



Bacheloroppgave

PET600 Petroleumslogistikk og økonomi

ØKL600 Bærekraftig logistikk og sirkulær økonomi

**Industri 4.0: Påvirkning og potensiale i lagerstyring -
En studie av teknologiske innovasjoner og deres
effekter**

**Vemund Wiig Birkedal, Mathias Eliassen Ekrene, Bendik
Ekornhol Ose**

Totalt antall sider inkludert forsiden: 84

Kristiansund, 30.05.2023



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§16 og 36.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert, jf. høgskolens regler og konsekvenser for fusk og plagiat	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Personvern

Personopplysningsloven

Forskningsprosjekt som innebærer behandling av personopplysninger iht. Personopplysningsloven skal meldes til Sikt for vurdering.

Har oppgaven vært vurdert av Sikt?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

- Hvis nei:

Jeg/vi erklærer at oppgaven ikke omfattes av Personopplysningsloven:

Helseforskningsloven

Dersom prosjektet faller inn under Helseforskningsloven, skal det også søkes om forhåndsgodkjenning fra Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, REK, i din region.

Har oppgaven vært til behandling hos REK?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Terje Bach

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Dato: 30.05.2023

Antall ord: 19838

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet vårsemesteret i 2023, og er siste del av vårt studieløp ved Høgskolen i Molde avdeling Kristiansund. Studentene som har skrevet oppgaven har gått studieløpet for bachelor i petroleumslogistikk og økonomi, og bachelor i bærekraftig logistikk og sirkulær økonomi. Oppgaven går derfor under fagene PET600 og ØKL600 og teller 15 studiepoeng. Temaet i oppgaven er lagerstyring, teknologi og bærekraft. Vi har igjennom vårt studieløp opparbeidet oss kunnskap innenfor samtlige av disse temaene og har derfor valgt en problemstilling hvor samtlige temaer kan kombineres.

Partene som har vært involvert i oppgaven:

- Studiested: Høgskolen i Molde
- Veileder: Terje Bach
- Studenter: Vemund Wiig Birkedal (ØKL600), Mathias Eliassen Ekrene (PET600) og Bendik Ekornhol Ose (PET600)

Vi ønsker først og fremst å rette en takk til vår veileder Terje Bach som har vært en viktig støttespiller for utarbeiding av denne bacheloroppgaven og bidratt med gode ideer, faglig kompetanse og konstruktive tilbakemeldinger. Vi ønsker samtidig å rette en generell takk til all familie og venner som har bidratt med motivasjon og støtte igjennom vårt studieløp.

Det å skrive en bacheloroppgave har vært en krevende prosess som har inneholdt både oppturer og nedturer. Gjennom arbeidet med å skrive oppgaven har vi opparbeidet oss mye ny lærdom, både i forbindelse med utarbeiding av akademiske oppgaver og kunnskap om temaene vi har skrevet om. Vi sitter igjen med en bacheloroppgave som vi tar stolthet i og som vi håper representerer utdanningen vi har gjennomført.

Sammendrag

Tittelen for bacheloroppgaven er: «Industri 4.0: Påvirkning og potensiale i lagerstyring – En studie av teknologiske innovasjoner og deres effekter». Hensikten med oppgaven er å undersøke hvilke virkninger teknologi fra den fjerde revolusjon vil ha for lagerstyring. Problemstillingen i oppgaven er «Hvilke potensielle virkninger kan industri 4.0-teknologi ha for bedrifter som jobber med lagerstyring?» med følgende forskningsspørsmål; «Hvordan kan industri 4.0-teknologi transformere lagerstyring for bedrifter?» og «Hvordan kan industri 4.0-teknologi bidra til å redusere det miljømessige fotavtrykket knyttet til lagerstyring?». Oppgaven er basert på en kvalitativ tilnærming, hvor dokumentundersøkelse ble brukt som metode for å samle inn data. Basert på egenskapene og bruksområdene til teknologiene fra industri 4.0 har vi gjort funn av styrker og svakheter knyttet til ulike deler av lagerstyring. Det er ikke teknologiene i seg selv som vil utgjøre den store forskjellen, men kombinasjonen av ulike teknologier. Det vil være fordelaktig å implementere teknologi fra industri 4.0, men graden av implementasjon som er lønnsomt vil variere fra bedrift til bedrift. Teknologiene vil føre til økt effektivitet og kvalitet, samtidig som det legger til rette for optimalt lagerhold og kostnadsbesparelser. Implementering av teknologiene fører til bærekraftige fordeler slik som økt energieffektivitet og reduserte mengder med klimautslipp, ressursbruk og avfall. Det er essensielt at bedrifter som ønsker å modernisere, utfører tilstrekkelig med langsiktige kostnadsanalyser før de tar beslutningen for hvilke teknologier de skal implementere. Resultatet av undersøkelsen viser at teknologi fra industri 4.0 vil gi positive følger for lagerstyring, men betinger at bedrifter gjør tilstrekkelig med vurderinger før implementasjon.

Innhold

1.0	Innledning	1
1.1	Problemstilling	3
1.2	Oppbygning.....	3
2.0	Metode	5
2.1	Data	6
3.0	Teori	7
3.1	De industrielle revolusjonene.....	7
3.1.1	Industri 1.0	7
3.1.2	Industri 2.0	7
3.1.3	Industri 3.0	8
3.1.4	Industri 4.0	9
3.2	Teknologi fra industri 4.0.....	10
3.2.1	Kunstig intelligens	10
3.2.2	Maskinlæring	11
3.2.3	Stordata	12
3.2.4	Automasjon	13
3.2.5	Blokk-kjede	14
3.2.6	Menneske-maskin	15
3.2.7	Cloud	16
3.2.8	Digital tvilling	17
3.2.9	Tingenes internett.....	18
3.3	Lagerstyring	19
3.3.1	Tradisjonell lagerstyring	19
3.3.2	Lagerstyring industri 4.0	21
3.3.3	Reisen til en pall i et industri 4.0 lager	21
3.3.4	Utfordringer innenfor lagerstyring.....	23
3.3.5	Måling av effektivitet innen lagerstyring.....	24
4.0	Presentasjon av funn	26
4.1	Styrker	26
4.1.1	Optimalisering av lagerkapasitet.....	26
4.1.2	Effektivisere ordreplukking	29
4.1.3	Sikkerhet	31

4.1.4	HMS og arbeidsforhold.....	31
4.1.5	Kvalitet og menneskelig svikt.....	33
4.1.6	Prognoser	35
4.1.7	Varetransport.....	36
4.1.8	Arbeidsplasser	38
4.2	Svakheter.....	39
4.2.1	Kapitalkostnader	39
4.2.2	Sikkerhet	40
4.2.3	Avhengighet av teknologi	41
4.2.4	Økt energiforbruk.....	42
4.2.5	Teknologiutvikling.....	43
4.2.6	Kompleksitet	44
4.2.7	Arbeidsplasser	45
4.2.8	Vedlikehold	46
5.0	Bærekraftig lagerstyring i en industri 4.0-verden	48
5.1	Bærekraft.....	48
5.2	Den tredelte bunntinjen	49
5.3	Sirkulær økonomi.....	50
5.4	Bærekraftig lager.....	52
5.5	Potensielle muligheter for implementering av bærekraft.....	53
5.5.1	Energieffektivitet	55
5.5.2	Utnyttelse av grønn energi	55
5.5.3	Ressursbruk, avfall og klimautslipp.....	56
5.6	Utfordringer relatert til implementering av bærekraft	57
5.6.1	Kostnader	57
5.6.2	Kompleksitet	57
6.0	Diskusjon.....	59
6.1	Hvordan kan industri 4.0-teknologi transformere lagerstyring for bedrifter?.....	59
6.2	Hvordan kan industri 4.0-teknologi bidra til å redusere det miljømessige fotavtrykket knyttet til lagerstyring?.....	61
7.0	Konklusjon.....	64
8.0	Referanser	65

Liste over figurer

Figur 1 Figur av reisen til en pall i et industri 4.0 lager.....	21
Figur 2 Figur som viser utfordringene ved balansering av prioriteringene i lagerstyring ..	23
Figur 3 Figur som viser sammenhengen mellom industri 4.0 teknologier og lageroptimalisering.....	27
Figur 4 Figur av et semi-automatisk plukksystem (Witron, u.å.-a).....	29
Figur 5 Figur som viser sammenhengen mellom teknologi fra industri 4.0 og HMS	32
Figur 6 Figur som viser oversikt over menneskelige feil. Basert på figur fra Health and Safety Executive (Health and Safety Executive, u.å.).....	33
Figur 7 Figur som viser prinsippet for prognostisering.....	35
Figur 8 Figur som viser prinsippet med ruteplanlegging.....	37
Figur 9 Figur av integrasjonsutfordringer i industri 4.0. Fornorsket og basert på (Sanchez et al., 2020).....	45
Figur 10 Figur av FNs bærekraftsmål (FN-sambandet, 2023).....	48
Figur 11 Figur som viser den tredelte bunnlinjen (YTE, u.å.).....	49
Figur 12 Figur som viser prinsippet med sirkulær økonomi (Bedin, u.å.).....	51

Liste over tabeller

Tabell 1 Tabell som viser målepunkter for varehusproduktivitet. Fornosket, forenklet og basert på modell fra (Karim et al., 2020).....	24
---	----

1.0 Innledning

Verden endrer seg i et større tempo enn noen gang tidligere. Ny teknologi blir stadig utviklet og er et sentralt tema i dagens næringsliv. Teknologitvutviklingen kan gi bedrifter mulighet til å forbedre sine funksjoner og prosesser, men det krever også at bedrifter er villige til å tilpasse seg og være mottagelige for endring. Dette blir understreket i en artikkel fra Norges Bank, der 266 norske bedrifter ble intervjuet om digitalisering.

Artikkelen påpeker at digitalisering kan føre til økt effektivitet, produktivitet og salg, samt et kontinuerlig større forbruk av digital teknologi. Dette kan føre til at bedrifter vil havne bakpå og til slutt tape konkurransekraft dersom de ikke tar i bruk ny teknologi (Brekke, 2019). Teknologisk utvikling er altså av stor betydning for de aller fleste bedrifter, også innenfor logistikk.

Det finnes mange definisjoner av logistikk. Ifølge Store norske leksikon er logistikk det å formidle, motta og sende gods, samt planlegging, lagring og administrasjon av håndtering av materialer og produkter i en bedrift (Spurkeland, 2023). Martin Christopher skriver at logistikk i hovedsak er en planleggingsorientering og et rammeverk som søker det å lage en enkelt plan for flyten av produkter og informasjon gjennom en virksomhet (Christopher, 2016). Dette er to eksempler på definisjoner fra et leksikon og en lærebok og vi kan allerede her se at en klar fellesnevner er planlegging og forflytning av varer. Den samme fellesnevneren er til stede om vi ser på definisjonen fra en tilbyder som driver med logistikk. DHL skriver at logistikk referer til planleggingsrammen som gjør det mulig for virksomheter å lagre og transportere varer til sine kunder. Det dekker innkjøp, lagerstyring, distribusjon, lager, transport, pakking og risikostyring (DHL, 2023). Definisjonene er mange og brede, men en fellesnevner i samtlige er at logistikk omhandler forflytning av varer og generelt sett alt som tilhører denne prosessen. Prosessen består av en lang kjede med ledd og omtales som forsyningskjeden. Logistikk er med andre ord et stort fagfelt som inneholder mange aktiviteter. Aktivitetene må planlegges og utføres korrekt for å kunne flytte varer på den måten det er ønskelig. Det er kanskje nettopp derfor det finnes flere definisjoner for logistikk, da det ikke alltid er like lett å definere alt som inngår i begrepet.

Vanligvis ville en ikke tenkt at teknologi har så stor sammenheng med logistikk, da definisjonen av disse to begrepene omhandler ulike ting. Logistikk og teknologi kan kombineres for å optimalisere aktiviteter innenfor logistikk. Teknologi kan benyttes innenfor alle segmentene som logistikk berører og den stadige utviklingen av teknologi legger til rette for at logistikken stadig kan utvikles og forbedres. Gartner spår at innen 2026 vil 75 prosent av store bedrifter ha implementert en form for smart-roboter i sin lagervirksomhet og at over 75 prosent av kommersielle leverandører vil benytte seg av avanserte analyser og kunstig intelligens (Hippold, 2022). Gartner er et verdensomspennende konsulentselskap som tilbyr handlingsdyktig og objektiv innsikt til ledere og deres team, slik at avgjørelser kan gjøres raskere og smartere for at selskapet skal kunne yte bedre på sine prioriteringer (Gartner, u.å.). Rollen til teknologi innenfor logistikk har aldri vært viktigere og kommer til å bli enda viktigere i fremtiden. Spesielt innenfor fagområdet lagerstyring, som er en del av logistikk. Lagerstyring er en av de viktigste aspektene i en virksomhet (Singh & Verma, 2018). Her kan det være et stort potensial for implementering av nye teknologier. Teknologi kan bli en essensiell faktor for å kunne håndtere utfordringene innenfor balanseringen av kostnader og ytelse i lagerstyring.

I likhet med teknologien har bærekraft aldri vært viktigere og vil bli en mer sentral del av lagerstyringen i tiden som kommer. Det er kritisk at alle deltar for å kunne skape bærekraftige løsninger og det inkluderer også logistikk. Ifølge FN har vi et svært kort tidsrom til å stoppe klimaendringene. Det vil bli utfordrende å sikre en levedyktig og bærekraftig fremtid for alle dersom klimaendringene ikke stoppes. De klimaendringene vi står ovenfor er en trussel mot velferden og naturen som vi mennesker behøver for å overleve (*Klimaendringer*, 2023).

Logistikk, bærekraft og teknologi er knyttet tett sammen. De er alle viktige elementer som vil spille en stor rolle i fremtiden for at det skal være mulig å oppnå de målene som er satt av hver enkelt bedrift, men også for å kunne nå de overordnede internasjonale målene innen bærekraft. Samkjøring av disse elementene vil legge til rette for nye og bedre måter å utføre logistikk på og derfor et tema som med fordel kan belyses.

1.1 Problemstilling

Problemstillingen vi har valgt for oppgaven er; «Hvilke potensielle virkninger kan industri 4.0-teknologi ha for bedrifter som jobber med lagerstyring?».

Problemstillingen bygger på de sentrale komponentene en problemstilling kan brytes ned i. Disse sentrale komponentene omhandler hva vi er interessert i, hvem vi er interessert i, hvor undersøkelsen skal finne sted og når undersøkelsen skal finne sted. Disse fire elementene må være til stede for at problemstillingen skal være forskbar (Jacobsen, 2015, s. 74). Vi har deretter valgt å bryte problemstillingen ned i to ulike forskningsspørsmål for å kunne få frem to ulike perspektiver av problemstillingen som er sentrale i dagens samfunn som vi ønsker å fokusere på. Det ene perspektivet er rettet mot bedrifter som jobber med lagerstyring og hvilke muligheter som åpner seg med industri 4.0. Det andre perspektivet er rettet mot hvordan dette påvirker miljømessige faktorer innenfor lagerstyring.

Problemstillingen er brutt ned til følgende forskningsspørsmål:

Forskningsspørsmål 1: «Hvordan kan industri 4.0-teknologi transformere lagerstyring for bedrifter?».

Forskningsspørsmål 2: «Hvordan kan industri 4.0-teknologi bidra til å redusere det miljømessige fotavtrykket knyttet til lagerstyring?».

Det er disse forskningsspørsmålene vi skal forsøke å besvare igjennom oppgaven, før vi til slutt besvarer den overordnede problemstillingen i sin helhet.

1.2 Oppbygning

Utformingen av oppgaven er basert på slik en normal akademisk oppgave er oppbygd. Oppgaven starter med forord hvor vi presenterer de som har tatt del i oppgaveskrivingen, veiledningen, samtidig som det belyses hvor inspirasjonen til oppgaven er hentet fra. Videre følger det et sammendrag av oppgaven som skal gi leseren en idé om hva oppgaven omhandler. Innledningen belyser bakgrunn for valg av tema, presenterer problemstillingen og en disposisjon som forteller hvordan oppgaven er bygget opp. Vi beveger oss deretter videre til et kapittel som omhandler valg av metode for oppgaven og informasjon om hvordan datainnsamlingen har foregått. Etter dette beveger vi oss over til teoridelen av oppgaven. Her går vi over utviklingen av de industrielle revolusjonene, egenskapene til

teknologiene som tar del i den fjerde industrielle revolusjon og teori som omhandler lagerstyring og logistikk. Vi ser deretter på virkningene disse teknologiene har for lagerstyring for å kunne knytte dette opp mot problemstillingen og besvare vårt første forskningsspørsmål. Det påfølgende segmentet omhandler teori om bærekraft og belyser vårt andre forskningsspørsmål. Avslutningsvis vil vi drøfte de ulike forskningsspørsmålene, før problemstillingen til slutt konkluderes i sin helhet.

