

Christiansen, Kjetil
Dagsland, Jon Vegard
Skjærvik, Joakim

Design og analyse av layout for et eksisterende lager, med og uten tilbygg, ved implementering av automatiserte lagerløsninger

Bacheloroppgave i Logistikingeniør
Veileder: Dr. Alireza Ashrafian
Mai 2022

Christiansen, Kjetil
Dagsland, Jon Vegard
Skjærvik, Joakim

Design og analyse av layout for et eksisterende lager, med og uten tilbygg, ved implementering av automatiserte lagerløsninger

Bacheloroppgave i Logistikingeniør
Veileder: Dr. Alireza Ashrafian
Mai 2022

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



Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave TLOG3001

Tittel: "Design og analyse av layout for et eksisterende lager, med og uten tilbygg, ved implementering av automatiserte løsninger" "Design and analysis of layout for an existing warehouse, with and without extensions, when implementing automated solutions"	Gruppenummer: 008
Forfattere: Jon Vegard Dagsland Kjetil Christiansen Joakim Skjærvik	Dato: 20.05.2022
	Gradering: Åpen
Studieretning: Logistikkingeniør, FTHINGLOG	
Veileder internt: Dr. Alireza Ashrafian	
Oppdragsgiver: NorEngros Johs Olsen AS	
Oppdragsgivers kontaktperson: Atle Melgard (Supply Chain Manager)	

Sammendrag: Oppgaven er basert på analyser av rådata, for å se hvor mange artikler som kan plasseres i automatiserte løsninger hos NorEngros Johs Olsen AS. Hvor mange artikler som vil få plass i de automatiserte løsningene, henholdsvis AutoStore og automatisert pallelager vil påvirke layout av eksisterende bygg og tilbygg.	
Stikkord: - Analyse av rådata - Automatisert lagrings- og innhentningssystem - Layout	Keywords: - Analysis of data - Automated Storage and Retrieval system (AS/RS) - Layout

Forord

Denne bacheloroppgaven utgjør gruppens avsluttende arbeid innen logistikkutdanningen ved NTNU Trondheim, Instituttet for industriell økonomi og teknologiledelse våren 2022. Det har vært en spennende fortsettelse av prosjektoppgaven vi hadde høsten 2021, og gruppen har tilegnet seg mye kunnskap som vi vil få bruk for videre i arbeidslivet.

Vi ønsker å takke vår kontaktperson og veileder i NorEngros Johs Olsen AS, Logistikkdirektør Atle Melgard, som har bistått med god veiledning og nyttige innspill. Vi ønsker også å takke Niklas Poulsen, Sales Manager hos Element Logic for god veiledning angående AutoStore, og Jens Gjerlaug, Manager of Logistics Systems hos Jungheinrich Norge AS for veiledning innenfor automatisert pallelager. Det rettes også en stor takk til vår veileder ved NTNU, Dr. Alireza Ashrafian for gode innspill under oppgaveskrivingen. Avslutningsvis ønsker vi å takke øvrige forelesere, spesielt Tore L. Lauritzen og Asbjørn J. Wexsahl.

Sammendrag

Lagerhold kan være et komplekst tema, og vil i de fleste tilfeller være en direkte form for sløsing innenfor Lean-tankegangen. Markedet er i stadig i bevegelse, og dette kan føre til store endringer i varesortiment, prosedyrer og layout. Derfor er det viktig å implementere gode og fremtidsrettede lagerløsninger. Digitalisering og automatisering av lagre vil både være fremtidsrettet og bærekraftig. Dette kan være med på å skape et veiskille for bedrifter i dag, være en del av digitaliseringen, eller ikke.

Denne bacheloroppgaven er en fortsettelse av gruppens oppgave i *TLOG3011 – Prosjektlogistikk*, og tar utgangspunkt i problemstillingen “*Hvordan kan man optimalisere Johs Olsens eksisterende lager, med og uten tilbygg, ved å implementere automatiserte løsninger og endre layout?*”. Oppgaven omhandler i hovedsak Johs Olsens AS sitt hovedlager i Gjøvik.

Gruppen har fått tilsendt rådata generert av Johs Olsen AS og oppgaven er basert på en kvantitativ metode. For å kunne løse oppgaven har gruppen tilegnet seg kunnskap gjennom relevant litteraturstudie. Gruppen har også vært i dialog med bedrifter med ekspertise innenfor automatiserte løsninger, henholdsvis Element Logic og Jungheinrich, for faglig innspill.

Gruppen har valgt å besvare problemstillingen ved å se på to forskjellige scenarier:

1. Implementering av et AutoStore-system på rundt 600 kvadratmeter og forbedre layout i eksisterende lager.
2. Utvidelse av eksisterende lager med implementering av et AutoStore-system og automatisert pallelager, samt forbedre layout.

Gruppen konkluderer med at for å øke volumutnyttelsen, plukkeeffektiviteten og ekskludere eksternlagre bør bedriften automatisere i økende grad. Dette vil også være med på å gi bedriften et konkurransefortrinn og hjelpe bedriftens mot deres bærekraftsmål. Derfor ansees det som hensiktsmessig å investere i gruppens scenario 2 der man får i størst grad automatisert lageret, som fører til økt volumsbesparelse og plukkeeffektivitet.

Abstract

Inventory management can be a complex subject, and according to the Lean school of thought, keeping inventory in most cases is a direct form of waste. The market is in constant motion, and this can lead to big shifts in inventory profiles, procedures and layouts. This makes it vital to implement good and future oriented solutions. The digitalization and automation of warehouses are future oriented and sustainable. This can help make a crossroads for businesses today, be a part of the digitalization or don't.

This bachelor thesis is a continuation for the student group previous project in the subject *TLOG3011 – project logistics* and is based on the problem *“How to optimize Johs Olsen exiting warehouses, with and without extension, and implementation of automatization and changing the layout.”* The project focuses mainly on Johs Olsen main warehouse in Gjøvik.

The student group received pre-generated raw data from Johs Olsen AS, and the assignment was approached with a quantitative method. To solve the assignment the group acquired the relevant knowledge through a study of literature. The student group has also been in dialogues with companies possessing expertise within automated solutions, respectively Element Logic and Jungheinrich, for professional input.

The student group has chosen the answer the problem with two different scenarios:

1. Implementation of a AutoStore-system with the size of 600kvm and improving the current layout.
2. Extension of the existing warehouse with the implementation of a AutoStore-system and an automated pallet storage and improving layout.

The student group concludes that in order to better exploit the available space, increase picking efficiency and discontinue the external warehouses, the company should gradually automate. This will contribute to the company's competitive advantage, while helping them reach their sustainability goals. This is why it appears appropriate to invest in the presented scenario 2, which gives the highest rate of automation in the warehouse, which in turn leads to space- and picking efficiency.

Begrepsavklaring

- FIFO: First in, first out. Den første varen som settes inn i et system er den første som blir tatt ut.
- FILO: First in, last out. Den første varen som settes inn i et system er den siste som blir tatt ut.
- Pushback: Et reolsystem som lar deg lagre flere enheter i dybden. Kan være både FIFO og FILO. En FIFO pushback blir i denne oppgaven referert til som «gjennomløp».
- Big Data: Datasett som er for store eller komplekse til å håndtere med tradisjonelle teknologier og metoder
- Internet of Things(IoT): Teknologi som muliggjør at et nettverk med elektronikk, som sensorer programvare kan kommunisere med hverandre

Innholdsfortegnelse

Forord	III
Sammendrag	IV
Abstract	V
Begrepsavklaring	VI
1. Innledning	1
1.1 <i>Bakgrunn</i>	1
1.2 <i>NorEngros – Om bedriften</i>	1
1.3 <i>Element Logic</i>	2
1.4 <i>Jungheinrich</i>	3
1.5 <i>Problemdefinering</i>	3
1.6 <i>Mål</i>	4
1.7 <i>Avgrensninger</i>	4
1.8 <i>Oppgavens struktur</i>	5
2. Metode	6
2.1 <i>Valg av metode</i>	6
2.2 <i>Litteraturstudium</i>	6
2.3 <i>Bedriftsbesøk</i>	7
2.4 <i>Møtevirksomhet</i>	8
2.5 <i>Nåsituasjon</i>	8
3. Teori	12
3.1 <i>Automated Storage and Retrieval System – AS/RS</i>	12
3.2 <i>Autostore</i>	12
3.3 <i>Automatisert pallelager</i>	14
3.4 <i>FlexSim</i>	16
3.5 <i>Flaw of averages</i>	16
3.6 <i>Lean</i>	16
3.6.1 <i>Sløsing</i>	17
3.7 <i>Pareto</i>	18
3.7.1 <i>ABC-analyse</i>	19
3.8 <i>Layout (Facilities planning)</i>	19

3.8.1 “The impact of change”	19
4. Databehandling	21
4.1 Rådata	21
4.2 AutoStore.....	21
4.3 Pallestabling.....	22
4.4 ABC-analyse.....	22
4.4.1 ABC-analyse Scenario 1.....	23
4.4.2 ABC-analyse Scenario 2.....	23
4.5 Ekskluderte soner	23
5. Resultat	25
5.1 AutoStore.....	25
5.2 Pallestabling og rest.....	27
5.3 ABC – Analyse.....	27
5.4 Layout.....	29
5.4.1 Scenario 1.....	29
5.4.2 Scenario 2.....	30
6. Diskusjon	31
6.1 AutoStore.....	31
6.2 Layout	31
6.2.1 Scenario 1.....	32
6.2.2 Scenario 2.....	32
6.3 Ekskluderte soner	34
6.4 Volumbesparelse	34
6.5 Payback	34
6.6 Veien videre.....	35
6.7 Feilkilder	36
6.7.1 Mangel på mål i rådata	36
6.7.2 Koronapandemien	36
7. Konklusjon	37
Referanseliste:.....	38
Vedlegg.....	40

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Gjennom høsten 2021 hadde gruppen valgfaget TLOG3011 - *Prosjekt logistikk* der gruppen gjennomførte en analyse av varesortimentet til NorEngros Johs Olsen AS i Gjøvik for å undersøke hvor stor andel som kunne passe inn i et AutoStore-system. Etter innleveringen ønsket gruppen å fortsette samarbeidet inn i en bachelor oppgave. Sammen med gruppens kontaktperson i bedriften, Logistikkdirektør Alte Melgard, ble det formulert en problemstilling for bacheloren som passet begge parter. NorEngros var på tanken på å utvide det eksisterende lageret med søkelys på volum, automatisering og redusere eksterne lagre. Bedriften var allerede i kontakt med både Element Logic og Jungheinrich, to ledende aktører innenfor automatiserte lagerløsninger, deriblant AutoStore og automatisert pallelager. Bedriften vurderte flere layouter og ønsket at gruppen skulle undersøke mulige løsninger med og uten utbyggelse av eksisterende layout og med og uten implementering av automatiserte løsninger.

1.2 NorEngros – Om bedriften

NorEngros er en landsdekkende kjede bestående av 13 grossister med 37 butikker fordelt rundt om i Norge. NorEngros er en totalleverandør med et stort sortiment innenfor blant annet kontor og datarekvisita, emballasje, medisinske forbruksvarer, storhusholdning og møbler og inventar, og de anses for å være Norges største leverandør av forbruksartikler til privat og offentlig sektor (NorEngros A, 2022).

