.). McGraw-Hill.
- Sunil Chopra, P. M. (2016). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*. (6th ed.). Pearson Education.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2014). *Facilities Planning*. (4th ed.). Wiley.
- Utheim, E. B. (2013). «hei, kanj du pass dæ litt?!». *E24*, . URL: <https://e24.no/teknologi/i/vQIA2L/hei-kanj-du-pass-dae-litt>. Besøkt: 15.04.24.
- Volland, J., Fügener, A., Schoenfelder, J., & Brunner, J. O. (2017). Material logistics in hospitals: A literature review. *Omega*, 69, 82–101. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048316304881>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.08.004>.

Weinstein, R. (2005). Rfid: A technical overview and its application to the enterprise. *IT professional*, 7, 27–33.

Wild, T. (2017). *Best practice in inventory management*. Routledge.

Vedlegg

A Intervjugal

Intervjuspørsmål til aktive forsynere ved St. Olavs hospital

Hasteordre

1. Hvorfor er ofte hasteordren den første ordren som er gjort på noen type varer og den eneste?
 2. Når skjer det en hasteordre og hvem legger den inn?
 3. Hvor mye bestilles på en hasteordre?
 4. Hvordan håndteres en hasteordre fra den ankommer mottaket til den er levert på avdeling?
-

Ordrestørrelser og diverse kriterier under bestilling

1. Hvordan bestemmer dere hvor mye som skal bestilles?
 - a. Bestiller dere opp til et (max) nivå?
 - b. Har dere en nedre grense for når varer skal bestilles?
-

Bestilling

1. Hvordan «angriper» du skapet under bestillingsrunden?
 2. Hvorfor er noen varer kun bestilt en gang?
-

Avdelingslager

1. Skjer det at dere går helt tomt for en vare?
 2. Har det skjedd at det bestilles mer enn det er plass til?
 3. De varene som bestilles nesten hver runde – har dere vurdert/er det mulig å frigjøre mer plass slik at de kan bestilles sjeldnere?
-

Produkter

1. Hvorfor bytter noen varer forpakkingsenhet?
 - a. Påvirker dette mengden som bestilles totalt?
 2. Hva skjer når en vare erstattes, bytter de materialnummer eller heter de fortsatt det samme?
-

Utfordringer

1. Hva anser du som de største utfordringene med nåværende lagerstyringspraxis?

B Standardavtale for bacheloroppgave

Avtale for gjennomføring av bacheloroppgave mellom NTNU, oppdragsgiver (firma, etat) og studenter

Avtalepartnere

NTNU Fakultet for Økonomi Institutt for Industriell økonomi og teknologiledelse	Veleders navn/tlf/e-post: Alireza Ashrafian +47 982 30 469 alireza.ashrafian@ntnu.no
Oppdragsgiver Firma/etat: St. Olavs hospital	Kontaktperson/navn: Vegard Andersen Tysnes Tlf/e-post: +47 902 71 232 vegard.jensas.andersen@stolav.no
Student Ingeborg Vik Tobiasen	
Student Maya Afi Kofiloto	
Student Rebecka Sand Hauge	
Gruppe nr: 7	
Prosjekt-tittel/arbeidstitel	Bacheloroppgave St. Olavs

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1. Studentene/prosjektgruppen skal gjennomføre prosjektet i perioden fra januar – mai 2024.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der NTNU og oppdragsgiver yter veiledning til avtalte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. NTNU skal stille til rådighet egen veileder. Oppdragsgiver plikter å gi en evaluering/sensur av prosjektet vederlagsfritt.

2. **Kostnader**
Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
Oppdragsgiver og NTNU dekker hver sin del av den veiledningstid som gis. Dekning av reiser og opphold langt fra studiested dekkes enten av studentene eller av oppdragsgiver ut fra den part som er aktiv for at reise og opphold er nødvendig

3. **Eiendomsrett**
Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet inklusiv publisering. Gjør studentene i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og studentene bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.

Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.

Den totale besvarelsen med tegninger, modeller, digitalt lagret materiale og apparatur som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, kan vederlagsfritt benyttes til undervisnings- og forskningsformål (inkl. publisering) av NTNU. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av NTNU til andre formål enn undervisning og forskning uten avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved NTNU og/eller studenter har interesser.