2.0 Metode

Vi har i denne bacheloroppgaven valgt å utføre en kvalitativ studie hvor datainnsamlingen er gjort via metoden dokumentundersøkelse. Vi har valgt denne studieformen og metode for innsamling av data på grunn av fleksibiliteten dette gir oss. Samtidig ønsket vi å skrive en oppgave som baserer seg på informasjon som finnes på internett og i lærebøker.

Innenfor samfunnsvitenskapelige metoder skiller vi som regel mellom kvantitative og kvalitative metoder. Dette er to ulike retninger for innsamling av data. Metodene forteller oss noe om hvilken type data som samles inn. En kan sette et veldig generelt skille mellom disse metodene basert på informasjonen som innhentes. Kvantitative data samles inn i form av tall, mens kvalitative data samles inn i form av ord. Det er ingen av disse formene for data som i seg selv er bedre enn den andre, men de ulike formene egner seg til ulike spørsmål og problemstillinger (Jacobsen, 2015, s. 125).

Det er ikke bare type innsamlet data som skiller den kvalitative og den kvantitative metoden, men det er forskjeller i det metodiske opplegget for de ulike metodene. Den kvalitative tilnærmingen er fleksibel, og dette gir rom for at man underveis i undersøkelsen har mulighet til å endre den originale problemstillingen etter hvert som undersøkelsen pågår. Innsamlet data blir analysert når den er innhentet og en kan videre fra dette justere videre datainnsamling. En kvantitativ tilnærming er derimot mer rigid og følger en mer sekvensiell prosess ved innsamling av data, hvor et sett med kvantitative data må komme før det neste settet med data. Dette fører til at denne tilnærmingen blir mindre fleksibel og det vil være vanskelig å gjøre endringer underveis uten at dette skulle medført kostnader eller ødelegge troverdigheten til undersøkelsen. En kvalitativ tilnærming er best egnet der en ikke vet så mye om temaet og problemstillingen er uklar, mens en kvantitativ tilnærming egner seg best når en har gode forhåndskunnskaper om temaet og problemstillingen er relativt klar (Jacobsen, 2015, s. 129–136). Det finnes flere fordeler og ulemper med den kvalitative og kvantitative tilnærmingen, men dette er de punktene som er vesentlige for valget av metode i denne bacheloroppgaven. Den kvalitative tilnærmingen la til rette for at vi kunne velge en bred problemstilling som vi senere har hatt mulighet til å justere på når vi har fått opparbeidet oss mer kunnskap om temaet og fått valgt det aspektet vi ønsket å fokusere på.

2.1 Data

En dokumentundersøkelse baserer seg i hovedsak på at en bruker dokumenter for å fremskaffe empiriske data. Empiri er erfaring eller data og brukes i forskningssammenheng om den kunnskapen som er hentet ved bruk av systematiske observasjoner eller undersøkelser (Malt & Tranøy, 2021). Den empiriske dataen som er benyttet i denne oppgaven er hentet ut fra en rekke ulike kilder. Når man utfører en dokumentundersøkelse, er det helt nødvendig å være kritisk ved utvelgelsen av dokumentene man tar i bruk. Dette er essensielt for å sikre troverdigheten til informasjonen i dokumentene og samtidig kunne holde oppgaven på et høyt nivå kvalitetsmessig.

Vi har derfor gjennom oppgaven vært kritiske til kildene vi har valgt og kun benyttet oss av informasjon som stammer fra aktører vi anser som pålitelige. Vi har igjennom oppgaven benyttet oss av flerfoldige forskningsartikler som er funnet via databaser som Emerald Publishing. Emerald Publishing er en verdensledende digital publisist som bestiller, kurerer og viser frem forskning som kan gjøre en reell forskjell, samtidig som de samarbeider med flere tusen universiteter og skoler for å dele kunnskap (Emerald, u.å.). Vi har også benyttet oss av informasjon funnet hos Store norske leksikon som er et komplett oppslagsverk som er skrevet av fagfolk hvor alt av innhold er vitenskapelig fundert (*Om Store norske leksikon*, 2023). I tillegg har vi tatt i bruk lærebøker fra studietiden. Til slutt har vi benyttet oss av informasjon fra store tilbydere og aktører som leverer produkter og tjenester innen lagerstyring. Troverdigheten til disse anser vi som høy grunnet størrelse og renomméet til aktørene. Vi stoler på at samtlige dokumenter stammer fra pålitelige aktører og at dette sikrer at innhentet informasjon er korrekt.

Valget av kilder gjør at vi kan være sikre på at det tilfredsstillende de to kravene til empiri, validitet og relabilitet. Validitet forteller oss hvorvidt informasjonen er gyldig og relevant, og gir oss svar på de spørsmålene som er stilt. Relabilitet forteller oss hvorvidt informasjonen er pålitelig og troverdig, og at innholdet er til å stole på (Jacobsen, 2015, s. 16–17).

3.0 Teori

Dette kapitlet består av teori for å kunne gi innsikt i relevant informasjon knyttet til forskningsspørsmålene og problemstillingen. En slik litteraturgjennomgang vil gi grunnlag til å forstå den teorien vi bruker. Vår litteraturgjennomgang starter med å presentere utviklingen av de ulike industrielle revolusjonene for å gi en oversikt over hvor teknologiene i industri 4.0 stammer fra. Vi vil videre se nærmere på de spesifikke teknologiene som industri 4.0 har ført med seg og hvilke egenskaper disse teknologiene har. Til slutt vil vi se på teori som omhandler tradisjonell og moderne lagerstyring, samt modeller som er knyttet til disse teoriene.

3.1 De industrielle revolusjonene

3.1.1 Industri 1.0

Industri 1.0 eller den første industrielle revolusjon viser til perioden mellom 1700- og 1800-tallet der mesteparten av menneskeheten gikk fra å lage produkter for hånd til å lage det i fabrikker. Denne revolusjonen hadde en effekt på flere industrier som inkluderer tekstil, bryggeri, jernproduksjon, metaller, sagbruk og glass. Formålet med produksjonen var ofte å dekke produsentens egne behov eller behovet til en liten krets av kjente kjøpere. Den første industrielle revolusjon startet i England og dette grunnet en rekke oppfinnelser i den siste halvdel av 1700-tallet. Før dette var vann- og muskelkraft den største drivkraften. Vannkraft ble erstattet med dampkraft og revolusjonerte flere bransjer, samtidig som det ga tilgang til flere transportmuligheter. Tekstilindustrien ble nå utført i fabrikker i stedet for private hjem. Damplokomotiv og dampbåter ble introdusert og økte import- og eksportaktivitetene i landet drastisk. Revolusjonen la grunnlaget for industrikapitalismen (Schrumpf et al., 2023).

3.1.2 Industri 2.0

Den andre industrielle revolusjonen oppstod sent på 1800-tallet og varte frem til rundt år 1920, som følge av den nye tilgangen til transport og ressurser. Den viktigste årsaken for denne revolusjonen var å bruke elektrisitet som energikilde. Dette teknologiske gjennombruddet førte til nye prosessmetoder som elektrometallurgisk industri (Taugbøl, 2023). Elektrometallurgisk industri omhandler primærproduksjon, raffinering, omsmelting og utstøping av metaller ved hjelp av elektrisk energi. Eksempler på produkter som

produseres i denne industrien er aluminium og gjødsel. Begge disse typene metallurgisk industri er store eksportfaktorer for Norge (Christensen & Ryum, 2023).

Det ble gjort rikelig med investeringer innen fossekraft i Norge tidlig på 1900-tallet som følge av den andre industrielle revolusjonen. Vannkraft ble omtalt som «Norges hvite kull» og var Norges første steg mot et moderne samfunn. Det ble bygget kraftstasjoner som hadde verdens beste i ytelse på tiden de ble bygget. I nærheten av disse kraftstasjonene ble det ofte bygget fabrikker for å ha nærhet til energikilden (Taugbøl, 2023). I tillegg til elektrisitet og vannkraft var eksplosjonsmotoren revolusjonerende i denne perioden. Denne er også kjent som forbrenningsmotoren og tok i bruk bensin, diesel eller gass som energikilde (Sarsten & Fiskaa, 2023).

3.1.3 Industri 3.0

Industri 3.0 beskriver den tredje industrielle revolusjonen som startet i 1980 og har fortsatt inn i nåtidens tidsalder. Perioden er preget av overgangen fra analog til digital teknologi. Overgangen var spesielt synlig innen elektronikkbransjen hvor produktarkitekturen til elektronikkprodukter gjennomgikk store endringer. Produkter gikk fra å bli utviklet som helhetlige enheter hvor alle komponentene var integrert til modulære enheter der komponentene kunne endres eller oppgraderes (Yin et al., 2018).

I tillegg førte den tredje industrielle revolusjonen til en drastisk reduksjon i produktlevetid. Produktlevetiden ble redusert fordi konkurransen i markedet presset produsenter til å kontinuerlig lansere nye og forbedrede produkter. Produkter ble utdatert og erstattet mye raskere enn tidligere. Det oppstod en økt etterspørsel for flere ulike produkter med rask leveringstid. Disse nye og forbedrede produktene var nødvendige for å holde tritt med markedsforventningene. Kundene ble i større grad tilfredsstilt og produsentene kunne opprettholde sine markedsandeler. De nye forventningene krevde mer avanserte og datadrevne lagerstyringssystemer (Yin et al., 2018). Bedrifter var nå nødt til å effektivisere og optimalisere sin forsyningskjede. Dette førte til et større fokus innenfor teknologiske logistikk-løsninger og automasjon.

Automatisering fikk fotfeste allerede i industri 2.0, men med industri 3.0 ble fokuset endret til en mer fleksibel masseproduksjon. Datamaskinstyrt automatisering hadde nå mulighet til å erstatte menneskelige operatører. Dette førte til redusert behov for arbeidsinnsats, økt hastighet og større nøyaktighet. I tillegg ble det tatt i bruk nye systemer som kunne brukes for å administrere virksomheten. Internett og teknologi la til rette for bedre kommunikasjonssystemer, slik at en enklere kunne drive global virksomhet (Dutta Pramanik et al., 2019).

3.1.4 Industri 4.0

Industri 4.0 er betegnelsen for den fjerde industrielle revolusjonen som startet første kvartal 2011. Denne perioden gir et inntrykk av hvordan produksjon kommer til å være i fremtiden. Perioden bygger på elementene fra den tredje industrielle revolusjonen, slik som teknologisk utvikling, datadrevne lagerstyringssystemer, logistikk-løsninger og automatisering på et mer avansert nivå (Zuehlke, 2019).

Industri 4.0 bygger på fire typer teknologier som kan tas i bruk innenfor alle ledd i forsyningskjeden. Den første teknologien består av cloud-teknologi, internett, blokk-kjede og sensorer. Den andre teknologien består av avanserte analyser, maskinlæring og kunstig intelligens. Den tredje teknologien omhandler menneske-maskin interaksjon, som inkluderer virtuell virkelighet, utvidet virkelighet, robotikk, automasjon og autonome veiledede kjøretøy. Til slutt har vi teknologi innenfor avansert ingeniørvitenskap, hvor man finner additiv produksjon (McKinsey Insights, 2022). Selv om den fjerde industrielle revolusjonen er et synonym med fremtidens produksjon, er den også å finne i dagens næringsliv. De mest utviklede landene i verden vil i større grad ha mulighet til å ta i bruk disse teknologiene og iverksette smartere, mer teknologiske løsninger i forsyningskjeden (Zuehlke, 2019). Det vil si at implementeringen av industri 4.0 teknologier differensierer seg i ulike land.

Vinteren 2021 ble det gjennomført en undersøkelse blant 4500 ledere fra 10 forskjellige land i Europa for å kartlegge utbredelsen av industri 4.0. Undersøkelsen er gjennomført av Yougov på vegne av Handelsblatt Resarch Institute. Det ble avdekket i undersøkelsen at flere europeiske selskaper fremdeles er i startfasen av sin digitale omstilling. En tredjedel av de som ble undersøkt rapporterte at de hadde startet på en digitalisering av sin logistikk.

Rapporten forklarer hvorfor selskaper ikke velger å transformere til industri 4.0. De sentrale faktorene er tid, penger, IT-sikkerhet, kompatibilitet med eksisterende maskinpark og frykt for tap av data. I tillegg ser det ut som at større selskaper med 250 ansatte eller fler er flinkere til å ta i bruk nye applikasjoner og teknologi for å digitalisere sin forsyningskjede (Hattrem, 2022).

Teknologi er ikke den eneste faktoren som har betydning dersom en skal lykkes i den fjerde industrielle revolusjonen. Bedrifter må gi sine ansatte tilstrekkelig opplæring og omskolering. Teknologi endrer måten arbeid utføres på, og det er derfor viktig å vektlegge slik kompetanse. Jobbkravene vil endre seg i en mer teknologisk verden og arbeidstakere må lære seg nye ferdigheter. Denne ferdighetsendringen består av tre faser; avdekke, forme og endre. Ved å fokusere på opplæring og omskolering vil bedrifter ha mulighet til å vokse og utvikle seg, samtidig som de besitter de ferdighetene som de behøver for å lykkes i fremtiden (McKinsey Insights, 2022).

3.2 Teknologi fra industri 4.0

3.2.1 Kunstig intelligens

Kunstig intelligens omhandler en datamaskins eller en datastyrt robots evne til å utføre oppgaver som normalt utføres av intelligente vesen. Begrepet kunstig intelligens er i stor grad knyttet til arbeidet med å utvikle systemer som er utstyrt med de samme karakteristiske egenskapene som et menneske. Dette inkluderer evnen til å resonnerer, oppdage meninger, generalisere eller lære fra tidligere erfaringer (Copeland, 2023).

Det finnes ulike typer kunstig intelligens og en kan trekke et skille mellom de regelbaserte modellene og de datadrevne modellene. En regelbasert modell kalles ofte for et ekspertsystem og dette er i hovedsak systemer som baserer seg på en regelbok hvor oppførselen er definert og programmert på forhånd. Bruksområdet for denne modellen er miljøer som er forutsigbare, begrenset og regelbundet. Denne formen for modell vil ikke fungere i en situasjon som den kunstige intelligensen ikke har møtt før og regelboken ikke tar høyde for. En datadrevet modell bruker maskinlæring og er et system som lærer underveis og oppførselen er ikke definert på forhånd (Tidemann, 2023).

3.2.2 Maskinlæring

Maskinlæring tilhører kunstig intelligens og fokuserer på å gi datamaskiner evne til å lære å utføre spesifikke oppgaver uten å være eksplisitt programmert til å gjøre det. Det vil si at maskiner kan ta beslutninger og utføre oppgaver på en mer effektiv måte. Maskiner bruker data og algoritmer for å lære av erfaring og dermed forbedre ytelsen over tid. For at maskinene skal lære gjennom erfaring, kan maskinen trenes ved å bruke modeller som inneholder store mengder data (Rai et al., 2021).

Hvilken type læring som blir tatt i bruk kan deles inn i tre hovedkategorier; veiledet læring, ikke-veiledet læring og forsterket læring. Veiledet læring vil si at maskinen lærer en ny funksjon fra eksempler, og forstår at inngangsverdiene forutsier utgangsverdiene. Ikke-veiledet læring innebærer at maskinen selv prøver å finne strukturen i inngangsverdiene ved å for eksempel gruppere dem i klynger. Forsterket læring omhandler et forhold mellom modellen og et miljø, der maskinen får straff eller belønning slik at ønsket oppførsel læres (Tidemann & Elster, 2023).

Modeller med store mengder data kan brukes til å utføre oppgaver innenfor prediksjon, prosessoptimalisering, oppgaveplanlegging, kvalitetsforbedring, forsyningskjeden og bærekraft. Dette er oppgaver som har bruksområde innenfor flere forskjellige kategorier, inkludert lagerstyring, medisin, finans, transport, markedsføring og sikkerhet (Rai et al., 2021). Maskinlæring har også evnen til å løse forskjellige utfordringer, spesielt innen produksjonsindustrien. Her kan maskinlæring brukes til å inspisere produkter og prosesser i sanntid ved hjelp av fargekameraer og algoritmer. I tillegg kan maskinlæring brukes til å oppdage feil, og dermed redusere tidsbruk relatert til feilretting. Det å ta i bruk slik teknologi vil opprettholde konkurransekraften og redusere kostnader (Rai et al., 2021).