Bacheloroppgaven begrenser seg til Johs Olsen AS som er en av de 13 lokale eierne i NorEngros, og det vil være hovedlageret i Gjøvik vi vil se på i denne oppgaven. I tillegg til hovedlageret på Gjøvik som fungerer som en distribusjonshub, har de butikker i Gjøvik, Lillehammer, Hamar, Jessheim, Lørenskog og Bryn i Oslo. Det er totalt 115 ansatte i Johs Olsen AS, og de er en bedrift i sterk vekst med en omsetning på over 600 millioner i 2020, hvorav 250 millioner av disse var gjennom netthandel. Gjennom kontinuerlig forbedring har de som mål å bli en bransjeinnovatør innenfor sitt fagfelt og øke omsetningen til en milliard innen 2025 (Vedlegg 1: Bedriftspresentasjon).

NorEngros har jobbet mot å bidra til å nå Paris-avtalen i mange år og ble først sertifisert som miljøfyrtårn. I senere tid har de også blitt sertifisert i henhold til NS-EN ISO 9001, som er en standard for kvalitet og kundetilfredshet, og NS-EN ISO 14001 som er en standard som skal

motvirke miljøpåkjenninger (NorEngros B, 2022). I 2018 ble det også dannet en prosjektgruppe for miljø og bærekraft, som har bidratt til at NorEngros har fått en kommuniserbar strategi og handlingsplan for miljø og bærekraft (NorEngros C, 2022). Målsetningen for prosjektgruppen er å sørge for at NorEngros er og vil fortsette å være en ledende aktør innen bærekraft og miljø i deres bransje, og de prøver hele tiden å nye og mer klimavennlige løsninger (NorEngros D, 2022). Et godt eksempel på dette er samarbeidsprosjektet med Brødrene Dahl der NorEngros hjalp de med å utvikle et nytt og mer effektivt pakkesystem som kan redusere kolli med opptil 50 prosent ved pakking av småvarer (NorEngros E, 2022). NorEngros miljøengasjement fører til at ønsker å implementere nye og mer effektive løsninger i kjeden kontinuerlig, noe automatiserte løsninger vil være en viktig bidragsyter til.

De viktigste bærekraftsmålene til NorEngros er bærekraftsmål 8 og 12, og handler henholdsvis om anstendig arbeid og økonomisk vekst og ansvarlig forbruk og produksjon (NorEngros D). For NorEngros betyr bærekraftsmålene følgende:

- Bærekraftsmål 8: Gjennom samarbeid og dialog skal NorEngros fremme gode arbeids- og miljøforhold i alle deres leverandørkjeder.
- Bærekraftsmål 12: I tillegg til å stille krav til produktenes kvalitet, funksjonalitet og ytelse, stiller NorEngros strenge miljøkrav hos leverandørene.

1.3 Element Logic

Element Logic ble etablert i 1985 og målet deres har alltid vært å optimalisere lagerytelse. I 2003 inngikk de et samarbeid med oppfinneren av AutoStore-robotene, og etter seks måneder ble verdens første AutoStore-anlegg bygget.

I 2020 fikk Element Logic full europeisk distribusjonsrettighet for AutoStore, og var verdens største leverandør av dette systemet. I 2022 oppnådde de globale distribusjonsrettigheter, og har nå hele verden som marked (Element Logic A, 2022).

Gjennom prosjektoppgaven høsten 2021 kom gruppen i forbindelse med Sales Manager Niklas Poulsen i Element Logic. Poulsen fungerte som en veileder under prosjektoppgaven, og gav gruppen mange gode innspill på hvordan prosjektet kunne løses.

1.4 Jungheinrich

Jungheinrich er en tysk totalleverandør av lagerautomasjon og interne logistikk-løsninger. De har et bredt utvalg av produkter og tjenester, som spenner seg fra jekktraller og trucker til automatiserte lagerløsninger. Selskapet har flere avdelinger over hele Europa, og i Norge ligger det avdelinger i Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim. Selskapet ble dannet i 1953, og har i Norge tilbudt sine tjenester siden 1969. De er over 18000 ansatte fordelt over 40 lokasjoner i hele verden, og i Norge er de ca. 145 ansatte (Jungheinrich, 2022).

1.5 Problemdefinering

Gruppen skal se på optimalisering av eksisterende lager med og uten tilbygg, ved å se på layout og implementering av AutoStore og et automatisert pallelager-system. For denne oppgaven er det utarbeidet følgende problemstilling:

“Hvordan kan man optimalisere Johs Olsens eksisterende lager, med og uten tilbygg, ved å implementere automatiserte løsninger og endre layout?”.

For å besvare problemstillingen vår har vi delt oppgaven opp i to scenarier:

1. Implementering av et AutoStore-system på rundt 600 kvadratmeter og forbedre layout i eksisterende lager.
2. Utvidelse av eksisterende lager med implementering av et AutoStore-system og automatisert pallelager, samt forbedre layout.

1.6 Mål

For å kunne jobbe målrettet og strukturert satte gruppen seg noen mål for prosjektet. Disse målene ble utarbeidet sammen med logistikkdirektør Atle Melgard. For at målene skal kunne gjennomføres og måles etter endt prosjekt har gruppen benyttet seg av SMART-prinsippet, som er: spesifikke, målbare, ambisiøst, realistisk og tidsbestemt.

Resultatmål

- Avdekke potensiell plassbesparelse og forbedret vareflyt ved ny og eksisterende layout ved implementering av automatiserte lagerløsninger.

Effektmål

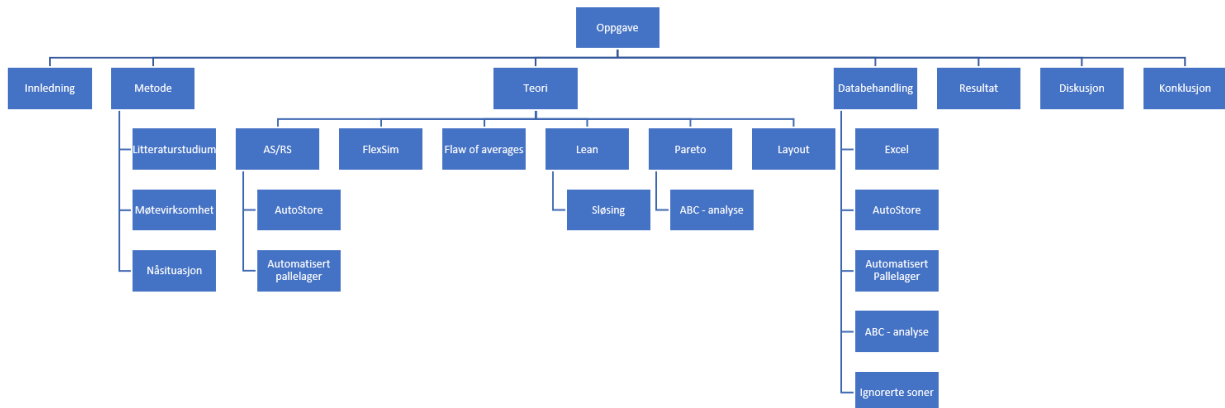
- NorEngros benytter rapporten som et hjelpemiddel til å nå målene sine innen 2025.
- Gruppemedlemmene oppnår realkompetanse.
- Gruppen skal videre forbedre sine ferdigheter med analyseverktøy, for å kunne levere et best mulig resultat.
- Gruppen skal forbedre sine evner til å kunne arbeide i team, både internt og eksternt.
- Gruppen skal kunne anvende sine teoretiske kunnskaper til å se gode løsninger.

1.7 Avgrensninger

Denne oppgaven har en tidsramme på rundt 5 måneder, og strekker seg fra januar 2022 til mai 2022. Grunnet oppgavens tidsomfang har gruppen kommet med noen avgrensninger, i denne oppgaven skal gruppen hovedsakelig se på to ulike scenarioer, disse er beskrevet i kapittel 1.4 - problemdefinering. Dette for å kunne utforske begge løsningene utdypende. Samtidig har gruppen gjennomført databehandling og analyser som vil være aktuelle for både nåværende layout og fremtidige løsninger. Et eksempel på dette er gruppens ABC-analyse over bedriftens varesortiment.

1.8 Oppgavens struktur

Oppgavens oppbygning illustreres ved hjelp av en WBS-oversikt, Work Breakdown Structure. En WBS-oversikt gjenkjennes ved at den definerer prosjektets arbeidsomfang og har en hierarkisk ordnet oversikt over arbeidspakkene som skal utføres.



2. Metode

2.1 Valg av metode

Gruppen fikk tilsendt store mengder rådata som var generert av NorEngros på forhånd av oppgaven. Grunnet oppgavens innhold ble det naturlig at arbeidet ble gjennomført med kvantitativ tilnærming i form av regnearkmodellering. Kvantitativ metode er en metode som brukes til å innhente og analysere data i tallform, i motsetning til kvalitativ metode som ofte uttrykkes i form av tekst (SNL, 2021).

Den kvantitative metoden ble gjennomført av gruppen samlet, og med innspill fra veiledere. I tillegg ble litteraturstudium brukt som et verktøy for analysen i oppgaven og grunnlag for deler av rapportskrivningen.

Rådata, primærdata og sekundærdata

Rådata er en mengde data som ikke har blitt behandlet på noe vis. Dette er data som er i sin opprinnelige form og anses for å være verdiløs informasjon. Det er først når dataene har blitt behandlet og analysert dataene vil få verdi (estudie.no, 2022).

Ettersom gruppen fikk tildelt rådata som allerede var generert av NorEngros, vil dataene være sekundærdata. Sekundærdata er data som allerede er samlet inn av noen andre, i motsetning til primærdata som er informasjon som samles inn for første gang, for eksempel en spørreundersøkelse (Cappelen Damm, 2022). Gruppen anser beregninger og resultater som har blitt framstilt ut ifra sekundærdata, for eksempel utregninger av antall kasser i AutoStore, som gruppens primærdata.

2.2 Litteraturstudium

Gruppen har tilegnet seg kompetanse ved å studere relevant faglitteratur, artikler og nettsøk. Kombinasjon av faglitteratur og nettsøk har ført til at gruppen har fått en solid grunnkunnskap for å løse denne oppgaven. Gjennom studieløpet har gruppen fått en generell innføring iblant annet Lean, fabrikkplanlegging og bruk av Excel for analyser, som vi har nytt godt av i denne oppgaven. Litteraturen som har vært mest relevant i denne oppgaven har vært:

- *Lean Production for Competitive Advantage (andre utgave) av John Nicholas*: Dette er faglitteratur som står som en grunnstein i utdanningen, og som har påvirket gruppens vurderinger underveis i oppgaven.
- *Facilities Planning (Fjerde utgave) av Tompkins, White, Bozer & Tanchoco*: Denne boken ble ansett som særlig relevant for oppgaven. Boken gir "føringer" på hvordan man bør planlegge å bygge for eksempel et bygg og hvilke innvirkninger endring av layout i eksisterende bygning kan gjøre.
- *Practical Management science (sjette utgave) av Wayne L. Winston & S. Christian Albright*: Dette er faglitteraturen som ble brukt i forbindelse med faget "TLOG2009 - Optimering og simulering av logistikksystemer". Her ble man gjort kjent med forskjellige analyseverktøy i Excel, som "Goal-seek", "One Way table", "Two Way Table" og "RISK". Forståelsen for hvordan disse verktøyene og andre funksjoner i Excel fungerer har vært til stor hjelp i analysedelen av oppgaven.