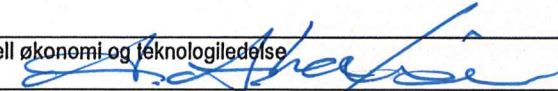
Avtale

4. Hvis arbeidet medfører publisering, skal studentene oppføres som medforfattere.
5. NTNU står ikke som garantist for at del oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.
6. Offentliggjøring.
Papirkopi av besvarelsen registreres og plasseres i NTNU's bibliotek. Oppdragsgiver og veileder godtar slik offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til NTNU om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring. Oppdragsgiver kan ved prosjektstart kreve at prosjektet skal behandles som *lukket prosjekt* dvs. ikke publiseres eller plasseres i NTNU's bibliotek. Dette anføres i avtalens pkt 11.
7. Når NTNU også opptrer som oppdragsgiver trer NTNU inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.
8. Taushetserklæring
Ved denne avtalen erklærer studentene ved sin underskrift alminnelig taushetsplikt vedrørende tekniske innretninger, fremgangsmåter, drifts eller forretningsforhold hos oppdragsgiver som det er av betydning å behandle konfidensielt.
9. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene imellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift etter LOV 2004-05-14 nr 25: Lov om voldgift.
10. Denne avtalen utferdiges med et eksemplar til hver av partene. Signert dokument godtas på pdf-fil. På vegne av NTNU er det faglærer/veileder eller studieleder som godkjenner avtalen.

11. Annet

Eventuell konfidensiell informasjon avklares for innlevering av oppgave

12. Signaturer

Dato/ Veileder NTNU Institutt for Industriell økonomi og teknologiledelse	26.04.24 
Dato/Oppdragsgiver/kontaktperson	26/07/24 - St. Olavs Hospital HF - Logistikk & forsyning - Veivord Andrea Tysnes
Dato/Student	26/01-24 - Ingrid Holm
Dato/Student	26/01/24 - Maya Kopiloto
Dato/Student	26/1-24 Rebecca Sand Hauge

C KI-deklarasjon

Deklarasjon om KI-hjelpemidler

Navn:	Rebecka Sand Hauge, Maya Afi Kofiloto, Ingeborg Vik Tobiassen
Emnekode og -navn:	TLOG3001 – Bacheloroppgave logistikk
Semester	Vår 2024

Har det i utarbeidelsen av denne oppgaven/rapporten/arbeidet blitt anvendt KI-baserte hjelpemidler?

- Nei
 Ja

Hvis *ja*: spesifiser type verktøy og bruk i DEL I nedenfor. Hvis *nei*: gå rett til DEL II og fyll ut

DEL I

Tekst

- Stavekontroll:** Er deler av teksten kontrollert av KI-verktøy?
(F.eks. *Grammarly, Ginger, GrammarBot, LanuageTool* eller lignende)
- Skriveassistanse:** Er en eller flere av ideene eller fremgangsmåtene i oppgaven foreslått av KI-verktøy? (F.eks. *ChatGPT, Google Bard, Bing Chat* eller lignende)
- Tekstgenerering:** Er deler av teksten generert av KI-verktøy?
(E.eks. *ChatGPT, GrammaryGO, Copy.ai, WordAi* eller lignende)

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

ChatGPT har blitt brukt til skriveassistanse for å forbedre setningsoppbygging, formuleringer, og finne passende synonymer.

Bilder og figurer

- Bildegenerering:** Er ett eller flere av bildene/figurene i rapporten blitt generert av KI-verktøy?
(F.eks. *Midjourney, Jasper, Dall-E* eller lignende)?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

Kode og algoritmer

- Programmeringsassistanse:** Er deler av koden/algoritmene som i) fremtrer direkte i rapporten eller ii) har blitt brukt for produksjon av resultater slik som figurer, tabeller eller tallverdier blitt generert av KI-verktøy? (F.eks. *GitHub Copilot, CodeGPT* eller lignende)?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

ChatGPT har blitt brukt til å generere deler av koder for å lage noen figurer, som kakediagram, i LaTeX basert på resultater fra egen utført analyse.

Datagenerering og -analyse

- Datagenerering:** Er hele eller deler av datagenereringen gjennomført ved hjelp av KI-verktøy?
- Dataanalyse:** Er dataanalysen gjennomført ved hjelp av KI-verktøy?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

Annet

- Andre KI-verktøy:** Har andre typer av verktøy blitt anvendt?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

DEL II

- Jeg er kjent med NTNUs regelverk: Det er ikke tillatt å generere besvarelser ved hjelp av kunstig intelligens og levere den helt eller delvis som egen besvarelse. Jeg har derfor redegjort for all anvendelse av kunstig inntelligens enten direkte i oppgaven/rapporten/arbeidet eller i dette skjema.*

 *Rebecka Sand Hauge, Maya Kofiloto, 24.05.2024, Trondheim*
Underskrift, dato, sted