Det finnes flere ulemper og problematikk rundt bruken av slik kunstig intelligens. Først og fremst er det ikke alltid algoritmene fungerer som de skal. Ugunstig datakvalitet eller for lite mengde data kan forårsake avvik ved trening av algoritmen. Det kan også være at feil type læringsmetode benyttes. I tillegg kan miljøet der maskinlæringen brukes endres og påvirke hvilken type data som benyttes i algoritmen (Babic et al., 2021).

3.2.3 Stordata

Big data eller det norske begrepet stordata, er et begrep som benyttes når det omhandler enorme mengder med digital informasjon. Dataene er for store, for varierte og for ustrukturerte til at det er mulig å ta i bruk tradisjonelle metoder for å kunne analysere og uthente informasjon fra datasettet. Begrepet omhandler samtidig den teknologien og analysemetodikken som inngår for å kunne uthente informasjon fra datasettene. Det tas i bruk matematiske analyser og statistikk i kombinasjon med programvare som baserer seg på maskinlæring. Det er derfor ikke uvanlig å assosiere stordata med data-analytikk hvor en har som hensikt å finne sammenhenger og trender blant de enorme mengdene med informasjon (Dvergsdal & Elster, 2023).

Det finnes flere ulike definisjoner av begrepet og det er ikke uvanlig at definisjonen og klassifiseringen av egenskapene til stordata er ulikt fra selskap til selskap og publikasjon til publikasjon. Store norske leksikon benytter følgende egenskaper for å skille de ulike formene for stordata; volum, innsamlingshastighet og heterogenitet. Volum forteller oss hvor store mengder av data det handler om, innsamlingshastigheten forteller oss hvor raskt nye data skapes og heterogeniteten forteller oss hvor mange forskjellige typer data som samles inn (Dvergsdal & Elster, 2023). Selskapet Amazon benytter den samme definisjonen og klassifiserer de ulike typene stordata med de samme uttrykkene og oversatt til engelsk blir disse; volume, velocity og variety (Amazon, u.å.-a).

Google benytter seg av tilsvarende definisjon, men har derimot en litt annerledes måte å klassifisere egenskapene til de ulike typene stordata. De tar i bruk fire egenskaper i sin klassifisering; volume, variety, velocity og variability. Variability oversatt til norsk er variasjon og forteller i denne sammenhengen at meningen med dataene kontinuerlig endres. Det er derfor essensielt at konteksten og meningen med dataen er forstått korrekt før datasettet kan bli analysert (Google, u.å.). Det er med bakgrunn i disse ulike definisjonene at modellen for stordata vanligvis omtales som de fire V'ene eller tre V'ene.

3.2.4 Automasjon

Automasjon omhandler metoden som benyttes for å få systemer til å fungere uten eller med lite behov for menneskelig medvirkning. Automasjon er en metode for å erstatte menneskelig arbeidskraft med selvstyrende systemer og automasjon kan derfor benyttes på alle områder hvor dette er ønskelig. Automatisering kan brukes i et bredt spektrum av systemer, fra tekniske systemer, til administrative systemer. I tekniske systemer kan maskiner automatiseres og i administrative systemer kan for eksempel regnskapssystemer automatiseres (Andersen, 2023).

Begrepet automatisering har eksistert i mange år og ble første gang lansert etter første verdenskrig. Det var ikke før i 1920-årene at det store gjennombruddet for automatisering fant sted i Henry Fords bilfabrikk i USA (Andersen, 2023). I 1913 ble det første samlebåndet installert i en av Henry Ford sine bilfabrikker og kombinasjonen av samlebånd og standardisering av produksjonen reduserte drastisk tiden for produksjon av bilene (Rabben, 2022). Det er på grunn av dette gjennombruddet at vi innen industriell produksjon har sett en utvikling innenfor automatisering som har pågått helt til nåværende tidspunkt (Andersen, 2023).

En av de viktigste bransjene for automasjon er produksjonsbransjen og det er denne bransjen flest forbinder med ordet automasjon. Til tross for at automasjon er størst utbredt i produksjonsbransjen med automatiserte produksjonslinjer, finner vi automatisering i alle bransjer og størsteparten av forbrukere benytter produkter med automasjon i sitt daglige liv. Et av de tidligste eksemplene på automatisering av produkter som benyttes i det daglige liv er automatisering av telefonsentraler, hvor en gikk fra manuell videreføring av samtaler, til automatiske videreføring. Vi finner også automasjon i vanlige

husholdningsprodukter som vaskemaskiner, mikrobølgeovner og kjøleskap hvor mikroprosessorer styrer de interne komponentene til å utføre funksjonene som ønskes (Groover, 2023). Det er derfor ingen tvil om at automasjon er en utbredt teknologi som vil viktig i fremtiden, både for forbrukere og bedrifter. Automasjon har eksistert i lang tid, men utviklingen innenfor automasjon har gjort at man over tid har kunnet automatisere mer krevende oppgaver. Kombinasjonen av eksisterende teknologi innenfor automasjon og ny teknologi fra industri 4.0 åpner flere bruksområder for automatisering.

3.2.5 Blokk-kjede

Blokk-kjeder er en type database som består av noder. Oppgavene til en node er å bekrefte transaksjoner og plassere dem i nye blokker og en node kan eksempelvis være en datamaskin som er koblet til internett. En blokk inneholder informasjon om en transaksjon og det er ikke mulig å endre en blokk i ettertid. Ingen av nodene er i full kontroll av nettverket, men alle nodene har tilgang til den samme informasjon i nettverket og alle nodene sjekker om informasjonen stemmer. Resultatet er et robust nettverk der mange noder kan fjernes eller ødelegges uten at nettverket blir utsatt, da de resterende nodene holder blokk-kjeden vedlike. Med et slik nettverk i en verden med industri 4.0 har man muligheten til å innføre bedre sikkerhet, privatliv og åpenhet i databasene (Jønsson, 2021).

Det er flere fordeler blokk-kjedeteknologien kan medføre innenfor ulike bransjer. Blokk-kjeder kan for eksempel brukes i finansbransjen ved å gi større sikkerhet og tillitt. I forsyningskjeder kan selve produktet og monteringsidentifikasjonen bli koblet sammen med andre ledd i blokk-kjeden. Det vil gi oss et nytt innblikk i prosessen der det oppstår feil med produktet og her vil også blokk-kjeden beskytte dataen. Blokk-kjeden vil redusere tiden det tar for å hente ut et defekt produkt fra forsyningskjeden. Samtidig kan mer informasjon bli hentet ut sammenlignet med det et menneske utfører på samme tid. Det har også blitt tatt i bruk kameraer og sensorer for å hente ut denne informasjonen (Javaid et al., 2021).

For å bevare kundeservicen må det også være et integrert transaksjonssystem innen organisasjonen. Her kan blokk-kjeden brukes der den i samarbeid med intelligente fabrikker kan distribuere desentraliserte og krypterte finansielle dokumenter til datamaskiner som gjør det mulig å ha u-redigerbare sanntidsdokumenter. Prosessen til

blokk-kjeder innebærer at blokk-kjeden tar informasjon som normalt ville ha blitt lagret i systemet til organisasjonen og gjør den tilgjengelig for et nettverk av relevante selskaper. Fordelene ved et slik nettverk er at bedriften kan få en bedre forståelse av sine kunder og samtidig deres behov for varer og tjenester. (Javaid et al., 2021).

Blokk-kjedens hovedfokus er finansbransjen og kan gjennom blokk-kjede skape sikkerhet for transaksjoner. Et kontrollert miljø kan bli nådd for deltakerne i forsyningskjedens transaksjoner. Med et kontrollert miljø mener vi et miljø som gir alle deltakerne innsikt og sikkerhet i transaksjonene som utføres. Finans- og betalingssektoren er en viktig del av blokk-kjeden og er i ferd med å gjøre forandring i andre sektorer. Krypteringen til blokk-kjeden er en mulig applikasjon for databeskyttelse i industri 4.0. Krypteringen kan forhindre uønskede visninger av dataen i offentlige nettverk. Blokk-kjeden kan også bevise opphavsrett med muligheten til å holde følge med rettighetene for distribusjon, kjøp og åndsverk. Blokk-kjeden kan oppgi informasjon for identifikasjonen av produkter og med dette bidra til å løse problemer relatert til mengde og kvalitet. Blokk-kjeden kan samle informasjon om alle deler av forsyningskjeden og er en god måte å minimere kostnader knyttet til forfall av betalinger (Javaid et al., 2021).

3.2.6 Menneske-maskin

Et menneske-maskin system er et system hvor mennesker på en eller annen måte er avhengig av eller integrert med et verktøy eller en maskin. Det kan være så enkelt som et menneske som bruker en hammer for å slå inn en spiker eller så komplekst som et menneske som flyr en drone med en fjernkontroll. Konseptet er at verktøyet eller maskinen forsterker evnene til mennesket. Et eksempel på et slikt system er en gaffeltruck som blir brukt på lager. Gaffeltrucken trenger et menneske for og kontrolleres, i gjengjeld gjør gaffeltrucken det mulig å løfte tyngre laster (P, 2023). Det finnes to relevante menneske-maskin systemer i industri 4.0 som vi skal se nærmere på.

Virtuell virkelighet, også kjent som virtual reality eller forkortelsen VR er en teknologi som lar brukeren samhandle med en virtuell verden gjennom et sett med lukkede briller. En slik virtuell verden kan enten være en simulasjon av den ekte verdenen eller en fantasiverden. I en slik simulasjon kan vi bestemme regler og parametere for hvordan den virtuelle verdenen skal være (Mandal, 2013). VR teknologi gir muligheten til å simulere

situasjoner som et individ kan trene på, før en møter det i den virkelige verden. I mange situasjoner vil dette være nyttig, spesielt om en skal trene på situasjoner som sjeldent oppstår eller som er svært kritiske å gjennomføre korrekt.

Utvidet virkelighet, også kjent som augmented reality eller forkortelsen AR er en ny teknologi som er tatt i bruk i industri 4.0. Teknologien tar i bruk datagenererte bilder, lyder, tekst og effekter for å forbedre brukerens opplevelse av den ekte verdenen via hodetelefoner, briller og kontrollere (Jumahat et al., 2023). AR vil da ikke skape en egen verden gjennom utstyret, men bruke den ekte verdenen og legger til elementer. Et eksempel kan være et par med solbriller som viser hvor mange grader det er ute gjennom glasset på brillene. Brukeren ser her både det som faktisk er foran hen, samtidig som en ser temperaturen. I nyere tid har AR blitt en av de mest lovende teknologiene innenfor logistikk og produksjon. I lagerstyring kan AR bli implementert i fundamentale prosesser som oppbevaring, ordreplukking, kvalitetskontroll og transport (Jumahat et al., 2023).

3.2.7 Cloud

Cloud computing eller den norske definisjonen databehandling i nettsky er en metode for å kjøre programvare og lagre relaterte data i et sentralt datasystem og deretter kunne tilby kunder eller andre brukere tilgang til dette via internettet. Tjenestene som tilbys via cloud computing deles normalt sett inn i tre kategorier; HaaS (Hardware as a Service), PaaS (Platform as a Service) og SaaS (Software as a Service) (Carr, 2023). Disse kategoriene finner vi igjen hos de store aktørene som tilbyr tjenestene, slik som Microsoft, Amazon og IBM. Forskjellen her at de benytter definisjonen IaaS (Infrastructure as a Service) istedenfor HaaS (Amazon, u.å.-b; IBM, u.å.-b; Microsoft, u.å.).

IaaS eller Infrastructure as a Service er den enkleste og mest fleksible formen for cloud computing tjenester. Oversatt til norsk vil denne tjenesten bety infrastruktur som tjeneste. Via en slik tjeneste betaler en enkelt og greit for infrastruktur, da i form av data-, nettverks- og lagringsressurser. Det gir kunden mulighet til å anskaffe den datakraften de trenger, når de trenger den, uten å måtte bruke store kapitalressurser for å innhente infrastrukturen de selv måtte hatt for å kunne utføre de samme oppgavene (IBM, u.å.-c).

PaaS eller Platform as a Service er en mer innholdsrik tjeneste som tilbyr fleksibilitet. Oversatt til norsk vil denne tjenesten bety plattform som tjeneste. Kunden betaler her for en fullstendig plattform som legger til rette for at en kan bygge, teste, kjøre, oppdatere og skalere applikasjoner. På lik linje som ved IaaS vil dette gi kunden større muligheter enn de ville hatt om de måtte stått for infrastrukturen selv (IBM, u.å.-d).

SaaS eller Software as a Service er den tjenesten som er mest brukt og har eksistert siden starten av 1950-tallet. Oversatt til norsk vil denne tjenesten bety programvare som en tjeneste. Kunden betaler her for tilgang til en programvare som driftes, administreres og vedlikeholdes av tjenesteyteren. Det gir kunden mulighet til å få tilgang til nødvendig programvare umiddelbart uten å bruke ressurser til infrastruktur. Samtidig slipper de å bruke ressurser på å drifte og oppdatere programvaren (IBM, u.å.-a).

3.2.8 Digital tvilling

Konseptet digital tvilling ble først introdusert i 1970-årene under NASA's Apollo-opppdrag og har utviklet seg stort de siste fem tiårene. Digital tvilling er et dataprogram som bruker data fra virkeligheten til å lage simuleringer. Simuleringene forutser hvordan en prosess eller et produkt vil fungere. Det er med andre ord en virtuell kopi i sanntid av et fysisk objekt fra den virkelige verden, f.eks. en flymotor, fabrikkgulv eller et menneske (Singal, 2022).

En digital tvilling kan være så enkel eller så avansert som en selv ønsker, avhengig av hvor nøyaktig og kompleks kopien som simulerer det fysiske objektet er. Hvordan og når digital tvilling kan bli brukt deles inn i tre deler. Den første delen er digital tvilling prototype (DTP). Innenfor DTP kan kopien brukes før det fysiske produktet blir produsert for å gi tilbakemeldinger og teste ulike alternativer. Den andre delen er digital tvilling instans (DTI) som brukes når produktet allerede er produsert. På denne måten kan DTI teste forskjellige bruksscenarioer. Den siste delen er digital tvilling aggregat (DTA). DTA samler inn informasjon fra ulike DTI-er for å teste kapasiteten til produktet, samt utvikling av prognoser og driftsparametere (TWI Global, u.å.).

Digital tvilling er ikke en teknologi som blir brukt alene, men involverer å ta i bruk flere teknologier sammen. Det innebærer teknologier som for eksempel Internet of Things, tilkobling, cloud computing, kunstig intelligens og maskinlæring. Disse teknologiene har gjort det enklere og rimeligere å ta i bruk digitale tvillinger. I begynnelsen var digital tvilling en enkel simulering som bedrifter tok i bruk for å teste ulike situasjoner og tilfeller. Den største fordelen var at simuleringen kunne identifisere mulige risikoer uten å faktisk investere i en fysisk prototype. En slik virtuell modell ga ubegrenset informasjon om produktet og designet i forskjellige scenarioer (Singal, 2022). Bruken av digitale tvillinger blir stadig mer vanlig i moderne ingeniørarbeid takket være maskinlæring og store datamengder. Det gjør det mulig å få tilgang til avansert analyse, overvåking og prediksjonsevne (TWI Global, u.å.).

3.2.9 Tingenes internett

Internet of things (IoT) på norsk oversatt til tingenes internett er en ide om å tilkoble ulike enheter på internettet, slik at enhetene kan kommunisere og samarbeide seg imellom på en smartere måte. På denne måten kan enhetene jobbe sammen som et integrert system uten behov for menneskelig innblanding. Teknologien kan brukes innenfor alle slags næringer, der det er en hensikt i å lage smartere systemer. IoT kan beskrives som smart, fordi hver enhet får en unik identifikasjon og kan ta beslutninger basert på visse programmer eller instruksjoner (Mashayekhy et al., 2022).

Tilkobling av ulike enheter på internettet vil gi mulighet til å få en bedre oversikt over alle prosessene og innhente mye data i sanntid. Bedrifter kan på denne måten skape nye løsninger, slik at en kan utføre tjenester og produsere produkter på en smartere måte enn før. IoT kan med andre ord optimalisere forsyningskjeden og vil være viktig for bedrifter som ønsker å styrke sin posisjon i markedet (Mashayekhy et al., 2022). En av de mest brukte elementene innenfor tingenes internett er radio frequency identification som forkortes til RFID. Det er en automatisk og trådløs identifikasjon som kan oppdages og spores ved bruk av elektromagnetiske bølger. For å gi denne teknologien litt perspektiv kan eksempelvis alle paller på et lager bli påsatt en RFID identifikasjon. Via sensorer kan pallene skannes på ulike lokasjoner på lageret og en kan dermed se lokasjonen til pallen så fort den har blitt skannet (Affia & Aamer, 2021).