2.3 Bedriftsbesøk

Første februar 2022 gjennomførte gruppen et bedriftsbesøk hos Johs Olsen AS sitt hovedlager i Gjøvik. Her fikk gruppen et første møte med logistikkdirektør og veileder Atle Melgard. Gruppen fikk en befaringsrunde på lageret, der veileder viste frem og utdypet om de forskjellige lagringssonene, varemottak, utgående torg og generelt om dagens layout. Her fikk også gruppen anledning til å ta bilder av strukturer og gjenstander som var av interesse. Etter omvisningen ble det gått dypere inn i hva veileder og gruppen ville ha ut av oppgaven, og en tilspisset problembeskrivelse ble formulert i henhold til veileders og gruppens ønsker.

I forbindelse med gruppens prosjektoppgave høsten 2021 ble det også gjennomført et besøk hos Get Inspired sine lokaler i Trondheim. Der fikk gruppen en omvisning av lagersjef Vegard Tvervåg, og det ble observert hvordan et AutoStore-system fungerer i praksis. Gruppen fikk også innsikt i deres erfaringer rundt systemet, blant annet at AutoStore passet utmerket for en bedrift som dem og at tiden det tok å fullføre en ordre gikk betydelig ned. Det ble også nevnt at innkjøpssiden i bedriften tilpasset alle innkjøp slik at sortimentet passet i en AutoStore-kasse. Videre ble det nevnt at de kjørte systemet ganske intensivt, blant annet ved å sette i gang systemet noen timer før lagerarbeiderne kom på jobb. Da ville robotene organisere kassene

etter ordrene som hadde kommet inn i løpet av natten, slik at plukkeeffektiviteten ville bli mye høyere. Som en konsekvens av å kjøre systemet såpass intensivt ville slitasjen på robotene være høy, men de erfarte at det var mer økonomisk å reparere robotene regelmessig istedenfor å fullføre mindre ordre.

2.4 Møtevirksomhet

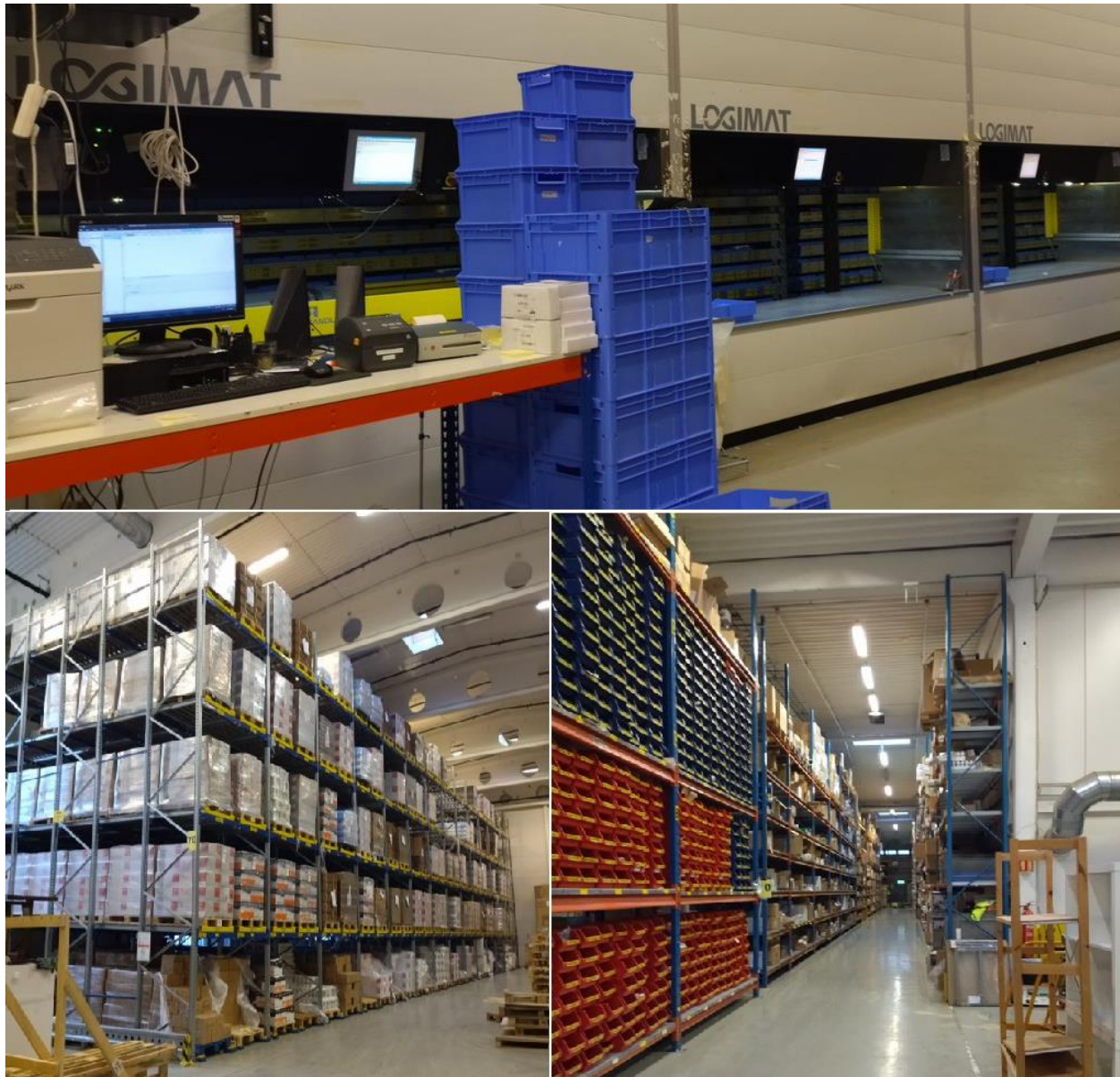
Det var i utgangspunktet tenkt nytt bedriftsbesøk hos Johs Olsens hovedlager i uke 12, men både gruppen og Atle Melgard fant det mer hensiktsmessig å ha digitale møter på grunnnet den lange avstanden mellom partene. Disse møtene gikk stort sett ut på avklaringer rundt hva bedriften ønsket, og svar på spørsmål gruppen hadde om bedriften.

Det ble holdt møter med gruppens veileder ved NTNU, Dr. Alireza Ashrafian underveis i prosjektet. I disse møtene ble veileder oppdatert på oppgavens fremgang, og gruppen fikk innspill til videre arbeid.

Det ble også gjennomført et digitalt møte med Jens Gjerlaug, Manager of Logistic Systems hos Jungheinrich Norge AS. Han bisto med innsikt og forståelse for det automatiserte pallelageret som vurderes å implementeres i hovedlageret.

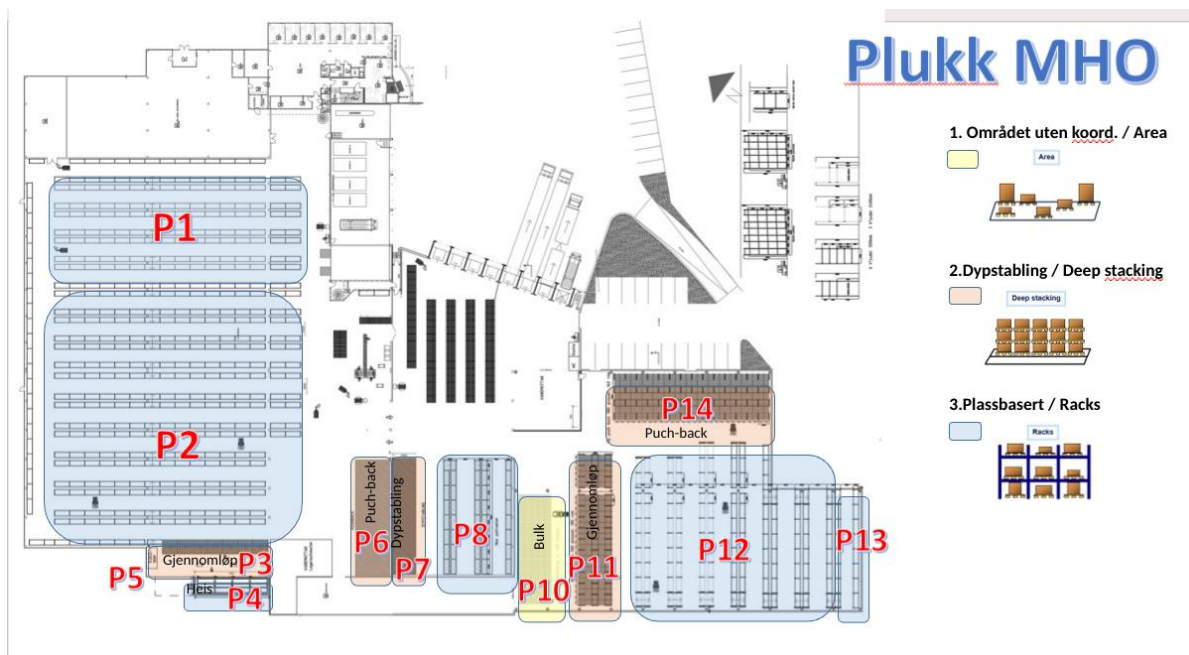
2.5 Nåsituasjon

NorEngros Johs Olsen AS har i dag et tradisjonelt lager der plukkoperasjoner og etterfylling av varer gjøres manuelt. De har et varesortiment med over 8000 forskjellige artikler. Hovedlageret har en størrelse på 10 000 kvm og består av totalt 23 330 lokasjoner, der ca. 10 500 er pallelokasjoner. Disse pallelokasjonene er fordelt over tradisjonelle reoler, push-backs av både FIFO og FILO, samt fristabling på gulv. De resterende lokasjonene består av vareskuffer for små enkeltplukk, hyllelokasjoner og en vertikal vareheismodul. I tillegg til dette har bedriften flere eksterne lagre for å kunne dekke dagens lagringsbehov. De eksterne lagrene har en størrelse på totalt 5000kvm fordelt på 3 lagre. Bedriften ønsker å avvikle disse eksterne lagrene, og flytte disse eksterne varene til hovedlageret.



Figur 1: Øverst: Vertikal vareheis. Nederst, venstre: FILO push-back. Nederst, høyre: Vareskuffer og reoler.

Under pandemien 2020 erfarte bedriften at antall ordre gikk ned, som følge av nedstengningen. Skoler, barnehager og andre institusjoner hadde ikke lengre det samme behovet som tidligere, men på grunn av økt etterspørsel etter medisinske forbruksvarer som munnbind og desinfiserende middel ble det inntektsmessig et normalt år.



Figur 2: Illustrasjonsbilde over fordeling av soner i nåværende lager

Ovenfor ser vi en illustrasjon av nåværende lager med sone inndelinger. Oversiktsbildet er noe misvisende ettersom ikke alle sonene er illustrert. Grunnen til dette er at en del av sonene vi ser i artikkelregisteret (vedlegg: 2) fungerer som buffersoner, og er plassert inn i P-sonene. I tillegg finnes sonene ENDE, som er fristabling i endene av hver reol, og MOT, som er lagring i varemottaksområdet. I tabellen nedenfor ser vi en oversikt over alle nåværende sonene.