Hvordan et IoT-system er bygget opp, varierer ut ifra bruksområdet. IoT systemet kan deles inn i fire grunnleggende lag. Det første laget er enheter, der oppgaven er å overvåke, måle og samle inn informasjon. Det andre laget er tilkobling hvor enhetene kobles sammen gjennom et trådløst nettverk. Det tredje laget er skyen hvor all prosessering av data skjer. Det fjerde laget er applikasjongsgransnittet, der formålet er å avbilde sanntidsovervåking, samt styring av systemet (Farahani et al., 2018). Det er gjort studier angående analyser i sanntid at det å ha et miljø som benytter seg av tingenes internett er nødvendig for å kunne gjennomføre sanntidsanalyser av systemer. Ved å ha et system som benytter seg av tingenes internett vil man muliggjøre generering, strømming og innsamling av data som kan benyttes i analyser. Alt dette gjøres ved at de fysiske elementene viderefremmer sine innhentede data og disse lagres i en spesifisert database (Arumsari & Aamer, 2021).

Tingenes internett er fundamentet som er nødvendig for at en skal kunne implementere smarte løsninger. Informasjonen og dataene de fysiske elementene viderefremmer er essensielle for å kunne implementere andre teknologier som bygger og benytter seg av dataen og informasjonen som hentes ut. Den uthentede dataen kan videre bli benyttet i et dashboard som kan vise dynamisk informasjon i sanntid. Det er i bunn og grunn denne visualiseringen av informasjon som er ansiktet til analysene som utføres. Hvilken informasjon som visualiseres kan velges og designes av brukeren selv og legger til rette for at brukeren har all nødvendig informasjon tilgjengelig for å ta avgjørelser (Arumsari & Aamer, 2021). Kontinuerlig tilgang på informasjon gjør at en kan fatte optimale beslutninger hurtigere og er en av de viktigste fordelene med denne teknologien.

3.3 Lagerstyring

3.3.1 Tradisjonell lagerstyring

Et lager er en fasilitet som midlertidig lagrer fysiske varer før de eventuelt blir solgt eller distribuert. Det er gunstig for bedrifter som har behov for å lagre produkter, slik at produktene raskt og effektivt kan leveres til kunder og bedrifter når en ordre er lagt inn. Varene kan også lagres i et distribusjonssenter i motsetning til et vanlig lager. Distribusjonssentre kan brukes dersom et stort volum av varer skal sendes til flere ulike bedrifter eller kunder på kort tid. Sammenlignet med et vanlig lager vil et

distribusjonssenter være mer effektiv i å plukke, pakke og sende ut varer (Adobe Communications, 2020).

Lagerhold er en kritisk del av forsyningskjeden for de aller fleste bedrifter som selger fysiske varer. En lagerbeholdning vil gi mulighet til å kjøpe inn varer som ellers ikke ville fått plass fysisk i butikken. Varene som er kjøpt inn vil dermed være tilgjengelig for salg med en gang en kunde legger inn en ordre. Det vil også føre til at bedriften er mer forberedt dersom det oppstår en økende etterspørsel etter disse varene. Videre vil bedrifter som har et lagerhold i større grad ha mulighet til å forhandle pris med leverandørene, da store innkjøpsordrer som regel gir lavere priser. Lavere innkjøpspriser vil øke profitten når produktene selges til kunder. Et lager kan også redusere leveringstider og fraktkostnader ved å plassere lageret i ulike geografiske områder (Adobe Communications, 2020).

Planlegging, organisering og kontrollering av alle aktivitetene knyttet til lagring av varer i et lager gjøres gjennom lagerstyring. Lagerstyring planlegger hvor produkter skal lagres når nye forsendelser ankommer. Når nye forsendelser ankommer, må forsendelsen flyttes for inspeksjon og behandling. Alle forsendelsene er nødt til å bli sporet, slik at informasjon om lagerbeholdningen foreligger. Videre skal varene lagres i bokser eller på paller. For å sikre at de lagrede varene beholder riktig kvalitet, kan det være nødvendig å kontrollere klimaet på lageret. Her kan klimaet blant annet endres gjennom temperatur, luftfuktighet eller trykk. Omorganisering av varene på lageret er også noe må gjøres, slik at arealet kan utnyttes på best mulig måte når nye forsendelser ankommer. Til slutt skal varene klargjøres, slik at de er klare til å bli sendt ut. I klargjøringen blir varene plukket, pakket og lastet, samt registrert som sendt ut av lageret (Adobe Communications, 2020).

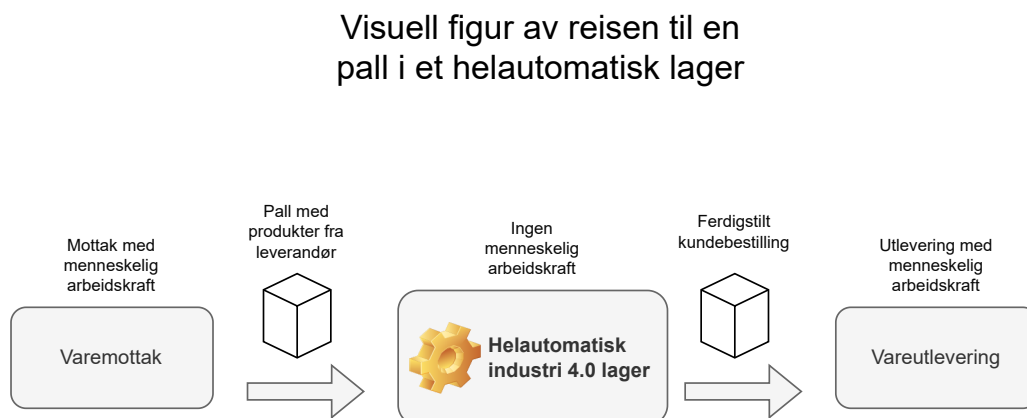
Tradisjonell lagerstyring er en form for lagerstyring som har eksistert i mange år. Tradisjonelle lagerfasiliteter opererer hovedsakelig på en ikke-automatisert måte, det vil si at oppgavene blir utført manuelt av de som arbeider der. Planleggingen, organiseringen og kontrolleringen av alle aktivitetene knyttet til lager er altså avhengig av manuell arbeidskraft fra ansatte. Selv om et lager er tradisjonelt vil det ikke bety at ingen form for teknologi eller automatisering benyttes. Sannsynligvis blir det brukt en enkel form for teknologi, utstyr og verktøy, slik som for eksempel trucker, skannere og lagersystemer.

Forskjellen mellom tradisjonelle og moderne former for lagerstyring er relatert til hvor kompleks og avansert teknologi som blir benyttet (Mecalux, 2019).

3.3.2 Lagerstyring industri 4.0

Det finnes flerfoldige moderne lagerbygg som benytter seg av ulike teknologier for å kunne utføre de arbeidsoppgavene som foregår på et lager. På lik linje finnes det flere ulike leverandører som leverer systemer og utstyr til lagerfasiliteter og ingen lager er derfor helt like og vil alltid ha sine forskjeller. Det er også ulike behov som må dekkes i ulike lagerbygg og derav vil hvert eneste lagerbygg være unikt på sin måte. Det finnes derfor ingen fasit på hvordan et lager ser ut eller fungerer. Lagerbygg som har gjort en overgang til industri 4.0 har fellestrekk i hvilke teknologier og løsninger som benyttes for aktivitetene i en vanlig arbeidsdag. En generell fellesbetegnelse for alle moderne lagerbygg som har gjort en delvis eller fullstendig overgang til industri 4.0 er løsninger som gjør at oppgaver som normalt utføres av mennesker har blitt helt eller delvis skiftet ut med teknologi. Det finnes flere lagerbygg som i svært stor grad har blitt automatisert og at det i liten grad er behov for manuelt arbeid. Graden av hvor stor andel av lagerbygget som er automatisert vil naturligvis variere fra lager til lager.

3.3.3 Reisen til en pall i et industri 4.0 lager



Figur 1 Figur av reisen til en pall i et industri 4.0 lager

Det er ikke alltid like lett å kunne tenke seg til hvordan et automatisert lager opererer og hvordan det ser ut på innsiden til et lager som er tettpakket med teknologi og innovative løsninger. For å få en forståelse av hvordan et svært automatisert lager fungerer kan vi

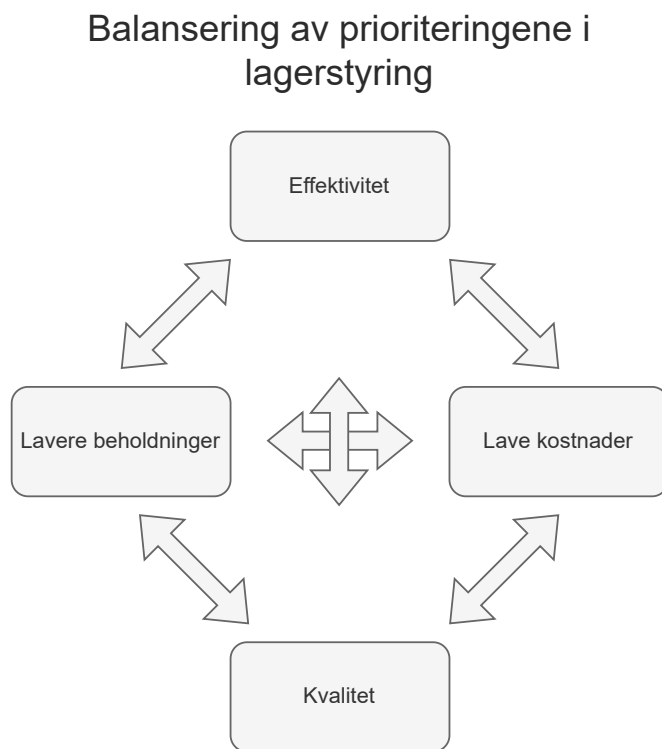
forklare reisen til en pall fra den leveres til et lager, til den forlater et lager. Vi har selvutarbeidet Figur 1 som er en visuell representasjon av reisen i et veldig forenklet format. Dette er ikke et eksempel som er basert på et reelt lager, men et eksempel som er basert på tilgjengelig teknologi som finnes innenfor automatisering for å kunne gi et innblikk i hvordan et industri 4.0 lager fungerer i praksis.

Pallen mottas på varemottaket, inspiseres og kvitteres for at den er mottatt. Her får pallen sin egen RFID-brikke som inneholder data om pallen og dens innhold. Denne brikken gjør at pallen kan skannes på sin vei gjennom lageret og systemet har kontinuerlig kontroll på hvor den befinner seg og hva som skal gjøres med den. Pallen sendes deretter inn i systemet via et transportbånd på vei til sitt første oppholdssted, høylageret, hvor den skal oppbevares. Her plasseres pallen direkte inn i høylageret med en automatisk kran og oppbevares frem til det er behov for pallen og dens innhold. Når det er behov for pallen hentes av den automatiske kranen og plasseres tilbake på transportbåndet og pallen fortsetter sin reise. Hva pallen sin neste destinasjon er vil variere, men pallen kan sendes videre til ompakking dersom det er behov for det, eller direkte til sonen for utlastning dersom den er klar for levering. Dersom det er behov for at innholdet på pallen skal ompakkes, er dette også en prosess som er automatisert med maskiner som både fjerner varer på en pall og setter disse sammen på en ny pall. Endestasjonen for pallen er sonen for utlastning og veien hit går via det samme systemet av transportbånd som den tidligere har blitt flyttet med. De siste meterne med transport skjer manuelt av sjåføren som laster pallen inn i sin lastebil med en truck.

Vi kan i eksempelet se at det kun er to steder i prosessen hvor varen håndteres direkte av mennesker og det er når varen mottas og når varen skal lastes ut. Dette er med andre ord et eksempel på et lager som i svært stor grad har blitt automatisert og som er helt avhengig av teknologien som har kommet med industri 4.0. Det er naturligvis flere andre prosesser som foregår i et lager, men dette er et simplifisert eksempel for å kunne danne et grunnlag for hvordan et automatisert lager fungerer.

3.3.4 utfordringer innenfor lagerstyring

Det er liten tvil om at lagerstyring og lagerhold er en viktig del av forsyningskjeden og ikke uforventet finnes det flerfoldige utfordringer knyttet til lagerstyring. For å kunne belyse utfordringene for lagerstyring har vi først valgt å se på en studie som ble gjennomført på slutten av 90-tallet. Studien går igjennom datidens mest sentrale utfordringer innenfor lagerstyring og vi skal senere skal se hvordan dette har endret seg til moderne tid. Utfordringene vi finner her er behovet for flere ulike varer, samtidig som det er behov for å redusere den totale lagerbeholdningen. Det er for å kunne møte etterspørselen av et større sortiment, samtidig som man kan redusere kostnadene ved oppbevaring av disse produktene. Vi møter også et høyere krav til kundeservice og samtidig større etterspørsel etter produkttilpasninger. Det stilles høyere krav til driftseffektivitet og plassutnyttelse, samtidig som at man ønsker å integrere varehuset i systemet som benyttes av hele forsyningskjeden (Tompkins, 1998).



Figur 2 Figur som viser utfordringene ved balansering av prioriteringene i lagerstyring

Vi kan i moderne tid se et skifte i utfordringene innenfor lagerstyring og har derfor utarbeidet Figur 2 som viser balanseringen mellom de ulike prioriteringene. Figuren er inspirert av en figur fra boken Warehouse Management, men justert for å passe til de prioriteringene vi anser som viktige innen moderne lagerstyring (Richards, 2017). Vi

finner igjen flere av de samme punktene som utfordringene fra 1998, men med en hovedforskjell med at kvalitet er viktig. Konkurransen innenfor lagerstyring blir stadig større og det å balansere mellom de ulike prioriteringene som finnes innenfor lagerstyring blir vanskeligere og vanskeligere. I Figur 2 finner vi prioriteringene effektivitet, lave kostnader, kvalitet og lavere beholdninger. Samtlige av disse prioriteringene er nødvendige for at man skal kunne oppnå gode resultater innenfor lagerstyring, men samtidig er også disse prioriteringene avhengig av hverandre. Høy effektivitet krever ofte mye arbeidskraft, arbeidskraft krever igjen kostnader og det kan derfor være vanskelig å finne en balansegang hvor man oppnår den effektiviteten man vil ha, samtidig som man holder kostnadene lave. Utfordringene innenfor lagerstyring vil derfor være å oppnå best mulig resultat for hver enkelt av de ulike prioriteringene, uten at det negativt påvirker de andre prioriteringene.

3.3.5 Måling av effektivitet innen lagerstyring

Tabell 1 Tabell som viser målepunkter for varehusproduktivitet. Fornosket, forenklet og basert på modell fra (Karim et al., 2020).

Målepunkter for varehusproduktivitet

Ressurs	Aktivitet	Indikator	Definisjon
Arbeidskraft	Mottak←	Mottaksproduktivitet	Antall transportmidler avlastet per arbeidstime
	Legge vekk←	Legge vekk produktivitet	Antall produkter lagt vekk per arbeidstime
	Plukking→	Plukkproduktivitet	Totalt antall produkter plukket per arbeidstime
	Verdiøkende tjenester→	Arbeidskraftsproduktivitet	Forholdet mellom totalt antall forvaltede varer og antall varehåndteringstimer
	Frakt→	Fraktproduktivitet	Totalt antall produkter sendt per arbeidstime
Utstyr	Mottak←	Mottaksproduktivitet	Antall transportmidler avlastet per utstyr
	Legge vekk←	Legge vekk produktivitet	Antall produkt lagt vekk per utstyr
	Plukking→	Arbeidskraftsproduktivitet	Totalt antall produkter plukket per utstyr i plukkproduktiviteten
	Frakt→	Fraktproduktivitet	Totalt antall produkter sendt per utstyr
Plass	Utforming	Bygningsutnyttelse	Forholdet mellom antall utnyttede kvadratmeter og det totale antallet kvadratmeter for bygget
		Lagringsutnyttelse	Hvor mye plass som opptas av lagringskapasiteten for lagring av varer
	Lagring	Utnyttelse av oppstillingsareal←→	Forholdet mellom produkter per kvadratmeter over tid
		Omsettelse	Forholdet mellom antall utgående varer og gjennomsnittlig varer på lager
Lasting	Gjennomstrømning	Antall produkter i timen som forlater lageret	
		Transportutnyttelse→	Forholdet mellom lastet volum og totalt volum for transportmiddelet
Informasjonssystem	Kommunikasjon	Lagerstyringssystem	Optimalisering av lageret som en helhetlig måling av de tildelte oppgavene per time

Merknad: ←inngående prosess, →utgående prosess

Definisjonen av effektivitet handler om at noe fungerer etter planen og at utbyttet skal være stort i forhold til innsatsen som er lagt inn. Innsatsen kan defineres som arbeidet eller kapitalen som er lagt inn (Store norske leksikon, 2023a). Effektivitet er generelt viktig i de fleste aspekter av en bedrift og det er ingen unntak for lagerstyring. Det finnes flere metoder for hvordan en kan definere og måle effektivitet innenfor lagerstyring. Den mest

generelle metoden en kan måle effektivitet for lagerstyring er ved å vurdere alle ressursene som medgår på lageret og se på den totale produksjonen som blir gjort. Det kan videre brytes ned til målinger innenfor arbeidskraft, utstyr og plass. Disse kan igjen brytes ned til nye målbare tall innenfor hvert segment slik som vi ser i Tabell 1 (Karim et al., 2020). Tabellen er basert på tradisjonell lagerstyring, men nøkkeltallene vil fortsatt være aktuelle for lagerstyring innenfor industri 4.0. Det vil være essensielt å utføre målinger for effektivitet, slik at en kontinuerlig kan jobbe for å maksimere utbyttet av investert arbeid og kapital. Måling av effektivitet vil også være hensiktsmessig for å finne ut av hvorvidt implementering av nye teknologier gir de resultatene som er nødvendig for at investeringen skal være lønnsom.

4.0 Presentasjon av funn

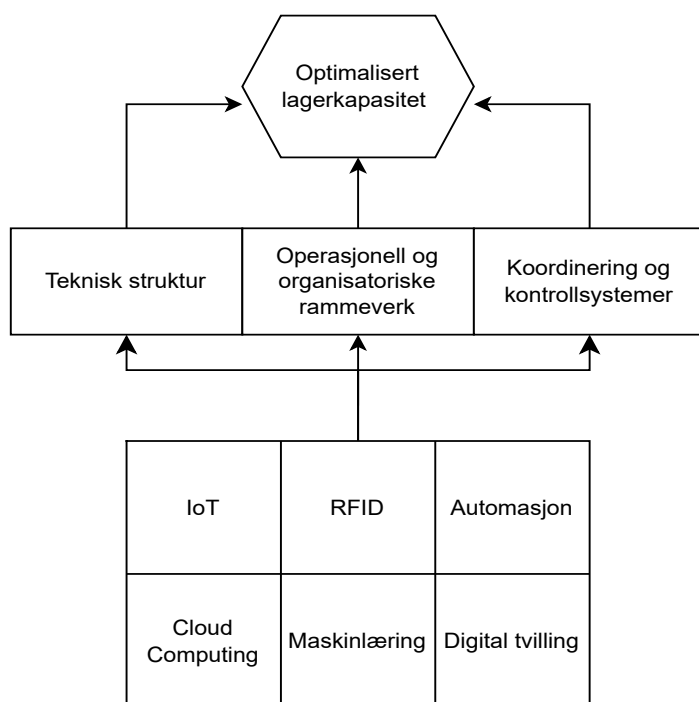
Vi vil her presentere de funnene vi har gjort for å kunne knytte teknologien fra industri 4.0 opp mot bruksområder innenfor lagerstyring. Teknologiene kan medbringe både styrker og svakheter og disse vil vi se nærmere på her. Det gjør at vi kan danne et bilde av hvordan de ulike teknologiene kan påvirke aktiviteter og funksjonaliteter som inngår i driften av et lager.

4.1 Styrker

4.1.1 Optimalisering av lagerkapasitet

Industri 4.0 teknologier kan benyttes til å optimalisere lagerkapasiteten. Det vil si at teknologiene kan brukes til å organisere og effektivisere lagerplass. Organisering og effektivisering av lagerplassen kan deles inn i tre kategorier. Disse tre kategoriene er; teknisk struktur, operasjonell og organisatoriske rammeverk, samt koordinering og kontrollsystemer (Karasek, 2013).

Den tekniske strukturen innebærer å ha en lagerbeholdning som passer til behovene og plassere varene der en utnytter kapasiteten på best mulig måte. I tillegg er det viktig å ha en planløsning som effektiviserer ordreplukkingen og gir korte reiseavstander. Det operasjonelle og organisatoriske rammeverket er en kategori som tar for seg flere forskjellige områder av ledelse for å optimalisere lagerdrift. Et viktig aspekt her er ulike strategier for lagring. En av strategiene er tilfeldig lagring, som vil si å lagre paller i områder som står tomt. I tillegg finnes strategien dedikert lagring, som lagrer paller kun på spesifikke steder. Koordinering, samt kontrollsystemer brukes for å vite hvor alle varene er plassert i tillegg til hvordan alle ansatte på best mulig måte kan utnytte sin arbeidskraft (Karasek, 2013).



Figur 3 Figur som viser sammenhengen mellom industri 4.0 teknologier og lageroptimalisering.

Det å optimalisere lagerplassen gjennom teknisk struktur, operasjonelle og organisatoriske rammeverk, samt koordinering og kontrollsystemer kan gjøres ved bruk av flere teknologier fra industri 4.0 som vist i Figur 3. Figur 3 har vi utarbeidet selv basert på de funnene vi har gjort. De teknologiene som er mest aktuelle å bruke i denne sammenhengen er IoT, RFID, cloud computing, AR, maskinlæring og digital tvilling.

IoT kan brukes ved å koble lagerbeholdninger og lagringsplassen opp mot internettet. Disse enhetene kan da kommunisere med hverandre og samarbeide sammen som et integrert system. Det vil si at vi kan samle inn data om lageret i sanntid. Data generert i sanntid gir oss en større og mer detaljert oversikt. Bedre oversikt vil i større grad gjøre det enklere å respondere på endringer som skjer på lageret. Da IoT kan ta beslutninger basert på visse programmer og instruksjoner, vil det også bety at IoT automatisk kan optimalisere lagerplassen (Mashayekhy et al., 2022). Videre er RFID et element innenfor IoT som i stor grad kan optimalisere lagerplassen. En slik sporbar automatisk og trådløs identifikasjon kan brukes på alle paller. Pallene blir skannet på ulike lokasjoner i lageret via sensorer og gir oss mulighet til å se lokasjonen til pallen så fort den har blitt skannet (Affia & Aamer, 2021).

Optimalisering av lagerkapasiteten kan også forbedres gjennom å erstatte menneskelig arbeidskraft med selvstyrende systemer. Selvstyrende systemer kan tas i bruk innenfor lageraktiviteter for å minimere manuelt arbeid. Automatiserte lagerprosesser vil frigjøre mer tid og ressurser som i stedet kan brukes på å finne løsninger for optimalisering av lagerkapasitet. For eksempel kan et lager ta i bruk autonome mobile roboter for å utføre arbeid raskere og mer effektivt. Slike roboter kan hente og levere varer fra forskjellige steder i varehuset. Det vil si at bedriften kan eliminere mye av tiden som blir brukt til gangtid og dermed ha mulighet til å bruke denne tiden andre steder (Barbee et al., 2021).

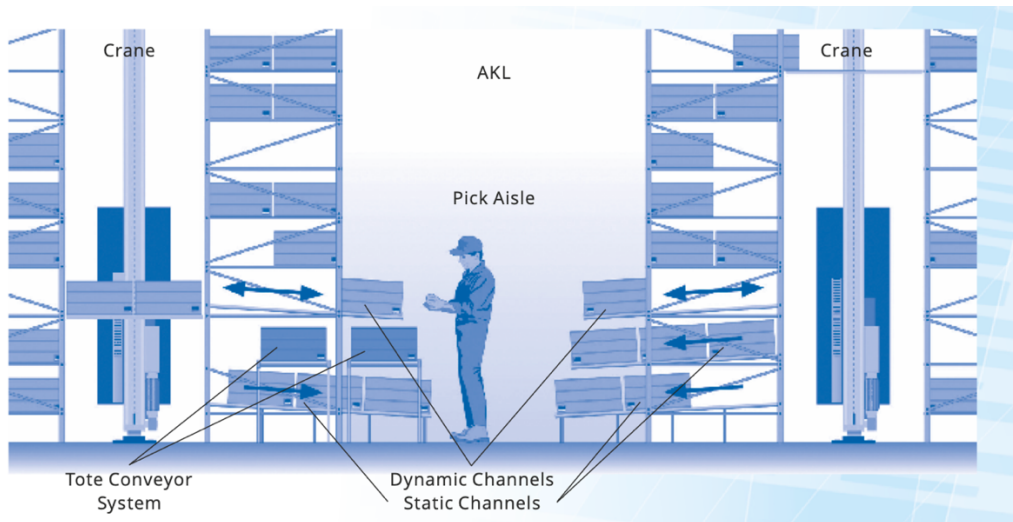
Cloud computing er en annen aktuell teknologi som kan tas i bruk innenfor optimalisering av lagerplass. Denne teknologien åpner opp bedre muligheter for lagring av data. Bedrifter kan i større grad analysere, overvåke og administrere lagerbeholdningen ved å lagre data eksternt i et sentralt datasystem. Det vil si at lageret ikke trenger å implementere en egen infrastruktur for lagring av data. Bedrifter kan på denne måten spare kapitalkostnader og tidsbruk. Et eksternt sentralt datasystem vil også være gunstig for bedrifter som har flere forskjellige lagerlokasjoner, da alle lagrene kan benytte seg av samme system (Carr, 2023).

Maskinlæring kan sammen med kunstig intelligens brukes til å optimalisere lagerkapasitet på flere forskjellige måter. Først og fremst kan en bruke maskinlæring til å forbedre planløsningen til lageret. Planløsningen kan optimaliseres ved å analysere og lage algoritmer om produktstrømmer, varebeholdning og tilgjengelig lagerkapasitet. Analysene og algoritmene kan for eksempel brukes til å identifisere hvilke pakke- og leveranseområder som i størst grad minimerer plukktider og øker leverinshastighet. I tillegg kan analysene og algoritmene brukes til å identifisere flaskehals, ineffektive områder, forutse lagerbehov, antall ansatte som kreves for ulike skift, potensielle farer og vedlikehold på lageret. Dersom maskinene er matet med nok data og lært nok gjennom erfaring kan maskinene løse slike utfordringer selv (Kumar, 2022).

Digital tvilling kan benyttes til å optimalisere lagerkapasiteten. Denne teknologien kombinert med IoT, cloud computing, kunstig intelligens og maskinlæring kan skape en virtuell kopi av lageret. Lager-operasjoner og aktiviteter kan med andre ord gjennomføres virtuelt. En slik virtuell kopi kan teste ulike strategier, planløsninger og scenarioer. Videre kan disse analyseres og evalueres uten å faktisk utføre operasjonene fysisk. Digital tvilling

vil på denne måten effektivisere lagerstyringen, samtidig som nedetiden reduseres (Honeywell, 2022).

4.1.2 Effektivisere ordreplukking



Figur 4 Figur av et semi-automatisk plukkingsystem (Witron, u.å.-a).

Ved å ta i bruk teknologier som automatisering og kunstig intelligens kan en innføre nye løsninger for plukking av ordre som vil forbedre denne prosessen. Det foregår mange prosesser og arbeidsoppgaver på et lager, men en av de viktigste aktivitetene er plukking av ordrer. Dette er en essensiell funksjon for et lager og ved å effektivisere denne prosessen vil en kunne plukke flere ordre på kortere tid og dermed redusere kostnadene knyttet til hver ordre som plukkes.

Alibaba er ledende aktør innenfor engros-handel som betjener millioner av kjøpere og leverandører over hele verden (Alibaba, u.å.). De har allerede iverksatt løsninger på sitt lager for å effektivisere plukkprosessen og dette er et svært godt eksempel på hvordan dette kan gjøres. Så fort en ordre er mottatt vil datasystemet bestemme en passende eske basert på produktinformasjonen som ligger i systemet og algoritmen for pakking. Valget av korrekt emballasje vil både bespare kostnader. En ansatt plukker opp esken og gir den en strekkode og plasserer den på en hylle som flyttes av en automatisert robot til et pakkeområde. Her får den ansatte instruksjoner fra en digital assistent om hva som skal pakkes og varene er plassert slik at de varene som mest frekvent handles sammen er plassert sammen. Alle robotene benytter seg av sanntidsinformasjon som er innhentet av lasersensorer som videre analyseres via algoritmer for å kunne koordinere robotene og forhindre kollisjoner og opphopninger (Zhang et al., 2021).

Det finnes flere aktører som jobber med utvikling og bygging av lagre som tilbyr løsninger for ordreplukking. Et eksempel på dette er Witron, som er et tysk selskap som har utviklet systemer for detaljhandelen, e-handelen og industrien i over 50 år (Witron, u.å.-f). De tilbyr fullstendige løsninger for plukking av varer, både løsninger som er helautomatiske eller semi-automatiske. Et eksempel på et av systemene de leverer er Order Picking Machinery som er et helautomatisk plukksystem beregnet for matbransjen og hver enkel enhet kan utføre opptil 500 plukk per time (Witron, u.å.-b). De tilbyr også semi-automatiske systemer for manuell plukking som kan minne om eksempelet vi så på fra Alibaba. Dette er systemer som Dynamic Picking System, hvor arbeidere plukker fra opplyste esker som strategisk er plassert ut ifra hvilke varer som plukkes mest frekvent. Eskene transporteres automatisk til sine lokasjoner via kraner slik som vi kan se i Figur 4 (Witron, u.å.-c). De tilbyr også et system som heter Car Picking System hvor arbeidere plukker varer med hjelp av en digital assistent som forteller dem hva som skal plukkes i optimal rekkefølge. Varene her er også plassert strategisk med tanke på hvilke varer som plukkes mest frekvent (Witron, u.å.-d). Witron tilbyr også ytterligere løsninger for plukksystemer og andre systemer som kan benyttes på et lager.

AR teknologien har hatt stor innflytelse på effektiviteten innenfor ordreplukking ettersom den tradisjonelle plukkingsprosessen er utfordrende å gjennomføre og kan føre til avvik i den planlagte plukkingen. Den tradisjonelle plukkingsprosessen er sett på som den arbeidskrevende delen av aktiviteter på et lager. Den repetitive prosessen av lesing og sjekking av dokumenter er tidskrevende og øker sjansen for menneskelige feil. Plukking-ved-syn innenfor AR er den visuelle hjelpen arbeideren får gjennom hodetelefoner, briller og kontrollere for å gjennomføre ordreplukkingsprosessen. Dette er en papirløs operasjon som behandler ordrebestillinger med teknologier som legger visuelle lag til virkeligheten som oppfattes via utstyret. Det har introdusert en helt ny måte å plukke ordrer på med måter der bedrifter kan øke effektivitet og nøyaktighet. For å fullføre en plukking-ved-syn-operasjon må en operatør kommunisere med stemme, syn og bevegelse. Ved hjelp av virtuell veiledning kommer AR maskinvaren til å hjelpe operatøren til å finne lokasjonen til varene og vise hvor mange varer som skal plukkes. Operatøren kan se informasjon om produktet gjennom brillene slik som navn, nummer og lokasjon og dette tillater operatøren å fullføre ordreplukkingen mer effektivt (Jumahat et al., 2023).

4.1.3 Sikkerhet

Teknologi fra industri 4.0 kan komme til nytte for å øke datasikkerheten. Industri 4.0 omhandler i stor grad teknologi og data, og datasikkerheten vil derfor være viktigere enn den noen gang har vært tidligere. Vi kan bruke teknologien blokk-kjede for å beskytte data, men også for å behandle den på en bedre måte. Ved å bruke disse teknologiene kan vi holde informasjon beskyttet og samtidig sørge for at den er enkelt tilgjengelig for å øke effektiviteten.