Sone	Beskrivelse
P1	Småvarer
P2	Kartongplukk og litt tyngre kjemikalier (såpe og vaskemiddel)
P3	Gjennomløpsreol for helseprodukter (Ernæringsdrikke og datovarer)
P4	Logimat vareheis, småvarer
P5	Kjølerom for temperatursensitive varer
P6	Push-back – varer med høyt omløp (hansker, søppelsekker etc.)
P7	Store plastruller
P8	Palleplukk som gir høy omsetning
P9	Småvarer
P10	Oversized
P11	Gjennomløpsreol - høy omsetning
P12	Kartongplukk

P13	Kartongplukk
P14	Push-back
P15	Eksterne varer
P20	Eksterne varer
B2	Fungerer som buffer for P2
B7	Fungerer som buffer for P7
B8	Fungerer som buffer for P8
B11	Fungerer som buffer for P11
B12	Fungerer som buffer for P12
ENDE	Dette er varer som står i endene på reolene
MOT	Mottak – her plasseres varer som er så store og uhåndterlige at de ikke ønsker å flytte på det før det skal brukes

Tabell 1: Beskrivelse av innholdet i hver varesone.

3. Teori

3.1 Automated Storage and Retrieval System – AS/RS

AS/RS er en betegnelse på et automatisert lagrings- og innhentingssystem. Disse styres som regel av datamaskiner som sørger for automatisk plassering og henting av varer. AS/RS blir ofte brukt der det er veldig stort volum av varer som skal inn og ut av lageret, lager som krever høy lagertetthet på grunn av plassmangel, der det er stort krav til nøyaktighet for å ikke skade varene og på lager der det ikke er noe form for verdiskapning, kun lagring av varer (Wikipedia, 2022).

Et AS/RS-system vil i de aller fleste tilfellene være mye raskere enn et tradisjonelt lager, der alt må håndteres manuelt. Et slikt system vil hente, etterfylle, sortere og klargjøre de varene man trenger for å utføre en ordre. Man vil også kunne få kontinuerlig oppdatering på varebeholdningen som er i systemet, i sanntid.

AS/RS systemer er generelt mer energieffektive enn tradisjonelle lager, og vil samtidig være mye mer ergonomisk for lagerarbeiderne. Det vil også bli mindre feilplukk med et slikt system og man trenger et lavere antall lagerarbeidere for å fullføre en ordre. På den andre siden er det en veldig stor investeringsutgift å implementere AS/RS-systemer, og det kan være vanskelig å installere mens lageret er i drift. Det vil også være behov for analyser av hva som skal i systemet, eksempelvis en ABC-analyse, slik at man får utnyttet systemets fulle potensiale.

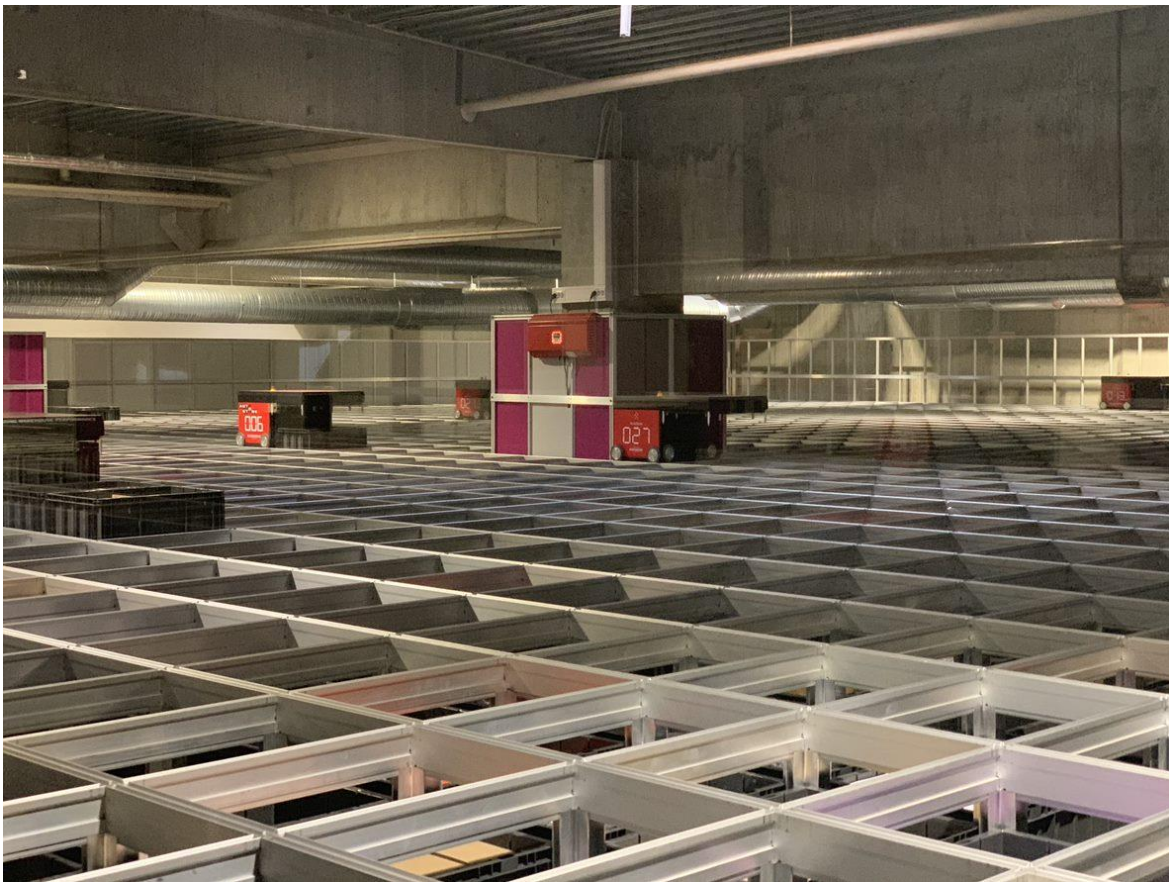
Ved implementering av automatiserte løsninger må man være bevisst på at det kan oppstå flaskehalsar hvis det automatiserte systemet er betydelig mer effektivt enn de manuelle operasjonene. Det vil derfor i de fleste tilfellene være lønnsomt å helautomatisere operasjonene i mer eller mindre grad i hele lageret.

3.2 Autostore

AutoStore er et automatisk lagrings- og innhentingssystem (AS/RS) og er per i dag det raskeste systemet på markedet for ordregjennomføring per kvadratmeter. Dette fører til at AutoStore kan tilby den høyeste lagertettheten blant alle liknende systemer (Element Logic B, 2022).

AutoStore er bygd opp av en aluminiumsramme som fungerer som systemets grid. Aluminiumsrammen gjør systemet veldig fleksibelt og kan enkelt tilpasses den tilgjengelige

plassen man har, og det er enkelt å utvide systemet hvis man får et endret behov i fremtiden. På toppen av griden er det smarte roboter som henter og leverer kassene til inn-og-ut-porter som blir bemannet av lagermedarbeidere. Her plukker man de varene man trenger fra kassen, deretter henter roboten kassen og kommer med en ny helt til man har fått fullført ordren. Portene bli benyttet både til å mate systemet med varer og uthenting av varer. I store system er det vanlig at man har noen dedikerte porter som utelukkende blir brukt til å føre varer inn i systemet. Ved behov kan man installere en karusell i porten, slik at man kan ha tre kasser å plukke fra samtidig.



Figur 3: Bilde tatt under besøk hos Get Inspired, viser hvordan robotene beveger seg i griden.

I AutoStore kan man velge mellom tre forskjellige høyder på kassene; 220mm, 330mm og 425mm. Det er i disse kassene man oppbevarer artiklene, og alle tre kassene har de samme målene for lengde og bredde, henholdsvis 649mm og 449mm, samt en vektbegrensning på 30 kg. I 90 prosent av tilfellene velger kundene av AutoStore kassehøyde på 330, da den er mest fleksibel og utnytter plassen i systemet på en bedre måte.

AutoStore har nylig fått en ny programvare, "Router", som er designet av Element Logic. Programvareplattformen sørger for en mye mer dynamisk utførelse av robotenes ruter i griden og gir et betydelig løft i administrasjon av ytelse, og den fasiliteter til en mye høyere robottetthet (Element Logic C, 2022).

Som nevnt i delkapittelet ovenfor vil automatiserte løsninger som for eksempel AutoStore ha en veldig høy investeringsutgift. I de fleste tilfeller anbefales det å ha en viss størrelse på systemet, for at det skal være økonomisk forsvarlig å investere i. Grunnen til dette er at kostnaden for blant annet programvare vil være omtrent det samme for 10 000 kasser eller 100 000 kasser. I tillegg vil det være lurt å overdimensjonere systemet noe, slik at man ikke overgår en fyllingsgrad på rundt 90 prosent. Da vil systemet bruke mye lengre tid på å hente kasser og A-varer kan raskt bli plassert på ugunstige plasser i forhold til de neste ordrene.

3.3 Automatisert pallelager

Automatiserte pallelager er som AutoStore også et automatisk lagrings- og innhentingssystem (AS/RS). Hastighet og effektivitet er avgjørende om man ønsker høyt vareomløp, og et automatisert pallelager er konstruert for å lagre og håndtere de tunge og energikrevende pallene. Ved å implementere et automatisert pallelager vil man kunne maksimere gjennomstrømning og lagertettheten, samtidig som man reduserer energiforbruket og holder lagerkostnaden nede. I tillegg vil man ikke være like avhengig av arbeidskraft for å håndtere pallene som man er i mer tradisjonelle lagre.

Et automatisert pallelager benytter seg av autonome kraner som beveger seg på et skinnesystem mellom reoler med pallelokasjoner, og utfører plukkoperasjoner i disse reolene. En slik kran er i stand til å bevege seg mye raskere enn for eksempel en manuelt operert gaffeltruck, og kan operere med mye høyere nøyaktighet. I likhet med AutoStore og andre AS/RS-systemer så har den evnen til å optimalisere lagringslokasjonene på forhånd, i henhold til kommende kundeordre. Dette fører til kortere reiseavstander for kranene per plukk, og ordre med artikler fra pallelageret vil ha potensiale til å bli raskere ferdigstilt.



Figur 4: Automatisert pallelager fra Jungheinrich (Bilde hentet fra Jungheinrich.no)

Hastigheten på kranene vil være avhengig av hvilke kraner man bruker, hvor stort systemet er, hvordan systemet bygges og fyllingsgraden. Det er derfor vanskelig å si noe om hvor mange paller man kan få inn eller ut av systemet i timen. Derfor er det viktig at leverandøren er med allerede i planleggingsprosessen, slik at de kan komme med anbefalinger helt fra starten av. Det vil være mye mer økonomisk å bygge et automatisert pallelager i høyden, ettersom man trenger mindre bygningsmasse og man trenger mindre kringang. Ved investering i et slik system, som ikke er like fleksibelt som AutoStore, vil kunden være ansvarlig for å finne ut behov med tanke på potensiell vekst, men leverandøren vil jobbe for at man har mulighet til å utvide systemet hvis behovet oppstår.

I likhet med andre AS/RS vil det også være stor investeringsutgift forbundet med implementering av et automatisert pallelager, og man bør også her overdimensjonere pallelageret noe, både for fremtidig vekst og for at fyllingsgraden ikke overstiger mer enn 85 prosent, maks 90 prosent. Grunnen til dette er at hvis pallelageret er helt oppfylt, vil ikke systemet kunne utnyttes på en optimal måte, da den vil bli tvunget til å plassere for eksempel en A-vare som skal ut om en time helt bakerst i systemet. Dermed vil systemet bruke mer tid for å hente denne pallen. I tillegg vil det bli vanskeligere for systemet å kunne gjøre såkalt dobbelsykler, der den tar en palle inn i systemet og henter ut en samtidig.