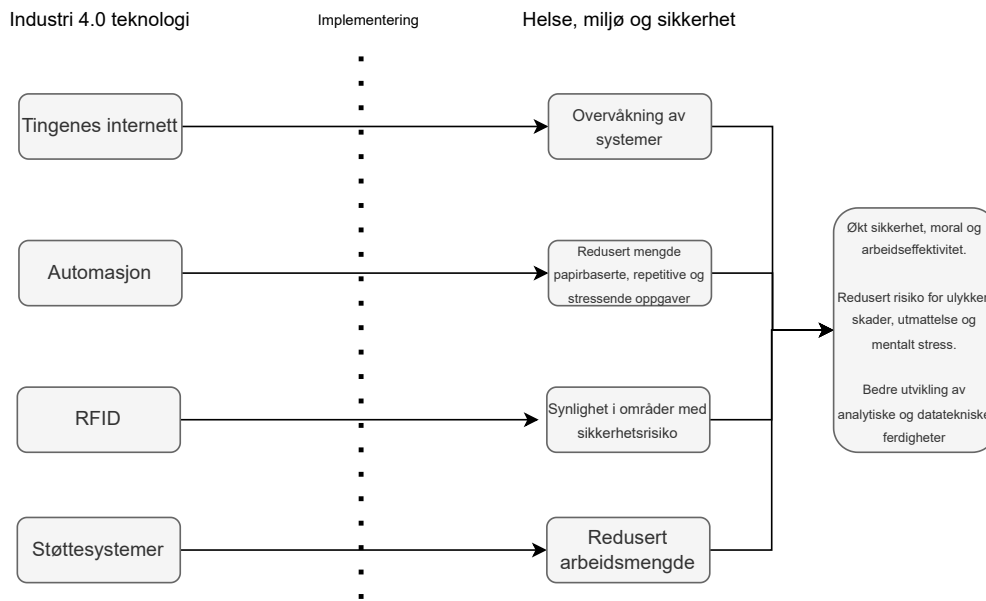
Blokk-kjeder gir oss muligheten til å gjennomføre finansielle transaksjoner på en trygg måte, men også samtidig sende informasjon internt om lager, produksjon og salg. Det gjennomføres ved å legge ønsket informasjon inn i en kryptert virtuell blokk i blokk-kjeden. Informasjonen i denne blokken er tilgjengelig for nodene i nettverket, men ingen av nodene har mulighet til å forandre informasjonen i ettertid. Når informasjonen sendes videre, for eksempel fra produksjon til lager, sjekker alle nodene om informasjonen stemmer og at den ikke har blitt forandret. Dette gir oss en innsikt i informasjonen som deles og en sikkerhet på at informasjon stemmer og dette øker sikkerheten for informasjonen (Jønsson, 2021). Blokk-kjede teknologi gir derfor en teknisk løsning som forbedrer sikkerheten i forsyningskjeden gjennom dets uforanderlige, transparente og distribuerte nettverk og sikrer påliteligheten til den delte informasjonen i sanntid (Ahmed et al., 2022). Det er gjennomført en studie som viser at man ved å bruke blokk-kjede teknologi for å lagre data vil ha en høyere sikkerhet enn de tradisjonelle lagringsmetodene som har blitt benyttet til nå (Gerth & Heim, 2020).

4.1.4 HMS og arbeidsforhold

Teknologi fra den fjerde industrielle revolusjon kan hjelpe med å holde tritt med lovgivningen innenfor HMS. HMS står for helse, miljø og sikkerhet og er et viktig element for enhver arbeidsplass. HMS handler om å sikre et godt arbeidsmiljø ved å redusere risiko for farer og ulykker og ved å fokusere på de positive og helsefremmende faktorene i arbeidsmiljøet (Arbeidstilsynet, u.å.). HMS er regulert av lovverk i flere land og i Norge har vi en egen HMS-lovgivning og lovene og forskriftene er juridisk bindene. I Norge kan vi si at dette er en levende lovgivning som stadig oppdateres og enkelte lover kan oppdateres flere ganger på et år. Hensikten med disse oppdateringene er å holde tritt med ny informasjon som oppdages, slik at lovverket i størst mulig grad henger med i

samfunnsutviklingen (Beggerud, 2016). Det er derfor essensielt at bedrifter holder seg oppdatert med lovgivningen slik at en kan ivareta arbeidernes sikkerhet og velvære på arbeidsplassen.

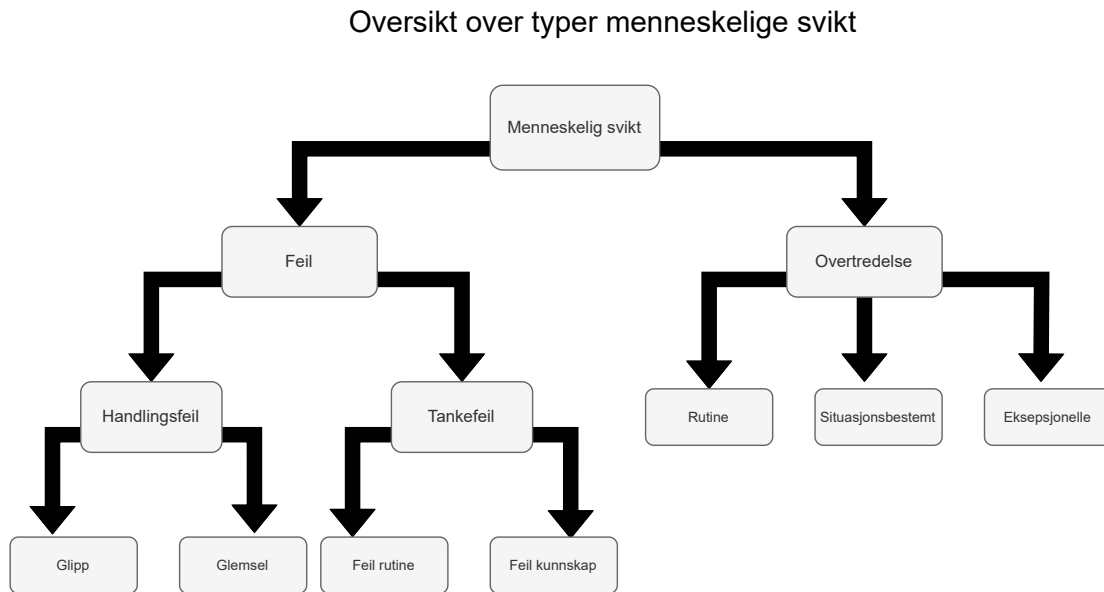
Figur som viser hvordan teknologi fra industri 4.0 kan påvirke helse, miljø og sikkerhet (HMS)



Figur 5 Figur som viser sammenhengen mellom teknologi fra industri 4.0 og HMS

Teknologien som har oppstått fra industri 4.0 tilbyr intelligente støttesystemer og reduserer arbeidsmengden for de ansatte. Arbeiderne jobber med sofistikerte systemer som øker arbeidernes sikkerhet og trivsel. Implementering av tingenes internett gjør at en kan overvåke og redusere antall høyriskohendelser og med dette forbedre arbeidernes sikkerhet. RFID har muligheten til å gi synlighet i områder av sikkerhetshensyn og ytterligere bidra til arbeidernes sikkerhet. Innføring av automasjon vil kunne gjøre at arbeidsintensiviteten drastisk reduseres, som igjen vil redusere presset som ligger på arbeiderne. Automatiserte systemer vil kunne redusere antall arbeidskrevende papirbaserte oppgaver og øke den generelle moralen og arbeidseffektiviteten (Ali & Phan, 2022). Teknologiene kan hjelpe med å redusere stressende og repetitive oppgaver, og dermed redusere risikoen for skader, utmattelse og mentalt stress. Ansatte kan også opplevede økt letthet i deres daglige oppgaver og føle at deres analytiske og datatekniske ferdigheter har en bedre utvikling (Perotti et al., 2022). Vi kan med dette se at teknologi kan bedre HMS i stor grad og vi har på bakgrunn av dette selv utviklet Figur 5 for å vise hvilke teknologier som kan gi ulike virkninger innenfor HMS.

4.1.5 Kvalitet og menneskelig svikt



Figur 6 Figur som viser oversikt over menneskelige feil. Basert på figur fra Health and Safety Executive (Health and Safety Executive, u.å.).

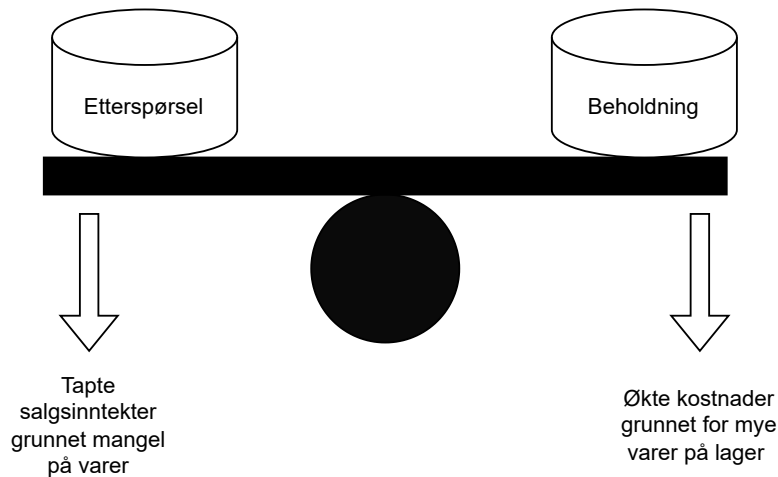
Alle mennesker kan gjøre feil uansett hvor gode de er i jobben de gjør, og dette menneskelige aspektet kommer en ikke unna. En kan derimot ta i bruk teknologi fra industri 4.0 som automasjon for å redusere antallet av slike feil og øke kvaliteten på arbeidet som blir gjort. Kvalitet innenfor produksjon kan oppfattes som evnen til å tilfredsstillende fastsatte behov eller krav, og dette er normalt knyttet til en vare som en fysisk gjenstand eller en tjeneste som er arbeid utført for andre (Rolstadås, 2022). Dette kan overføres til lagerbransjen, hvor kvaliteten sier noe om hvorvidt ordrene blir pakket på en tilfredsstillende måte og samtidig at de plukkede varene holder den standarden som de er ment til å holde. Kvaliteten kan forringes dersom det blir plukket feil varer, at varene har blitt skadet under plukkingsprosessen eller at de ikke har blitt pakket på en forsvarlig måte. Dette er feil som ofte kan kategoriseres som en menneskelig svikt. Menneskelig svikt kan deles inn i to kategorier; feil og overtredelser. En menneskelig feil er en handling som ikke var ment, mens en overtredelse er et bevisst avvik fra en regel eller en prosedyre. Eksempler på menneskelige feil kan være glipper hvor en person som er kjent med arbeidsoppgaven ikke konsentrerer seg og trykker på feil knapp eller glemmer et trinn i prosessen. En annen menneskelig feil kan være at beslutningen som tas er feil da personen møter en ny og uventet feil, eller at personen ikke har fått tilstrekkelig med opplæring. Overtredelser er situasjoner hvor mennesker med vilje bryter med gitte regler og

prosedyrer og dette gjøres som regel for at man skal kunne få jobben gjort raskest mulig (Health and Safety Executive, u.å.). Vi kan i Figur 6 se en oversikt over de ulike typene menneskelig svikt som finnes og hvilke kategorier disse tilhører.

Det finnes mange bruksområder for teknologien automasjon fra industri 4.0 på et lager. Automatisering er kanskje best egnet for de oppgavene som er mest utsatt for menneskelig svikt. Ved å automatisere disse oppgavene vil en kunne redusere kostnadene og øke effektiviteten, da roboter gjør mindre feil en mennesker. Oppgaver med lite behov for menneskelig interaksjon eller oppgaver med lavt behov for kognitive ferdigheter egner seg for automasjon, da roboter mangler analytiske og kreative ferdigheter (Santos et al., 2019). Oppgaver som ofte utføres i store volum og oppgaver som bruker ulike applikasjoner og systemer egner seg også godt for automatisering (Pramod, 2021). I en studie gjennomført for å se på sammenhengen mellom forsyningskjedestrategi, digitalisering og robotprosessautomatisering ble det funnet flere fordeler og ulemper for implementering i segmentet anskaffelse. Motivene inkluderer fordeler som at ansatte kan fokusere på viktigere oppgaver, slik som gjennomgang av anskaffelsesprosessen, behandlingshastigheten og reduksjon av menneskelige feil. Det vil føre til gunstigere data og kostnader, samtidig som det øker tilfredsheten til interessentene og kvaliteten på leverandørsamarbeidene (van Hoek et al., 2022). Det er derfor liten tvil om at teknologi kan legge til rette for at kvaliteten i arbeidet som blir utført blir høyere ved å redusere mengden menneskelige svikt som kan inntreffe. Spesielt egnet er dette for lagerbransjen hvor mye av arbeidsoppgavene er repetitive og enklere å automatisere.

4.1.6 Prognoser

Figur av prinsippet for prognostisering



Figur 7 Figur som viser prinsippet for prognostisering.

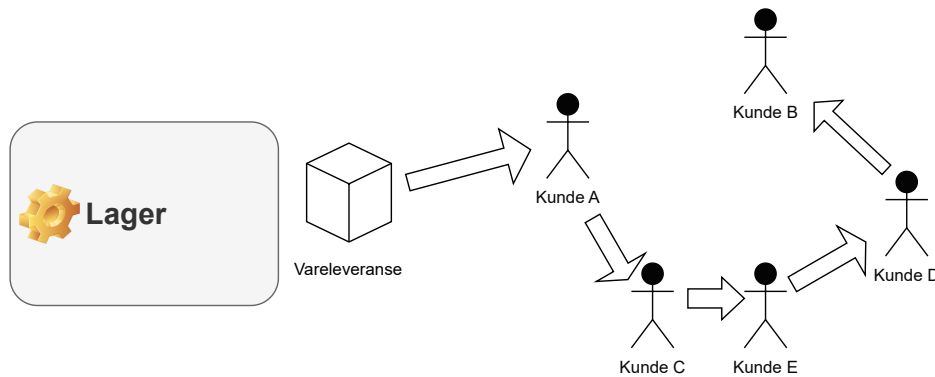
Det kommer stadig nye leveranser av varer til et lager, samtidig som at det stadig går varer ut fra et lager som skal leveres til kunder. Varene som ankommer lageret er bestilt inn og varer som forlater lageret skal leveres til kunder. For at en skal kunne vite hvor mye varer som skal bestilles inn, kan det være lurt å utføre prognoser for å se hvor mye man forventer å selge av det aktuelle produktet. En prognose er en forutsigelse som forteller oss noe om en saks forventede forløp som bygger på mer eller mindre sikre indiser (Store norske leksikon, 2023b). Innenfor salg kan en prognose gi oss et estimat på hvor mye vi forventer å selge og deretter bestille inn tilsvarende mengde varer. Ved å ta i bruk teknologier som maskinlæring og stordata kan en få prognoser med høyere nøyaktighet. I Figur 7 ser vi en figur som vi har utarbeidet selv som viser prinsippet for prognostisering. Dersom man ender opp med en høyere beholdning enn etterspørselen, vil vekten tippe og man vil få økte kostnader grunnet for mye varer på lager. Kostnadene er knyttet til oppbevaring av selve varen, men også dersom produktet foreldes og må kastes. Dersom etterspørselen er høyere enn beholdningen vil man tape salgsinntekter da man ikke har nok varer til å dekke etterspørselen.

Maskinlæring er designet for å finne mønster i datasett og kan håndtere store datasett, også kjent som stordata. Det åpner derfor en mulighet til å benytte maskinlæring til å analysere tidligere salgstall og deretter lage prognoser. I en studie gjort for detaljhandelen, kan bruk av prognostisering med maskinlæring øke nøyaktigheten på prognosene. Samtidig ble det oppdaget at effekten var større på helligdager hvor bruk av maskinlæring reduserte feil i prognosene med 10 til 20 prosent (Huber & Stuckenschmidt, 2020). Luxottica er et selskap som bruker maskinlæring til å lage fremtidige prognoser. Selskapet bruker maskinlæring til å forutsi etterspørselen etter nye brillemodeller som skal legges ut for salg i markedet. Ved bruk av maskinlæring klarte de å redusere antall prognosefeil med 10 prosent (Shalimov, 2020). Prognostisering av etterspørsel kan også utføres ved hjelp av teknologien IoT. Selskapet Costa Coffee er en britisk kaffebarkjede som bruker IoT til planlegging av etterspørsel. Costa Coffee eier tusenvis av kaffemaskiner som produserer kaffe til kunder. Kaffemaskinene fungerer som IoT-enheter og formidler sanntidsdata om salg og beholdning. Dataen blir formidlet hvert fjerde sekund og gir dem en oversikt over salg kontra varebeholdning i sanntid. Det gjør at Costa Coffee kan forutse salg med høyere nøyaktighet (Shalimov, 2020).

4.1.7 Varetransport

Teknologier som stordata, kunstig intelligens og automasjon kan bidra til å redusere kostnaden for varetransport gjennom effektivisering av denne prosessen. Varetransport er en kritisk del av forsyningskjeden og det er ingen unntak når vi snakker om lagerstyring. Uten transportering vil alt arbeid som ligger i forkant på et lager ikke ha noen hensikt. Det er derfor helt essensielt å kunne levere produkter til kunder på en god måte. Transportering er derimot ikke kostnadsfritt, og det medfølger en vesentlig kostnad. Det er derfor naturligvis hensiktsmessig at en ønsker å redusere kostnadene assosiert med transport slik at lønnsomheten øker.

Figur som viser prinsippet for ruteplanlegging



Figur 8 Figur som viser prinsippet med ruteplanlegging.

God ruteplanlegging er et viktig punkt for å kunne levere varer på en effektiv måte. I Figur 8 ser vi en figur som vi selv har utarbeidet som viser prinsippet for ruteplanlegging.