3.4 FlexSim

FlexSim er et dataprogram som kan brukes til å visualisere og simulere modeller innen produksjon, materiellhåndtering, lagervirksomhet og generelle logistikk-løsninger. Ved bruk av FlexSim kan man ved bruk av simulering avdekke eventuelle problemer og utfordringer for en gitt situasjon, før man implementerer løsningen. Programvaren er også svært godt egnet som et visualiseringsverktøy for fabrikker, lagerbygg og lignende. Gruppen har i denne oppgaven valgt å bruke FlexSim for å visualisere layout-løsninger, ettersom gruppen har erfaring med dette programmet og det er et egnet verktøy for arbeidet.

3.5 Flaw of averages

Ved bruk av gjennomsnitt i antagelser eller planlegging kan man risikere at tilfellene med store avvik fra snittet vil «falle gjennom» og ikke bli gjenspeilet i gjennomsnittsverdien. Det finnes flere reelle eksempler der man har brukt gjennomsnitt istedenfor for en distribusjon av verdiene. I 1997 gikk amerikanske meteorologer ut med et flomvarsel for elven Red river i North Dakota. Ifølge prognosene ville elven i gjennomsnitt utvide seg til 49 fot. Lokale myndigheter brukte denne gjennomsnittsverdien til planleggingen for tiltak som for eksempel barrierer. Da elven utvidet seg mer enn gjennomsnittet flere steder førte dette til skader på eiendom for 2 milliarder dollar og 50 000 ble tvunget til å flytte fra eiendommene sine (Sam Savage, 2022). Konsekvensene av å bruke gjennomsnittsverdier er at man må være bevisst over variasjonen i verdiene og at dette tas med i vurderingen av verdiene.

3.6 Lean

Lean er en filosofi, eller en tankegang som går ut på å eliminere sløsing gjennom kontinuerlig forbedring. Målet er å levere feilfrie tjenester og produkter gjennom å produsere verdi for kunden så effektivt som mulig. Historien til Lean kan spores tilbake til Eiji Toyota og Taiichi Ohno observerte hvordan masseproduksjonen av biler hos Ford ved "Fords's River Rouge Plant". Ettersom dette var like etter krigen var det stor mangel på både utstyr og kapital i Japan, som førte til at de ikke kunne investere i like moderne utstyr og teknologi som Ford kunne. På denne måten ble Toyota Production System (TPS), forløperen til Lean som vi kjenner det i dag, etablert. TPS hadde som fokus å redusere omstillingstid, småserieproduksjon, kvalitet ved kilden, vedlikehold av utstyr, "pull production" standardisert arbeid, leverandørsamarbeid,

involvering av ansatte og kontinuerlig forbedring. I utgangspunktet ble Lean utviklet for å eliminere sløsing gjennom kontinuerlig forbedring i en produksjonsprosess, men i dag er Lean like relevant innenfor for eksempel innkjøp og produktutvikling. Lean kan rett og slett bli implementert i alle deler av en bedrift (John Nicholas, 2018).

PDCA-sirkelen er et verktøy innenfor Lean som har til hensikt å skape og bevare kontinuerlig forbedring. PDCA står for "Plan, Do, Check, Act", og går ut på at man identifiserer et problem for så å bestemme tiltak som må gjøres og en plan for gjennomføring av tiltakene. Deretter gjennomfører man tiltakene etter planen som er lagt. Videre kontrollerer man om nåsituasjonen er bedre enn den var, om tiltakene var effektive eller ikke. Avslutningsvis implementerer man de tiltakene som var effektive. Disse fire trinnene gjentar man til man får ønsket effekt av det man ønsker å oppnå. Etter ønsket effekt er oppnådd kan man igjen starte prosessen for å ytterligere forbedre resultatet.

Under Covid 19 var det en bedrift i Japan som til vanlig produserte regnfrakker, som ville hjelpe med å produsere beskyttelsesdrakter til sykehusene. De klarte å produsere 500 drakter hver dag, men ble etterspurt å produsere 10 000 drakter hver dag. De var ikke i nærheten av å klare å produsere et slikt antall og satte en annonse i avisen. Toyota kontaktet dem, og hjalp de å standardisere prosedyrer og forhindre sløsing gjennom hele produksjonen gjennom kontinuerlig forbedring. Dette førte til at de klarte å produsere 50 000 drakter hver dag, altså en 100-dobling av kapasiteten de startet med. Dette er bare et av flere gode eksempel på hva små endringer gjennom kontinuerlig forbedring kan gjøre (Toyota Times, 2022).

Lean nevner åtte forskjellige former for sløsing: vrakproduksjon, overproduksjon, venting, ekstra bearbeiding, transport og håndtering, lagerhold, unødvendig bevegelse og uutnyttet potensiale hos medarbeidere. I delkapittelet 3-6-1 nevnes de formene for sløsing som vil være relevant for denne oppgaven.

3.6.1 Sløsing

Innenfor Lean-tankegangen blir lagerhold generelt sett på som sløsing. Lagerhold innebærer at råvarer eller produkter oppbevares i en kort eller lengre periode, til det oppstår et behov for den. Det blir ikke tilført noen verdi til varen i dette tidsrommet, tvert imot blir det bundet mye kapital på en vare som bare ligger på en hylle. De største kostnadene knyttet til lagerhold er:

- Kapitalbinding: Dette er egenkapital eller gjeld man har på de varene man har liggende på lager.
- Avskrivning og svinn: Dette betyr at lageret blir mindre verdt. Dette kommer av at man får skade på varer, enkelte varer forsvinner, samt at etterspørselen etter enkelte varer forsvinner på grunn av endret marked.
- Driftskostnader: Dette er kostnader forbundet med materiell, strøm, utstyr og personell. Jo mer komplekse aktiviteter som foregår i bedriften, desto høyere driftskostnader.

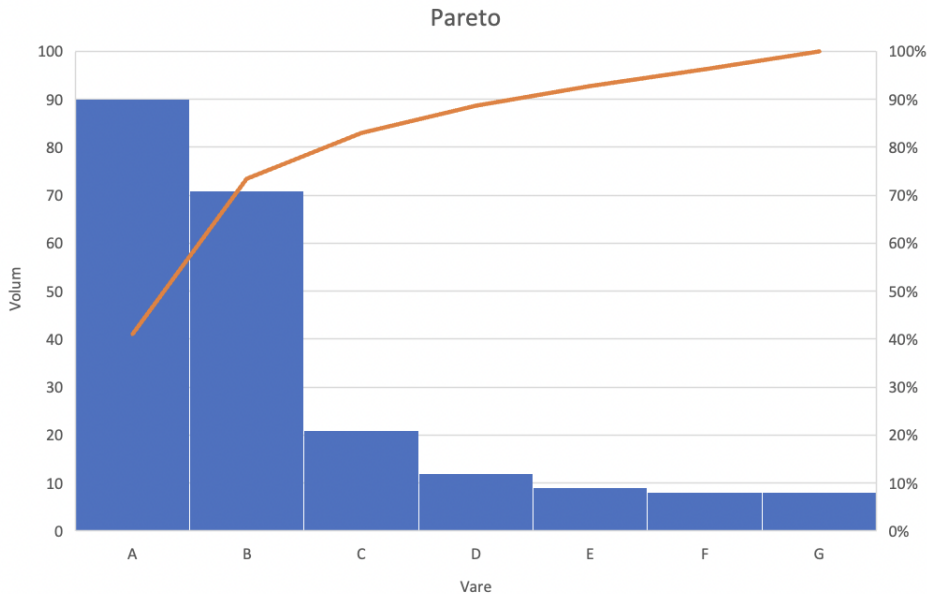
Unødvendig transport, i dette tilfellet bevegelse, blir også ansett som en kilde til sløsing. Dårlig planlagt layout kan føre til at plukkrunder og vareetterfylling får lange og unødvendige transportruter og man vil bruke mye lengre tid enn nødvendig. Hvis man optimaliserer layout vil man kunne minske transportrutene og tiden man bruker, og det vil bli mye mer ergonomisk for lagermedarbeiderne.

Venting blir også sett på som en kilde til sløsing. Det kan være venting på maskiner som utfører et arbeid, venting på lagerarbeidere, nede tid, vedlikehold eller tilsvarende. Som nevnt under delkapittel 3.1 kan det oppstå flaskehalsen hvis automatiserte løsninger er mer effektivt enn de manuelle, og da vil det også oppstå venting. Gjennom kontinuerlig forbedring vil man prøve å fjerne denne kilden til sløsing.

3.7 Pareto

En italiensk økonom på 1800-tallet med navn Pareto observerte at 85% av verdens rikdom tilhørte 15% av verdens befolkning. Videre observerte han at denne «loven» har gyldighet innenfor flere områder.

Paretos lov eller fordeling sier at en stor andel av utfallet kan spores tilbake til en liten andel årsaker. For eksempel ved en fabrikk kan 20% av artiklene stå for 80% av produksjonsvolumet. Dette kan visualiseres ved et Paretodiagram (FIGUR X). En slik graf vil visualisere om dette er tilfellet eller ikke. Regelen om 80/20 er generell og fordelingen kan være annerledes. Innenfor lagerdrift kan Paretos lov brukes til å effektivisere plukkoperasjonen. Ved å undersøke hvilke varer som plukkes mest kan man plassere varene slik at avstanden mellom plukkene blir kortest mulig. For eksempel ved å plassere en vare som plukkes hyppig nærmere plukkstasjonen. Her er det vanlig å fordele varene i tre kategorier: A, B, og C. Dette kalles for en ABC-analyse.



Figur 5: Paretodigram med kumulativt volum på venstre akse.

3.7.1 ABC-analyse

En ABC-analyse for et varesortiment i et lagerhus bruker Paretos lov til å dele sortimentet inn i prioriteringsklasser. Dette kan baseres på for eksempel profittpotensiale, ordrehyppighet eller salgsvolum. Den lille andelen med varer som forårsaker en stor andel av en eller flere av disse karakteristikene tildeles en høyere prioriteringsklassering enn resten av varene. Det samme prinsippet blir anvendt videre på de resterende varene, til ønsket antall klassifiseringer er oppnådd, vanligvis 3. Disse klassene blir vanligvis kalt henholdsvis A, B og C. Disse klassifiseringene bidrar i beslutningsprosessen om hvor varer burde plasseres i henhold til for eksempel varemottak, utgående torg eller hverandre, for å optimalisere plukkrunder og redusere sløsende tidsforbruk. For at analysen skal ha best mulig gyldighet er det viktig at analysen blir oppdatert jevnlig.

3.8 Layout (Facilities planning)

3.8.1 "The impact of change"

Under kapittel 6.9 - "The Impact of change" i *Facilities Planning*, forklares det at det er fem grunner til endring av layout:

1. Endring i design av et eksisterende produkt, eliminering av et produkt fra en produktkategori eller produktfamilie og implementering av nye produkter.
2. Endring i produksjonsmåte for et eksisterende produkt, erstatning av eksisterende prosesseringsutstyr og endring i bruken av utstyr for generelle formål og spesielle formål.
3. Endring i produksjonsmengde og tilhørende produksjonsplaner, som fører til kapasitetsendring.
4. Endring i den organisatoriske strukturen og ledelsesfilosofi angående produksjonsstrategier, som for eksempel å implementere Lean konsepter.
5. Trinnvis endring som følge av kontinuerlig forbedring.