Normalt sett ville man under ruteplanlegging planlegge den ruten som totalt sett har kortest mulig distanse. Det er derimot ved bruk av kunstig intelligens og maskinlæring mulig å bruke trafikk- og værdata i ruteplanleggingen. Ved å bruke tidligere data for trafikk og vær, vil en i ruteplanleggingen ta høyde for forventet snittfart basert på værforholdene og gjennomsnittlig trafikk. Dette vil kunne effektivisere ruteplanleggingen ved å redusere tiden som brukes for leveringer og dermed redusere kostnader (Hu et al., 2020).

På et lager plukkes det store mengder ordrer. Det er ikke uvanlig at flere ordrer som skal til samme destinasjon pakkes hver for seg. I matvarebransjen kan dette for eksempel skyldes at ordrene blir pakket i ulike temperatursoner. Konsolidering av frakt er en prosess hvor man grupperer forsendelser som skal samme sted for å kunne redusere transportkostnaden og optimalisere distribusjonen av varer. Konsolidering gjør at en kan utnytte lasterommet på best mulig måte og samtidig unngå fragmenterte forsendelser (Mecalux, 2022b). På et lager som plukker tusenvis av ordrer er det derimot ikke alltid like lett å kunne oppdage hvor det er mulig å utføre konsolideringer. Ved å ta i bruk kunstig intelligens og maskinlæring vil en kunne analysere de store datasettene med ordrer som er tilgjengelig. Et slikt stort datasett er også som stordata vil ikke være mulig å analysere på tradisjonelt vis. Kunstig intelligens og maskinlæring vil kunne analysere mønstre, trender og annen verdifull informasjon i datasettet og vil kunne oppdage mulige konsolideringer og øke gjennomstrømningen av disse (Mecalux, 2022c).

Det er også mulig å ta i bruk løsninger som ikke direkte omhandler selve reisen med transportmiddelet for å effektivisere varetransporten i sin helhet. Dette kan gjøres ved å forbedre prosessen med lasting av produktene, for å redusere tidsbruken som går med til denne prosessen. Det er dermed mulig å redusere kostnadene assosiert med lasting av varer. Redusering av kostnader kan gjøres ved å implementere en fraktbuffer hvor man midlertidig lagrer ferdigpakke ordrer før de skal lastes. Dette gjør at man kan ha ordrer klargjort for lasting i forkant og unngår situasjoner hvor ordren ikke er ferdig når den skal lastes og sjåføren må vente. En slik fraktbuffer kan automatiseres for å maksimere effektiviteten og selskapet Witron som vi tidligere har nevnt tilbyr en løsning for dette. De ferdigpakke ordrene lagres i et høylager frem til det skal lastes. Ved bruk av et høylager vil man kunne ha en større fraktbuffer som bruker mindre gulvplass. Ordrene sendes så ut på transportbånd fra en kran og i en slik rekkefølge at det samsvarer med ruteplanen til transportmiddelet. Det vil med andre ord si at det som lastes ytterst i transportmiddelet er det som skal først ut. Et slikt system tillater også at distansen mellom bufferen og transportmiddelet blir kortere og tiden for lasting reduseres (Witron, u.å.-e).

4.1.8 Arbeidsplasser

Industri 4.0 teknologier som automatiserer aktiviteter og prosesser innenfor lagerstyring vil også påvirke behovet for ansatte. Smartere teknologier vil transformere den tradisjonelle manuelle arbeidskraften til en arbeidskraft som i stedet blir utført av maskiner gjennom analyser og algoritmer. Som nevnt tidligere i teksten kan en for eksempel ta i bruk teknologiene automatisering og robotikk. Her kan en benytte autonome mobile roboter som automatisk henter og leverer varer fra forskjellige steder i varehuset. Slike tiltak sammen med andre teknologiske initiativer vil si at flere av de oppgavene som krever menneskelig arbeidskraft i stedet vil bli utført av teknologi. Ved å la teknologi utføre arbeidet, vil også behovet for ansatte reduseres.

Et redusert antall ansatte vil spare bedriften for kostnader, samtidig trenger ikke maskiner å spise, sove eller slappe av. Maskiner er mer effektive enn mennesker, mer egnet til å løse kompliserte problemer og gjør mindre feil (Tørdal, 2020). Innenfor lagerstyring vil det også være aktuelt å fokusere på IoT, maskinlæring og kunstig intelligens for å redusere antall ansatte. Disse tre teknologiene kan samhandle med hverandre, der IoT automatisk overvåker varebeholdningen, lagerkapasiteten og vareflyten i sanntid. Dataen som blir

generert kan bli analysert ved bruk av kunstig intelligens og maskinlæring. Videre kan den analyserte dataen brukes til å ta beslutninger som i større grad reduserer behovet for ansatte.

4.2 Svakheter

4.2.1 Kapitalkostnader

Kapital er en betegnelse med flere betydninger, men til felles for alle betydningene er at det dreier seg om en beholdning av økonomiske goder (Stoltz & Munthe, 2023). Enhver bedrift har behov for kapital for å etablere seg og utføre det arbeidet som bedriften er ment for. Det er ingen tvil om at det er kostbart å etablere et lager, både med tanke på det store arealet en har behov for, samt all infrastruktur som må implementeres for at det skal være mulig å operere lageret slik som det er ment til å gjøre. Det finnes ingen fast pris for utbygging av et lager, da ethvert lager er unikt både på størrelse, lokasjon og planløsning.

Når vi videre skal snakke om kostnaden for et automatisert eller et smartlager som benytter seg av teknologien fra industri 4.0, øker prisen drastisk. I en studie som ble gjennomført som sammenlignet tradisjonelle og smarte lagre kom de frem til at interiøret for smarte lagre kunne koste imellom 150\$ til 200\$ per kvadratfot, mens et tradisjonelt lager koster mindre enn 10\$ per kvadratfot (Kamali, 2019). Det tilsier at interiøret til et smartlager kan koste mer enn 15 ganger så mye som et tradisjonelt lager. Her kan en med en gang se hvor stort behovet er for kapital dersom en ønsker å etablere et smartlager. For å gi dette en kontekst kan vi se på et eksempel fra Norge. Coop er en aktør i det norske markedet og har over 1200 butikker i landet og har 28 000 ansatte. Selskapet utfører oppgaver som omhandler innkjøp, logistikk, kjededrift og markedsføring for sine seks dagligvarekjeder og to faghandelskjeder (Coop, u.å.). Coop har et helautomatisk lager lokalisert på Østlandet og i 2019 ble det startet en utvidelse på dette lageret. Lageret skulle økes fra 52 000 kvadratmeter, til 84 000 kvadratmeter, en utvidelse på hele 32 000 kvadratmeter. Kostnaden for denne utvidelsen lå på 1 milliard norske kroner (Ivarson, 2019). Det er derfor liten tvil om at en av de større utfordringene knyttet til et smartlager, er kapitalen en må ha tilgang til for å kunne bygge et slikt lager.

4.2.2 Sikkerhet

Cloud computing gjennomfører mye av det blokk-kjeder gjør, men på en annen måte. Cloud computing eller skylagring tar utgangspunktet i at informasjonen blir lagret over internett på en server som er eid av en tredjepart eller bedriften som skal bruke skyen. Det kan være en offentlig sky eller en privat sky. Det som vil være mest relevant for oppbevaringen av informasjonen for et lager vil være en privat sky, hvor serveren som dataen lagres på driftes av aktøren som skal bruke den. Det vil holde informasjonen internt og utgjør den sikreste måten å bruke sky lagring på. Derimot kan det også være ønskelig for en bedrift å ha lagerinformasjon på en hybrid sky som gir oss muligheten til å både ha en privat sky for sikker informasjonslagring og en offentlig sky for å dele informasjon med kunder. (Fu, 2022)

Teknologien innenfor industri 4.0 er i stor grad avhengig av data for å kunne prestere effektivt. Data genereres og samles inn fra flere enheter enn tidligere for å kunne benyttes videre til å effektivisere driften. Eksempelvis samles det inn data fra utallige sensorer på et lager som lagres for å videre kunne benyttes for analyse eller for at automatiserte enheter skal kunne fungere. Dette betyr at man i industri 4.0 vil samle og oppbevare mer data enn noen gang tidligere (Russem, u.å.). Viktigheten rundt datasikkerhet er derfor mer relevant enn noen gang tidligere, da det er større mengder med data som lagres og derfor større mengder med data som må sikres.

Det har blitt utført flere studier om skylagring gjennom tiden på grunn av sikkerhetsbekymringer på grunn av unngåelige feil i programvaren, mangelfulle prosedyrer, sofistikerte hackere og menneskelige feil. Dette kan utsette den personlige informasjonen til ansatte eller informasjon om bedriften slik at utenforstående får tilgang til informasjon de ikke skal ha. Det er derfor ikke mulig å garantere at sikkerhet og privatliv er beskyttet mot alle kilder. Leverandører av skylagring må ta i bruk de mest sofistikerte verktøyene og metodene for å sikre bedre sikkerhet i fremtiden (Kim, 2009).

4.2.3 Avhengighet av teknologi

Teknologi legger til rette for at ulike arbeidsoppgaver kan utføres på en mer effektiv måte og i mange tilfeller tar helt over for manuelt arbeid ved bruk av automasjon. Lagerbygg designes og bygges etter teknologien som tas i bruk og alt legges til rette for at teknologien skal kunne utføre den jobben den er ment til å kunne gjøre. Dette er gunstig for å legge til rette for at teknologien får utført sin jobb på best mulig måte, samtidig som man optimaliserer plassutnyttelsen. Det vil tilsi at man sparer kostnader ved at man ikke lar plass stå ubrukt. Det som derimot kan være nedsiden med at lagerbygget er bygget for at teknologien skal få gjøre sin jobb, er at det kan bli problematisk dersom det skulle oppstå en svikt med teknologien.

Når lagerbygg blir mer og mer automatiserte blir de konfigurert på en slik måte at en har en infrastruktur som legger til rette for effektivitet. Implementeringen av roboter, smale ganger og veier for automatiserte kjøretøy gjør dette at områder mennesker har tilgang til blir begrenset. Det kan bli et alvorlig problem dersom det skulle oppstå en strømstans eller en systemsvikt. I et tradisjonelt lager vil mennesker kunne bevege seg fritt rundt og fortsatt driften med en lavere hastighet. Det vil ikke være mulig i automatiserte lagerbygg, da disse byggene er tilrettelagt for maskiner og roboter (Transport Intelligence, 2021).

Strømbrudd og maskinelle feil er ikke det eneste som kan forårsake alvorlige problemer. Alle teknologiske enheter som er koblet til internettet innebærer en form for risiko for driften av lageret. Uansett hvor enkel funksjon enheten har, kan denne ved utsettelse av dataangrep skape store komplikasjoner for lagerets totalfunksjon. Selv en enkel sensor som sender og mottar data kan bli utsatt for et trådløst angrep og spre skadelig programvare til resten av systemet og sette hele anlegget ut av spill (Transport Intelligence, 2021). Det viser hvor avhengig en er av at all teknologi fungerer som den skal og at dersom teknologien svikter, vil hele operasjonen stå stille frem til problemet er løst.

4.2.4 Økt energiforbruk

Introduksjonen av nye teknologier i større mengder på et lager krever mer energi enn før for å opprettholde driften. Energikilden vi her referer til er elektrisitet. Flere av prosessene som vi i dag gjør med menneskekraft skal gå over til å bli gjennomført av roboter, datamaskiner, kraner, transportbånd og sensorer. Fra en ansatt som ikke bruker elektrisitet til en robot som trenger elektrisitet, er det klart at strømforbruket kommer til å øke. Blant mange positive effekter i denne overgangen har vi også negative effekter, blant disse er økt energiforbruk i form av elektrisitet. I en studie gjennomført i Tyskland kom en frem til tre parametere som stod til grunn for et lagerbygg sitt energibehov. Disse parameterne er størrelse på lager, volum på ordre som behandles og grad av automatisering. Når størrelsen på disse parameterne blir høyere, vil det totale energibehovet økes og det vil dermed si at et lager med større grad av automatisering vil ha et større energibehov enn et lager med mindre grad av automatisering (Schulz et al., 2012).

Coop har utvidet sitt lager på Østlandet. Lageret er automatisert og tar i bruk mye av teknologien som vi kan forvente fra et smartlager i industri 4. Lageret har en automasjonsgrad på 90 til 95 prosent og med denne automatiseringen har Coop et høyt forbruk av elektrisitet på hele 30 millioner kilowattimer (kWh) i året (Joelson, 2022). En gjennomsnittlig norsk enebolig bruker ifølge Fjordkraft 20 000 kWh i året (Fjordkraft, u.å.). Det vil si at Coop sitt energiforbruk tilsvarer 1500 eneboliger. Dette forteller oss noe om hvor store mengder strøm som kreves for å kunne drifte et såpass moderne smartlager med en så høy automasjonsgrad. Strømforbruket kommer ikke bare fra teknologi som benyttes for å automatiseres lageret, men det vil også være en god andel av strømforbruket som går med på både oppvarming og nedkjøling av de ulike temperatursonene som finnes i dagligvarebransjen. Vi tenker da på tørrvarelager med romtemperatur, kjølevarelager med temperaturer ned mot null og frysevarelager med minusgrader.

Et stort eller økt strømforbruk medfører også høyere kostnader. Når vi ser på mengden strøm som Coop benytter for sitt lager, vil dette medføre en vesentlig kostnad knyttet til strømutfgifter. Bedriften vil bli mer utsatt for svingninger i strømprisene, hvor en høyere strømpris vil gi større utslag enn det tidligere ville gjort med et lavere strømforbruk. Strøm vil bli en mer betydelig del av bedriftens regnskap, da elektrisitet vil være en viktigere ressurs. Det både med tanke på det økonomiske aspektet, men samtidig i form av

driftssikkerhet. Uten tilgang til tilstrekkelig med strøm vil en ikke kunne opprettholde driften. Det er også verdt å nevne at en ved utbygging av et smartlager vil måtte sikre tilstrekkelig med infrastruktur for å kunne få tilgang til den elektrisiteten som er nødvendig og eventuelle reserveløsninger som nødaggregater dersom det skulle skje en svikt i strømmettet. Både sikring av infrastruktur og reserveløsninger vil kunne medføre større kostnader når det omhandler så store mengder med elektrisitet.

Økt strømforbruk er ikke bare et økonomisk problem, men også et sosialt problem. I Europa prøver man å følge EU sin politikk mot det grønne skiftet og «The Ecodesign directive» fra 2009 der EU foreslår et rammeverk for energirelaterte produkter. Rammeverket dekker en variasjon med produkter som blir brukt i industrielle systemer, for eksempel elektriske motorer og batterier. Implementeringen av EU sitt forslag handler om å sette krav for nye produkter, spesielt mengden med energi eller strøm de bruker. Det er med andre ord ikke bare å bruke all den energien man vil i lagerstyring, selv om det kreves av de nye teknologiene. En må opptre forsvarlig med energiforbruket for å bevare den sosiale faktoren (Lewczuk et al., 2021).

4.2.5 Teknologiu utvikling

Begrepet teknologi er fra de moderne tider, men vi kan ved tilbakeblikk si at teknologien oppstod når mennesker fant tekniske løsninger på praktiske problemer som oppstod i hverdagen. Vi har sett en utvikling av teknologi helt siden 1500-tallet innenfor mange områder, men det er først i slutten av det 20. århundre at vi finner teknologiområdet som inkluderer informasjonsteknologi, kunstig intelligens og nanoteknologi som fremdeles utvikler seg raskt (Gursli-Berg & Rosvold, 2023). Når kostnadseffektiviteten for datakraft, lagring og bredbånd har blitt eksponentielt bedre over de siste årene, har det også vært hurtige fremskritt innenfor innovasjoner som benytter disse verktøyene. Hastigheten for teknologiske fremskritt har aldri vært høyere og det er ingen tydelige tegn på at denne vil bremse ned (Hagel III et al., 2013).

Teknologiske fremskritt gjør det mulig å utføre oppgaver på en ny og bedre måte eller forbedre måten det allerede gjøres på, og det er liten tvil om at dette kan være positivt for lagerstyring. Det som derimot kan være problematisk er tidspunktet man velger å adaptere ny teknologi, da en aldri med sikkerhet kan vite om det vil komme en mer egnet teknologi

i fremtiden. Denne beslutningen blir ikke enklere dersom teknologien innebærer en større investering for å kunne implementere den. Det kan derfor bli en omstendelig prosess når det skal besluttes hvorvidt det skal investeres i ny teknologi eller ikke. Forbes har skrevet en artikkel om hvilke aspekter som burde settes i søkelyset når man skal igjennom denne beslutningsprosessen. Disse aspektene omhandler det å søke ytterligere informasjon om teknologien, evaluere de mulighetene som finnes, se på mulig avkastning, evaluere nettsikkerhet og å vurdere den langsiktige fordelene teknologien bringer (Council, 2019). Vi kan derfor se at det vil ligge mye arbeid rundt beslutningen om hvorvidt man skal investere i ny teknologi.