Selv om de fem punktene stort sett nevner endring i produksjonsmønstre og mengde, vil de være like relevante innenfor lagerdrift. Hva en bedrifter selger av varer, både i størrelse og mengde, vil være avhengig av markedet, for eksempel sesongvarer. Dette vil kunne påvirke hvordan layout på lageret bør ses ut for å få et så optimalt lager som mulig.

4. Databehandling

4.1 Rådata

Alt arbeid som er gjort under databehandling i denne oppgaven er basert på filene med rådata som gruppen fikk tilsendt i starten av TLOG3011 - Prosjektlogistikk. Disse rådataene består av:

- Rådata artikkelregister: Oversikt over varenummer, beskrivelse av varen, beholdning, forpakkingsstørrelse, varesone og mål (lengde, bredde, høyde, vekt og volum). Dette er et statisk dokument, og er ikke nødvendigvis representativt for bedriftens sortiment i dag.
- Kundeordre 2020: Oversikt over bedriftens kundeordre for 2020. Her ser man hvor mange ganger en vare har blitt bestilt, hvor mange varer som ble bestilt i hver ordre, samt en oversikt over hvem og når varene ble bestilt.
- Produktivitet 2021: Denne filen beskriver bedriftens produktivitet på lageret. Her finner vi oversikt over timer brukt på: plukk, varemottak, retur osv. Samtidig finner vi plukkeeffektivitet og varemottakseffektivitet.

I filen "Rådata artikkelregister" er kolonne S, T og U markert i rødt og V, W og X markert i grønn. Alle disse kolonnene er forskjellige mål på lengde, bredd og høyde, med henholdsvis mål i millimeter og desimeter. Gruppen la merke til at målene i de røde kolonnene manglet langt flere mål enn den grønne sonen. Gruppen besluttet i samsvar med Atle Melgard å bruke målene i de grønne kolonnene og omgjøre målene til millimeter.

4.2 AutoStore

Første del av regnearket tar for seg AutoStore, og denne fremgangsmåten benyttes i både scenario 1 og 2. Her var målet å finne ut hvor mange av varene som passet inn i systemet og hvor stort systemet ble. Det ble startet med å undersøke om en artikkel passet inn i en AutoStore-kasse ved å bruke mål, det vil si lengde, bredde, og høyde. Samtidig måtte ikke artikkelen overskride AutoStores vektbegrensning på 30 kg per kasse. Artiklene måtte også tilhøre en sone som var hensiktsmessig å legge inn i AutoStore, ettersom et antall soner inneholder varer som ikke egner seg for AutoStore, for eksempel sonene P3 og P5 som består av artikler med utløpsdato og kjølevarer.

Hvis artiklene bestod disse kriteriene, ville den gå videre der det undersøkes hvor mange varer man kan få stablet i en kasse. Her prøves det med 6 mulige kombinasjoner. Videre vil den kombinasjonen som gir størst antall varer i en kasse velges samtidig som det sjekkes om dette

antallet er innenfor vektbegrensningene. Hvis de overstiger denne grensen, så vil antallet reduseres. I de tilfellene det manglet mål ble det brukt volum der det ble tatt utgangspunkt i volumet til en kasse, ganget med en oppfyllingsgrad på 70 prosent, for så å dele det på artikkelens volum.

Neste steg var å beregne hvor mange kasser man trenger for å dekke beholdningen. For å unngå at systemet skal bli for stort ble det satt en begrensning ut ifra hvilken sone varen tilhører. Begrensningene ble satt til 8 kasser på varer for småplukksonene (P1, P4 og P9) og 5 for resten. Dette valget ble tatt på grunnlag av en to-veis tabell, som varierte antallet kasser. Slik fant gruppen en trend der fyllingsgraden stagnerte rundt dette antallet. I regnearket ble det fra starten av integrert en mulighet for å sette en minstegrense for antall artikler i hver kasse, for å forhindre at systemet ble for stort. Denne verdien ble i resultatet satt til én, etter at veileder hos bedriften uttrykte ønske for dette.

4.3 Pallestabling

Den resterende beholdningen som ikke fikk plass i AutoStore, ble plassert på paller. Det ble benyttet tilnærmet samme metode som for AutoStore, med nødvendige modifikasjoner. Her ble artiklene igjen testet om de passet i systemet, men nå med målekriteriene for en europall uten overheng. Også her ble enkelte soner ignorert, på grunn av varenes art. Varene ble testet for stabling, med 6 forskjellige måter å stable varene på en pall, og den metoden som ga flest varer på en pall ble tatt med videre. Det ble sjekket at hver pall holder seg innenfor en vektbegrensning, da oppgitt maksimalvekt per pall i det automatiserte pallelageret var 800kg. Med dette ble det sørget for at enhver palle kunne settes inn i det automatiserte pallelageret, om ønskelig. Som i forrige delkapittel ble volum benyttet for å fylle opp en pall dersom artikkelen manglet mål. Det ble satt et krav for at fire eller flere artikler må få plass på en pall før varen skal bli tilegnet systemet.

4.4 ABC-analyse

Det ble gjennomført en ABC-analyse ut ifra kundeordrene for å hjelpe med layout og valg av artikler som skal lagres i det automatiserte pallelageret. Her ble artiklene analysert for hvor mange ganger de oppstod i de forskjellige ordrene, og den totale mengden i løpet av hele 2020.

Artiklene ble sortert i stigende rekkefølge etter antall ordretifeller, og tildelt prosentandeler og kumulative prosentandeler for antall ordre og totalt salgsvolum. Deretter blir artiklene tildelt en klassifisering ut ifra hvor stort salgsvolum den kumulative ordrepræsenteren utgjør. Klassifiseringssystemet ble omtalt i kapittel 3.7.1.

4.4.1 ABC-analyse Scenario 1

Det ble utført en ABC-analyse innad i hver varesone. Prosentandelene til hver klassifisering ble justert slik at artiklene ble fordelt over de tre forskjellige klassifiseringene. Denne analysen ble senere brukt til å bestemme layout i scenario 1.

4.4.2 ABC-analyse Scenario 2

I motsetning til scenario 1 ble det i scenario 2 først gjennomført en generell ABC-analyse på hele artikkelsortimentet, uavhengig sone. Herfra ble de hyppigste artiklene tildelt en ny varesone og klassifisering, PA. Denne klassifiseringen tilsvarer varer som blir satt inn i det automatiske pallesystemet. På de resterende varene ble det gjennomført en ny ABC-analyse, nå innad i hver varesone. Denne ble brukt til layout i scenario 2.

4.5 Ekskluderte soner

En rekke av lagerets eksisterende varesoner ble valgt ekskludert fra AS/RS på forskjellige grunnlag. For AutoStore ble sonene P3, P5, P7, P8, P10, P14, MOT, ENDE samt buffersonene ekskludert. P3 og P5 ble som nevnt i kapittel 4.2 tatt ut fordi de består av varer med utløpsdato og varer som trenger å stå nedkjølt. P7, P8, P10, MOT og ENDE inneholder utelukkende varer som er for store til å få plass i AutoStore. P14 er en stor FILO pushback-reol, som bedriften ikke ønsket å putte inn i et AS/RS-system. For det automatiserte pallelageret ble mange av de samme sonene ekskludert, på de samme grunnlagene. P3 og P5 på grunn av dato og temperaturbegrensinger. P7, P8 og P10 fordi varene er for store for pallelageret, og overhenget blir for stort. MOT ble også ekskludert, fordi varene på MOT var enklere å beholde ved varemottaket.

Gruppen valgte å ekskludere sonene med for store varer på grunnlag av de manglende målene på flere av varer i rådataen. En vare uten mål som i realiteten overskrider størrelseskrav vil kanskje få plass i AS/RS av regnearket, på grunn av volummetoden som blir benyttet i disse tilfellene. Ved å manuelt ekskludere disse sonene vil feilkildene senkes.

De ignorerte sonene ble integrert i regnearket på en dynamisk måte, så man enkelt kan legge til eller fjerne soner i en tabell. En mer utfyllende beskrivelse av sonene finnes i tabell 1.

5. Resultat

Her vil de resultatene fra analysene bli fremstilt visuelt i tabeller og figurer.

5.1 AutoStore

Denne tabellen beskriver resultatene for AutoStore med kasser av høyde 330mm:

Antall artikler i Autostore	7876
Automasjonsgrad	89%
Antall enheter i AutoStore	1402409
Antall enheter i %	67%
Antall kasser	12963
Varevolum(L)	12694.9

Tabell 2: Oppsummering AutoStore

Tabellene nedenfor er toveis-tabeller som viser hvorfor valget om maks antall kasser per artikkel falt på 5 og 8. Her ser vi at de fleste fyllingsgradene stagnerer på disse antallene.

	P1	P4	P9
Kasser\Fyllingsgrad	89%	55%	100%
1	49%	44%	77%
2	63%	48%	100%
3	73%	51%	100%
4	80%	53%	100%
5	84%	54%	100%
6	88%	54%	100%
7	89%	55%	100%
8	89%	55%	100%
9	89%	56%	100%
10	89%	56%	100%
11	90%	57%	100%
12	90%	57%	100%
13	90%	57%	100%
14	90%	58%	100%
15	90%	58%	100%
16	90%	58%	100%

17	90%	58%	100%
18	90%	58%	100%
19	90%	59%	100%
20	91%	59%	100%

Tabell 3: Fyllingsgrad for sone P1, P4, og P9

Kasser\Fyllingsgrad	P2	P6	P11	P12	P13	P15	P20
		72%	38%	92%	45%	84%	27%
1	40%	31%	83%	22%	56%	21%	50%
2	52%	33%	91%	31%	84%	23%	84%
3	61%	35%	91%	37%	84%	24%	90%
4	68%	36%	91%	41%	84%	26%	91%
5	72%	38%	92%	45%	84%	27%	92%
6	74%	40%	92%	47%	84%	28%	93%
7	77%	42%	92%	49%	85%	30%	93%
8	79%	43%	93%	51%	85%	31%	94%
9	80%	45%	93%	52%	85%	32%	94%
10	80%	47%	93%	54%	85%	32%	95%
11	80%	48%	93%	56%	85%	33%	95%
12	80%	50%	94%	58%	85%	34%	96%
13	81%	52%	94%	59%	85%	35%	96%
14	81%	53%	94%	61%	85%	36%	96%
15	81%	55%	94%	63%	86%	37%	96%
16	81%	57%	94%	64%	86%	37%	97%
17	81%	58%	94%	66%	86%	38%	97%
18	81%	60%	94%	68%	86%	39%	97%
19	81%	62%	94%	69%	86%	40%	97%
20	82%	63%	94%	71%	86%	41%	97%

Tabell 4: Fyllingsgrad for sone P2, P6, P11, P12, P13, P15 og P20

5.2 Pallestabling og rest

Pallestabling

Denne tabellen beskriver resultatene for stabling av artikler på pall

Antall artikler	1390
Beholdning	600097
Antall paller	4356
Varevolum(L)	22981.1

Tabell 5: Pallestabling

Rest

Denne tabellen beskriver varer som ikke passer i AutoStore eller på en europall uten overheng, og må lagres på gulv.

Antall artikler	212
Beholdning	30656
Varevolum(L)	2152.6

Tabell 6: Rest

5.3 ABC – Analyse

Som et hjelpemiddel til plassering av varer og soner i scenario 1 ble det utført en ABC-analyse for hver av de eksisterende sonene. Dette ble kalt den spesifikke ABC-analysen.

Sammenlagt i disse sonene var det 1264 artikler som fikk A-klassifisering, 1737 artikler som fikk B-klassifisering, og 5834 som fikk C-klassifisering. I tabellen 7 presenteres klassifiseringene for hver sone:

	A	B	C		A	B	C
P1	680	460	2930	P13	5	19	0
P2	124	779	1287	P14	3	8	23
P3	29	25	28	P15	15	8	42
P4	231	260	741	P20	14	22	80
P5	4	5	10	B2	0	0	2
P6	9	1	11	B7	1	0	1
P7	2	2	8	B8	0	0	1
P8	2	7	58	B11	0	0	1
P9	33	33	130	B12	0	0	0
P10	5	0	0	ENDE	8	21	35
P11	7	5	24	MOT	1	7	20
P12	91	75	373	Sum	1264	1737	5805

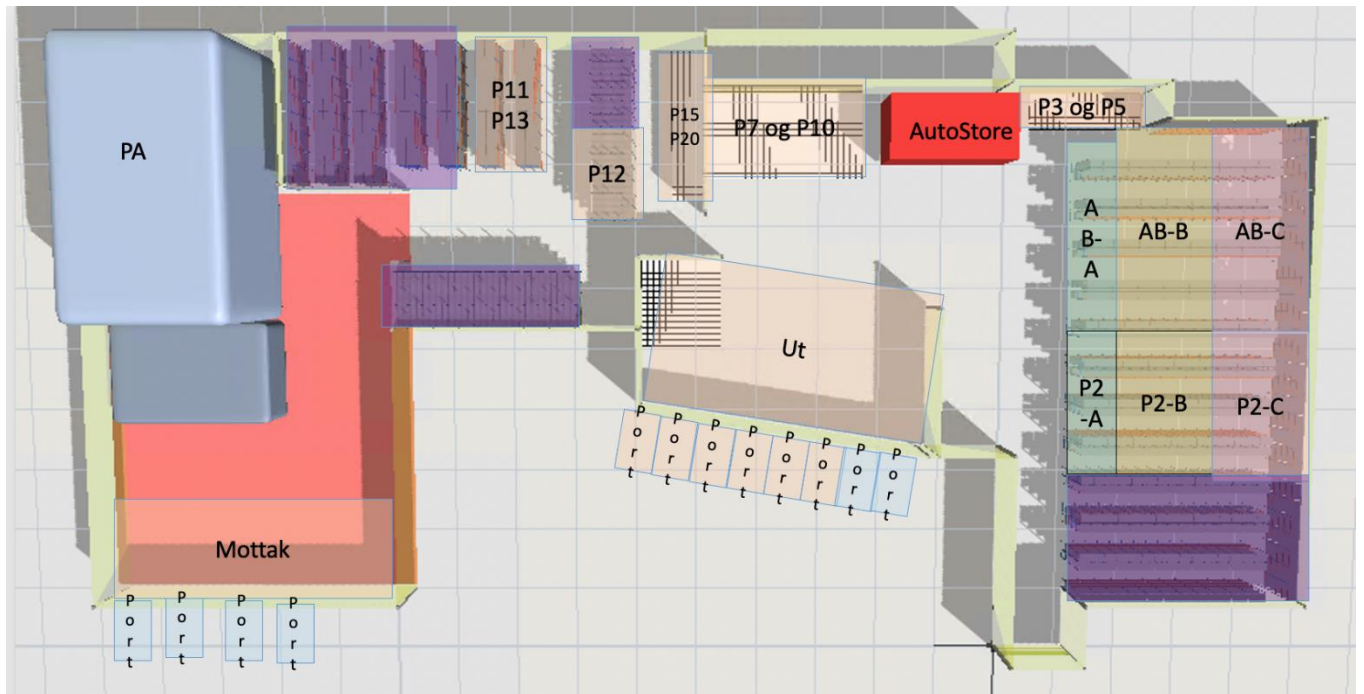
Tabell 7: ABC analyse Scenario 1, antall artikler i hver klassifisering.

Den generelle ABC-analysen for scenario 2 ble gjort i hovedsak for å plassere varer i det automatiske pallelageret. Disse fikk klassifiseringen PA, og antallet ble 2520 artikler. Videre ble det utført enda en spesifikk analyse de resterende varene, og resultatene fra denne vises i tabellen 8:

	A	B	C		A	B	C
P1	770	358	2319	P13	5	13	0
P2	171	417	472	P14	0	1	5
P3	7	3	21	P15	13	10	42
P4	155	252	508	P20	15	13	85
P5	5	3	6	B2	0	0	2
P6	1	1	3	B7	1	0	1
P7	1	1	5	B8	0	0	1
P8	4	9	19	B11	0	0	1
P9	27	22	145	B12	0	0	0
P10	2	0	0	ENDE	10	13	26
P11	5	2	11	MOT	1	7	20
P12	47	73	183	Sum	1240	1198	3875

Tabell 8: ABC analyse Scenario 2, antall artikler i hver klassifisering.

5.4.2 Scenario 2



Figur 7: Layout for scenario 2. De lilla områdene er ledig plass. Nybygget er markert med rødt gulv.

6. Diskusjon

6.1 AutoStore

Størrelsen på AutoStore ble satt til 12963 kasser, dette er med 100 % fyllingsgrad. Det faktiske antallet vil være høyere. For å få et mer optimalt system bør fyllingsgraden til systemet ikke overstige 85-90%. Derfor bør systemet utvides videre med 15 % til totalt 14933 kasser ($12963/0.85$). Imotsentning til det automatisert pallelaget er AutoStore veldig enkelt å utvide så det er i mindre grad nødvendig å tenke langt fremover i tid. Jens Gjerlaug fra Jungheinrich Norge kunne informere om at det er svært vanskelig å basere fremtidig vekst på prognoser, og at man i de aller fleste tilfeller ville bomme.

6.2 Layout

De forskjellige layoutene for de to scenarioene har noen fellestrekk. Dette er elementer av designet som gruppen fant som uhensiktsmessig å forandre på mellom scenarioene, eller bestemmelser som har skjedd på grunnlag av ønsker fra bedriften.

AutoStore-systemet ble alltid plassert så nærme varemottak og utgående torg som mulig. Dette vil alltid være ønskelig, da det minimerer transportavstanden for en plukkordre i de aller fleste tilfeller. Med en automasjonsgrad på 89% av unike artikler innad i AutoStore så vil svært mange plukkrunder ha gevinst av en nær plassering av systemet. Selve analysearbeidet med AutoStore-inventaret ble også gjort på samme måte for de to forskjellige scenarioene. P1, P4 og P9 ble slått sammen til en ny sone som delvis fungerer som buffersone til AutoStore-systemet.

Et annet element som forble uendret mellom scenarioene var pushback-reolen som danner sone P14. Det samme gjelder også en gjennomløpsreol som danner sone P6 i den originale layouten. Dette er reoler som fungerer svært bra for bedriften, og de så det ikke som hensiktsmessig å gjøre noen forandringer på denne. Derfor er plassering og innhold i denne reolen det samme for alle layouts.

6.2.1 Scenario 1

Scenario 1 omhandler hovedlageret som det eksisterer i dag, med et AutoStore-system.

ABC-analysen for scenario 1 differensierer seg fra scenario 2 ved at det kun ble tatt i bruk en spesifikk analyse for hver sone, som ble brukt for å bestemme layouten.

Det ble under ABC-analysen for scenario 2 observert en høy ordrehyppighet på varer fra de eksisterende sonene P6, P8, P11 og P14. Disse ble derfor bevisst plassert i pushback-reoler i dette scenarioet, for å sikre enkel tilgang til disse artiklene.

6.2.2 Scenario 2

I scenario 2 vil lageret bygges ut med et tilbygg på sørsiden av lageret. Her er det tiltenkt at nybygget skal inneholde det automatiserte pallelageret. For å kunne få plass til dette er tilbygget nødt til å ha en takhøyde der pallelageret skal være på minimum 22 meter. Ifølge kontaktperson i NorEngros er det kommunale reguleringer i forhold til høyde på bygg i kommunen, og en utfordring med dette kan være at bedriften er nødt til å grave seg ned for å få den ønskede takhøyden, noe som kan øke kostnadene tilknyttet dette scenarioet betraktelig.

Den største forskjellen i scenario 2 er det automatiserte pallelageret. Pallelageret har en størrelse på 57 m lengden, 23m i bredden og med en høyde på 20 meter. Kapasiteten vil være på 5076 paller. Dette for å kunne dekke dagens behov på ca. 2000 paller, men samtidig være forberedt på fremtidig vekst. Denne kapasiteten gir pallelageret evnen til å dekke hele beholdningen i sonene P8, P6, P11 og P14, i tillegg til halve P2 og deler av de resterende sonene. I motsetning til AutoStore er det automatiserte pallelageret veldig lite fleksibelt når det kommer til en eventuell utvidelse. En annen viktig faktor for å bestemme kapasitet er at fyllingsgraden ikke overskrider 85-90% da dette vil påvirke den optimale utnyttelsen av systemet. Pallelageret vil ha 3 kraner med hver sin kranegang. Pallene vil bli stablet "double deep" som vil si at det er 2 paller i dybden på hver lokasjon. Hver kran har 6 bufferlokasjoner, 3 for det som skal inn i systemet og 3 for de pallene som skal ut. Ved dette unngår eventuelle flaskehalsen ved stor pågang til lageret.



Figur 8: Plukksonen til pallelageret, med loop og buffersoner til kranene.

Plukksonen til pallelageret består av buffersoner, en påfyllingsloop og inn- og utstasjoner. Når en pall skal mates inn i systemet blir den lagt på et samleband. Dette samlebandet mates inn i en loop, eller løkke, av flere samleband. Det er videre samleband inn til hver av reolene, som fungerer som buffersoner. Om disse buffersonene ikke er fylt opp av ventende paller, så vil den innmatede pallen bevege seg fra loopen inn til en av buffersonene, før den hentes av en kran og plasseres på en reolplass. Om derimot disse buffersonene er fulle, vil pallen gå runder i loopen helt til en plass frigjøres i en av buffersonene.

En annen stor endring ved scenario 2 er at mottaket er flyttet til nybygget. Denne endringen vil sørge for en bedre fly gjennom lageret. Ettersom varene i det automatiserte pallelageret er de varene som her hyppigst ordrefrekvens vil det kreve hyppigere påfylling og det er da gunstig at avstanden fra mottak til pallelageret er så kort som mulig. Gruppen ser det også som hensiktsmessig at to av de åtte portene som eksisterer i dag blir mer eller mindre forbeholdt mottak av varer. Dette som et tiltak hvis man vet at varer som kommer inn ikke skal inn i det automatiserte pallelageret, men skal rett inn i AutoStore eller om varene skal i tilknytning til AB-sonene eller P2-sonene.

6.3 Ekskluderte soner

Som nevnt i delkapittel 4.5 har gruppen valgt å ekskludere sonene P3 og P5 ut av både AutoStore og det automatiserte pallelageret. Sone P3 består stort sett av medisinske forbruksartikler med utløpsdato, og her må de varene med omtrentlig lik utløpsdato plasseres i samme kasse for at ordreplukken skal kunne fungere optimalt. Ettersom vi ikke har noe data på dette, valgte vi å trekke hele denne sonen ut av AutoStore, så kan NorEngros plassere disse manuelt inn hvis ønskelig.

Videre så består sone P5 av temperatursensitive varer. Gruppen har tatt utgangspunkt i at temperaturen der de automatiserte løsningene blir plassert ikke vil kunne holde den temperaturen varene krever, og har derfor også ekskludert denne sonen.

6.4 Volumbesparelse

Hovedsakelig vil volumbesparelse være i form av de automatiserte løsningene. Dette er fordi at lagertettheten i disse systemene er mye høyere enn i tradisjonelle reoler. Her vil det være mye mindre luft imellom kasser og paller siden man slipper å ha mulighet til å komme til med for eksempel en lastbærer. I scenario 1 visualiseres det ikke hvor mye frigjort kapasitet det er i lageret, ettersom rådataene gruppen har fått tilsendt kan være lav i forhold til det som faktisk er realistisk, altså at varebeholdningen var lav den dagen.

For scenario 2 visualiseres ledig kapasitet med lilla farge i layouten. Her vil det være mye mer tilgjengelig plass, ettersom mye av beholdningen vil bli fullstendig plassert i det automatiserte pallelageret.

6.5 Payback

I denne oppgaven har gruppen valgt å se bort i fra payback. Det er helt opplagt at payback har mye å si for om en bedrift ønsker å investere i ny teknologi eller ikke, men uten den ekspertisen som leverandørene av slike system har, ville ikke paybacken vært realistisk. Det vi kan argumentere for er at de vil kunne kutte i årsverk, lastbærere, tid brukt per ordre, og unødvendig bevegelse ved implementering av slik teknologi. Det er i tillegg veldig vanskelig å

kunne gi konkurransefortrinn og miljø og bærekraft et prisestimat, noe man potensielt kan få ved å implementere automatiserte løsninger.

For AutoStore kunne man ha gitt et prisanslag når det gjelder investeringsutgiften med tanke på hvor stort systemet er, men det vil fortsatt være stor usikkerhet knyttet til retting av gulv, utbedring av det elektriske anlegget, brannverntiltak og andre uforutsette ting.

Det automatiserte pallelageret er det noe verre å kunne angi en ca. pris på. Hvis det skal implementeres så skal det plasseres i et tilbygg som ikke er bygd enda. Så investeringskostnaden vil være veldig avhengig av hvordan tilbygget blir, om det automatiserte pallelageret skal bygges i høyden eller ikke, og om det trengs gravearbeid for å få tilfredsstillende høyde på systemet.

6.6 Veien videre

Bedrifter står i dag ovenfor et veiskille. Digitalisere og automatisere sine prosesser, eller ikke. Industri 4.0, også kjent som den fjerde revolusjonen står over oss, og er en utvikling der internett i høy grad blir integrert inn i produksjon og produkter (Innovasjon Norge, 2015). Digitalisering og automatisering kan blant annet omfatte Big Data, Internet of Things (IoT), sensorer og robotisering, og mulighetene innenfor disse teknologiene er enorme. Hvis man ser for seg at man bruker telefonen til å sette på varme på hytten før man reiser, eller setter på støvsugeren hjemme når man er på jobb, er det mye det samme man ønsker å gjøre i industrien. Hvis en maskin trenger service, eller begynner å få en slitt del, så legger maskinen inn en bestilling automatisk uten menneskelig hjelp.

For at NorEngros skal fortsette å være en bransjeinnovatør innenfor sitt fagfelt og ha et konkurransefortrinn som kjede, anbefales det at de fortsetter å se på automatiserte løsninger og digitalisering av sine lagre. Avansert teknologi er en nødvendighet for å sikre miljøvennlige produksjonsprosesser, og det vil i tillegg sikre en tettere kobling mellom kunde og leverandør.

Johs Olsen AS har planlagt å få tatt nye mål på alle artikler de har i varesortimentet sitt. Dette skal gjøres ved hjelp av en 3D-skanner. Det anbefales å få gjort dette så raskt som mulig, for å få et noe mer realistisk bilde av hvor mye som kan inn i de automatiserte løsningene. Alle Excel-filer generert av gruppen er lagt opp slik at man kan legge inn den nye informasjonen, så vil hele arket oppdatere seg. Eneste som må oppdateres manuelt er ABC-analysene.

6.7 Feilkilder

6.7.1 Mangel på mål i rådata

Artikkelregisteret som gruppen fikk tilsendt inneholdt 8838 forskjellige artikler. Hver av disse hadde kategorier for mål som enkeltartikkel og forpakning. De målene som var av interesse for oppgaven var bredde- høyde- og lengdemål, vekt og volum. For enkeltartikler var det 3898 artikler som manglet dimensjonsmål, og for forpakninger var det 3927 artikler som manglet mål. For disse artiklene ble det benyttet volum for å bestemme hvor mange artikler som passet i hver kasse og pall i AS/RS-systemene. Dette anses som en vesentlig kilde til feil, da det i realiteten kan være færre varer som får plass i kassen, på grunn av varens faktiske mål.

Det ble også benyttet snittvolum for varer som ikke hadde verdi for dette. Gjennomsnittet ble beregnet ut ifra andre varer med verdi for volum som befinner seg i den samme sonen. Som et eksempel ble en vare uten verdi for volum fra sone P2 tildelt en gjennomsnittsverdi av de varene i P2 som hadde oppgitt volum. Dette ble gjort spesifikt for soner for å få en bedre representasjon av den typiske vare som befinner seg i hver sone.

6.7.2 Koronapandemien

Rådataene over beholdning, kundeordre og produktivitet er hentet fra 2020. Grunnen til dette er gruppas tidligere prosjekt med bedriften der disse dataene ble brukt, og partene så det som hensiktsmessig å bruke samme rådata videre til bacheloroppgaven. En utfordring ved å bruke rådata fra 2020 er at det for bedriften var et unormalt år, der de opplevde stor forskyvning mot helserelaterte produkter grunnet korona-pandemien. I fremtiden vil denne forskyvingen avta, og bedriftens ordeprofil vil gjenstilles til normalt.

7. Konklusjon

Gruppen konkluderer med at bedriften NorEngros Johs Olsen AS bør investere i automatiserte løsninger. Dette med bakgrunn i at bedriften kan optimalisere volumutnyttelse, avvikle eksternlager og øke plukkeeffektivitet. I tillegg, for å kunne fortsatt være og forbli en bransjeinnovatør bør det investeres i automatiserte løsninger. Dette for å gi et konkurransefortrinn, og samtidig øke bærekraftigheten i bedriften så fremt som for miljøet.

Scenario 1 med AutoStore vil fungere bra for bedriften slik situasjonen er i dag. AutoStore-systemet i seg selv vil bare ta unna en viss mengde, og hvis systemet blir for stort vil det fungere som et statisk lager som fjerner den unike fordelene med systemet, plukkeeffektivitet. Bedriften kan utvide gradvis, men bør på sikt tilstrebe en løsning som i scenario 2, der man implementerer et automatisert pallelager.

Gruppen anser scenario 2 som mest gunstig, da dette legger best forutsetninger for å nå bedriftens ambisjoner om å nå målsetningen på 1 milliard i omsetning innen 2025. I dette scenarioet vil man spare mye mer volum i lageret, da både AutoStore og det automatiserte pallelageret har en mye større lagertetthet enn tradisjonelle lager. I tillegg vil man ha mulighet til å vokse i my større grad i dette scenarioet enn i scenario 1.

Hvis mot formodning bedriften ikke ønsker å investere i automatiserte løsninger, anbefales det at de gjennomfører en ABC-analyse og plasserer artikler i henhold til den. Dette vil bidra til å øke den nåværende plukkeeffektiviteten.

Referanseliste:

NorEngros A (2022), Om NorEngros. Tilgjengelig fra: <https://www.norengros.no/om-norengros> (Hentet 5 Mars 2022)

NorEngros B (2022), Kvalitetssikring ISO. Tilgjengelig fra: <https://www.norengros.no/kvalitetssikring-iso> (Hentet 5 Mars 2022)

NorEngros C (2022) Slik jobber NorEngros med miljø og bærekraft. Tilgjengelig fra: <https://www.norengros.no/miljo> (Hentet 5 Mars 2022)

NorEngros D (2020) Bærekraft-rapport. Tilgjengelig fra: https://issuu.com/norengros.no/docs/norengros-b_rekrafterrapport-2020?fr=sZGRjMTYyMjYzNw (Hentet 5 mars 2022)

NorEngros E (2022) Nytt pakkesystem kan redusere kollibrbruk med 50 prosent. Tilgjengelig fra: <https://www.norengros.no/nytt-pakkesystem-kan-reducere-kollibruken-med-50-prosent> (Hentet 5 Mars 2022)

Element Logic A (2022) Om oss. Tilgjengelig fra: <https://www.elementlogic.no/om-oss/> (Hentet 5 Mars 2022)

Jungheinrich (2022) Om oss. Tilgjengelig fra: <https://www.jungheinrich.no/om-oss> (Hentet 10 Mars 2022)

Store Norske Leksikon (2021) Kvanatitativ Metode. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvantitativ_metode (Hentet 5 Mars 2022)

Estudie.no (2022) Data og datatyper. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/data/> (Hentet 10 Mars 2022)

Cappelen Damm (2022) Mangfold. Tilgjengelig fra: <https://mangfold.cappelendam.no/vgsamf/tekst.html?tid=1006552> (Hentet 4 April 2022)

Wikipedia.com (2022) Automated storage and retrieval systems. Tilgjengelig fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_storage_and_retrieval_system (Hentet 4 April 2022)

Element Logic B (2022) Sikre ditt fremtidige konkurransefortrinn med AutoStore. Tilgjengelig fra: <https://www.elementlogic.no/losninger-og-tjenester/autostore/> (Hentet 5 Mars 2022)

Element Logic C (2022) AutoStore empowered by Element Logic, just got even better. Tilgjengelig fra: <https://www.elementlogic.net/autostore-the-best-as-rs-solution-even-better-with-the-router/> (Hentet 10 April 2022)

Sam Savage (2002) Flaw of averages. Tilgjengelig fra: <https://hbr.org/2002/11/the-flaw-of-averages> (Hentet 10 April 2022)

John Nicholas (2018) Lean production for competitive Advantage (s 8-13)

Toyota Times (2022) How it happened: Toyota production system leads to 100-fold increase in protective gown production: Part 1. Tilgjengelig fra: https://toyotatimes.jp/en/spotlights/chief_editor/048.html (Hentet 20 April 2022)

Innovasjon Norge (2015) Hva er egentlig industri 4.0? Tilgjengelig fra:
<https://verdiskaper.wordpress.com/2015/10/22/hva-er-egentlig-industri-4-0/> (Hentet 20 April 2022)

Vedlegg

Vedlegg 1: Bedriftspresentasjon

Vedlegg 2: Artikkelregister

Vedlegg 3: Kundeordrer

Tabeller

Tabell 1: Beskrivelse av soner

Tabell 2: Resultat fra AutoStore

Tabell 3: Fyllingsgrad for soner P1, P4 og P9

Tabell 4: Fyllingsgrad for soner P2, P6, P11, P12, P13, P15 og P20

Tabell 5: Pallestabling

Tabell 6: Rest

Tabell 7: ABC-analyse scenario 1

Tabell 8: ABC-analyse scenario 2

Figurer

Figur 1: Bilder av nåsituasjon

Figur 2: Illustrasjonsbilde over fordeling av soner i nåværende lager

Figur 3: Bilde tatt under besøk hos Get Inspired

Figur 4: Automatisert pallelager fra Jungheinrich

Figur 5: Paretodiagram

Figur 6: Layout for scenario 1

Figur 7: Layout for scenario 2

Figur 8: Plukksonen til pallelageret