4.2.6 Kompleksitet

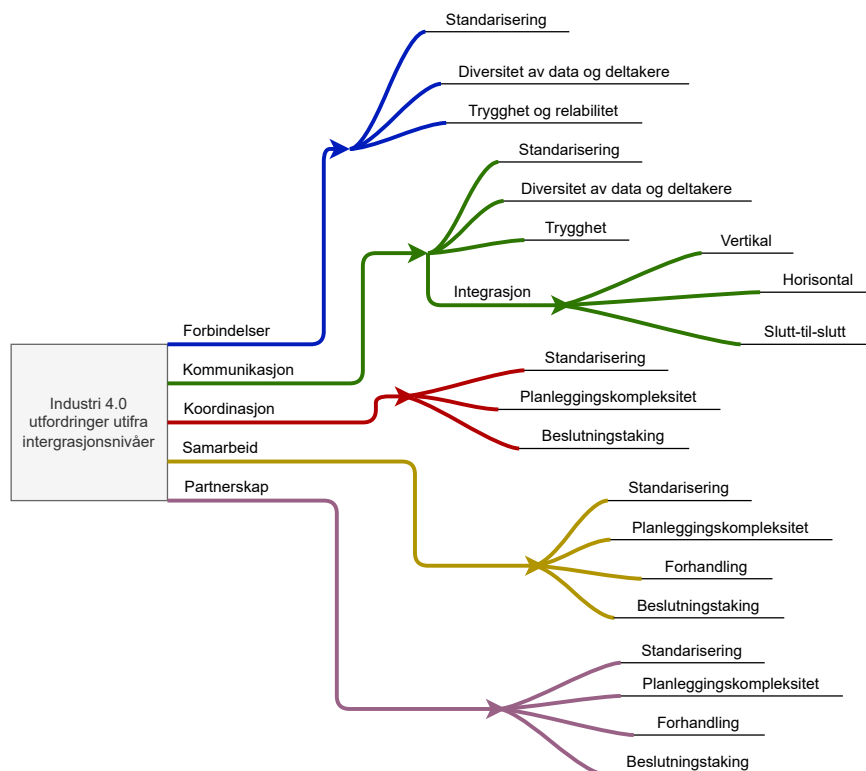
Forsyningskjeden er allerede et komplekst system med flere prosesser og aktiviteter som går samtidig. Produksjon, innkjøp, salg og lager skal operere sammen, eller være integrert. Vi har i dag tatt i bruk systemer for deling av informasjon på tvers av avdelinger. Eksempelvis vil produksjonsavdelingen informere innkjøpsavdelingen om et behov for mer råvarer slik at de kan opprettholde produksjonen for å møte etterspørselen. Vi er allerede godt kjent med denne måten å operere forsyningskjeden på og med industri 4.0 kommer det ny teknologi som må integreres inn i systemet. De ansatte må enten læres opp eller skiftes ut slik at nye systemer kan tas i bruk.

I industri 4.0 kommer vi til å ta i bruk systemer som forandrer måten vi kommuniserer internt i bedriften og eksternt med kunder. Denne overgangen kommer til å være kompleks for både bedriften og kundene. Et eksempel på dette kan være feil i måten ansatte bruker nye kommunikasjonssystemer som blokk-kjeder og cloud computing. Resultatet kan være at den nye teknologien som skulle forbedre prosesser ender opp med å gjøre prosessene vanskeligere. Kompleksiteten kan også finnes ved overgangen fra et tradisjonelt lager til et smartlager, der arbeidere er vandt til å gjennomføre arbeidsoppgaver uten de nye teknologiene. Overgangen kan forårsake forstyrrelser eller stans i driften og det lages nye problemer hvor det allerede skulle eksistert en løsning.

Industri 4.0 er et konsept som fortsatt er i en startfase globalt, og teknologien har ikke blitt standardisert ennå. Utfordringene rundt standardisering kan bli observert i forsyningskjeden. Det er forskjellige måter å integrere kunnskapen fra industri 4.0 til

forsyningskjeden. Horisontal integrasjon viser til kunnskapsdeling mellom bedriftene som samarbeider og gir de muligheten til å fortsette med det nye systemet. Vertikal integrasjon viser til integrasjonen mellom de ulike avdelingene i en bedrift. End-to-end integrasjon viser til integrasjonen mellom den digitale verdenen og den ekte verdenen, som gir arbeidere muligheten til å delta i arbeidet sitt på en mer naturlig måte (Sanchez et al., 2020). Vi kan ut ifra Figur 9 se hvor mange integrasjonsnivåer som finnes innenfor industri 4.0 og dette gir et bilde på hvor komplekst systemet vil være i sin helhet.

Figur for kompleksitet i industri 4.0



Figur 9 Figur av integrasjonsutfordringer i industri 4.0. Fornorsket og basert på (Sanchez et al., 2020).

4.2.7 Arbeidsplasser

Industri 4.0 teknologier kan optimalisere og effektivisere aktiviteter og prosesser i en bedrift, samt redusere kostnader. Ny teknologisk fremgang vil påvirke samfunnet som en helhet og muligens redusere behovet for menneskelige innspill og arbeidskraft. En nylig studie fra McKinsey Global Institute påpeker at industri 4.0 teknologier, slik som kunstig intelligens og automatisering vil påvirke omtrent en femtedel av den globale arbeidsstyrken. Studien viser at halvparten av selskaper tror at automatisering vil redusere antallet faste ansatte innen 2022, og at roboter vil erstatte 800 millioner ansatte globalt innen 2030 (Change recruitment group, u.å.).

Det å erstatte menneskelig arbeidskraft med teknologiske innovasjoner kan forårsake flere negative konsekvenser. Først og fremst kan arbeidsledigheten stige og skape økonomisk usikkerhet. Samfunnet vil på bakgrunn av dette kunne oppleve større sosiale forskjeller. Individer uten arbeid blir fattigere, mens de sysselsatte blir rikere. Kjøpekraften vil svekkes og det vil medføre en lavere etterspørsel. Moderne teknologi vil endre hvilken kompetanse og erfaring det er behov for og arbeidstakerne som vil beholde jobben sin må sannsynligvis omskolere seg (Studysmarter, u.å.). Arbeidsledighet som følge av industri 4.0 teknologier kan også negativt påvirke individers mentale helse. Sosiale interaksjoner og samarbeid som foregikk på arbeidsplassen vil forsvinne. Redusert sosial trivsel kan øke kostnader for samfunnsøkonomien, da en forverret mental helse kan øke kriminalitet, alkoholisme, og hærverk (Studysmarter, u.å.).

4.2.8 Vedlikehold

Vedlikehold på lager kan være ressurskrevende, men noe som må utføres for å unngå stans i driften. Overgangen til industri 4.0 introduserer mange nye teknologier som endrer måten vi må utføre vedlikehold på. Disse teknologiene omhandler roboter, sensorer, servere, transportbånd og disse vil også måtte vedlikeholdes, slik at de kan utføre sin funksjon på korrekt måte. Innføringen av disse teknologiene vil forårsake at vedlikeholdsarbeidet blir en mer omfattende jobb, da omfanget av antall objekter vil øke markant. De ulike objektene vil ha ulike behov for vedlikeholdsrutiner, både når det kommer til utførelsen og hyppigheten for når det er nødvendig med vedlikehold. Det vil kreve at de ansvarlige for vedlikeholdet må ha tilstrekkelig med kunnskap om objektet som skal vedlikeholdes, samtidig som de må ha oversikt over når det er behov for vedlikehold av hvert eneste objekt.

Det vil eksempelvis være behov for å rense alle sensorer, olje transportbånd og vedlikeholde motorer ved jevnlig mellomrom for å sikre at disse fungerer slik som de skal. Dette er eksempler på vedlikehold som krever gode rutiner for å overholde vedlikeholdsbehovet. Det vil også oppstå situasjoner hvor objekter svikter, og det vil være nødvendig å utføre en større servicejobb for å få objektet tilbake i drift. Eksempler på dette kan være defekte tannhjul i en motor, defekte sensorer og alle mulige pakninger som kan ryke. Her vil det være kritisk at det finnes reservedeler tilgjengelig for jobben som skal utføres, samtidig som at teknikeren har den kunnskapen som er nødvendig for å kunne

rette feilen på en effektiv måte. En stans i et automatisert lager forårsaker i mange tilfeller en stans i hele lageret. Viktigheten for vedlikeholdet er derfor større enn før, både for å kunne forhindre feil samtidig som at feil rettest på best mulig måte. Det er også verdt å nevne at nyere teknologi ofte vil være mer kostbart å skifte ut enn eldre teknologi og det vil derfor være hensiktsmessig å sørge for at objektene varer så lenge som mulig.

Disse nye teknologiene har mulighet til å lage et nytt grunnlag for implementasjonen av innovative strategier for vedlikehold og forbedre eldre strategier. For eksempel kan dataanalyser og simulatorer optimalisere vedlikeholdsplanlegging, prognostisere livssykluser og virtuell virkelighet kan tilby støtte for diagnostikk og inspeksjon (Silvestri et al., 2020). Eksternt vedlikehold utføres ved hjelp av virtuell virkelighet og ved bruk av denne teknologien kan en tekniker rette feilen i en simulasjon før man begynner vedlikeholdet på den faktiske enheten i den virkelige verdenen. Det fører til at teknikeren er forberedt på hvordan feilen skal rettes, slik at vedlikeholdet gjøres korrekt og effektivt. Vedlikehold kan kombineres med den allerede eksisterende metoden prediktivt vedlikehold og potensielt redusere vedlikeholdskostnadene fra 10 til 40 prosent. Prediktivt vedlikehold viser til metoden for å finne ut av hvor og når enheter trenger vedlikehold i fremtiden. Det vil si at en ikke trenger å utføre reaktivt vedlikehold som viser til vedlikehold som utføres når feilen først har inntruffet. Selvvedlikehold er en teori som kan bli en realitet i den fjerde industrielle revolusjonen, med muligheten for at roboter kan både diagnostisere og utføre vedlikehold på seg selv. Vedlikehold kommer alltid til å være en utfordring i lagerstyring, da det alltid vil være behov for å utføre vedlikehold for å sikre maksimal effektivitet. Industri 4.0 bringer derfor flere nye løsninger for vedlikehold som kan gjøre det mulig å effektivisere vedlikeholdsarbeidet (Silvestri et al., 2020).

5.0 Bærekraftig lagerstyring i en industri 4.0-verden

Dette kapittelet vil gjennomgå teori som omhandler bærekraft, den tredelte bunnlinjen, sirkulær økonomi og bærekraftig lagerstyring. Vi vil også se på potensielle muligheter og utfordringer relatert til bærekraft ved implementering av industri 4.0. Det gjør vi for å kunne danne et grunnlag av informasjon for å kunne besvare forskningsspørsmålet.

5.1 Bærekraft

I dag bruker vi mer naturressurser enn det naturen selv klarer å produsere. Hvert år bruker vi stadig opp «kontoen» vår for naturressurser tidligere enn året før. Unntaket var i 2020, der vi brukte opp kontoen tre uker senere enn i 2019 på grunn pandemien Covid-19. Ifølge FNs internasjonale ressurspanel, International Resource Panel (IRP), vil verdensbefolkningen, hvis vi holder samme tempoet som nå, innen 2050 trenge ressursene fra nesten tre jordkloder for å opprettholde vårt nåværende forbruk (Klima- og miljødepartementet, u.å.).



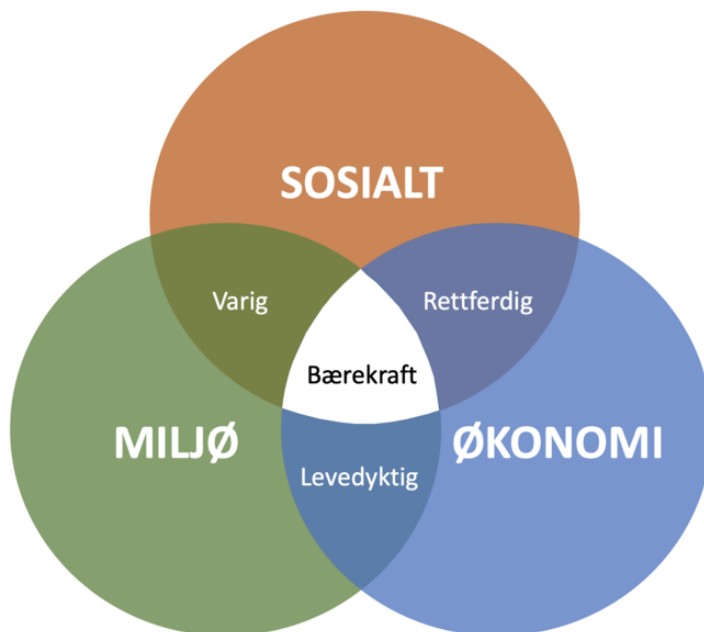
Figur 10 Figur av FNs bærekraftsmål (FN-sambandet, 2023).

Bærekraft er derfor et begrep som stadig blir viktigere for bedrifter i dagens samfunn, både fordi det er et moralsk ansvar å ta vare på planeten vår, men også fordi det kan skape økonomiske fordeler på sikt. Det å fokusere på bærekraft er essensielt fordi det er viktig å imøtekomme dagens behov uten å ødelegge for fremtidige generasjoner. Figur 10 viser

FNs globale plan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030. Denne planen består av 17 bærekraftsmål, samt 169 delmål som tar for seg en strategi for bærekraftig utvikling for mennesker og planeten vår (FN-sambandet, 2023).

5.2 Den tredelte bunnlinjen

Det er tre aspekter som beskriver begrepet bærekraft. Vi har det miljømessige aspektet, det økonomiske aspektet og det sosiale aspektet. En bærekraftig tilnærming tar hensyn til alle aspektene samtidig og prøver å finne løsninger som balanserer dem på best mulig måte (FN-sambandet, 2023). Disse tre aspektene blir også kalt for den tredelte bunnlinjen (TBL)



Figur 11 Figur som viser den tredelte bunnlinjen (YTE, u.å.).

Figur 11 viser den tredelte bunnlinjen og beskriver hvordan bedrifter påvirker samfunnet gjennom tre dimensjoner; sosiale forhold, miljø og økonomi. Den tredelte bunnlinjen er et begrep som ble synlig i 1993 av forfatter og entreprenør John Elkington. Bakgrunnen var at den tradisjonelle bunnlinjen kun omfattet dimensjonen økonomi, og dermed ikke tok hensyn til hvordan bedrifter påvirker de sosiale og miljømessige forholdene i samfunnet (Nilsen, 2023).

Det å kun fokusere på de finansielle resultatene gir ikke et korrekt bilde av en bedrifts påvirkning til samfunnet. En bedrift kan ha store overskudd, men likevel være en negativ faktor for samfunnet. På samme måte kan en bedrift ha underskudd, men samtidig være en positiv faktor for samfunnet. Vi er derfor nødt til å se på både økonomi, miljø og sosiale forhold for å få et mer nøyaktig og korrekt bilde over en bedrifts påvirkning (Nilsen, 2023).

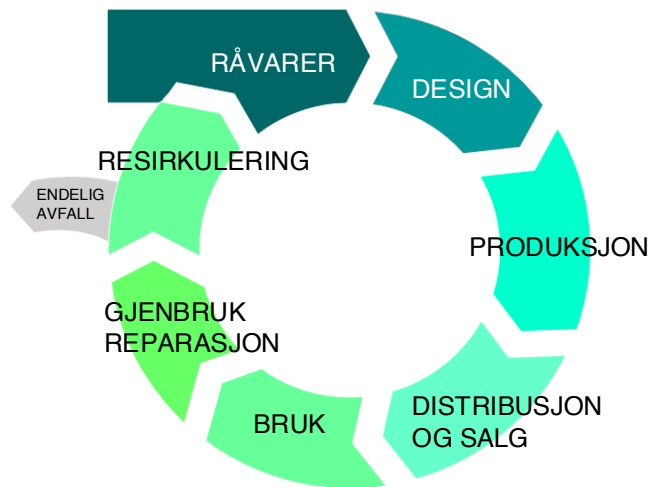
Den økonomiske dimensjonen ser på bedriftens finansielle resultater, altså kostnader kontra inntekter. Den sosiale dimensjonen beskriver hvordan bedriften påvirker mennesker, både internt og eksternt, samt lokalsamfunn og lengre ut i bedriftens forsyningskjede. Miljødimensjonen ser på forhold som ressursbruk, avfallsmengde, avfallshåndtering og utslipp til luft, jord og vann som bedriften påvirker (Nilsen, 2023).

5.3 Sirkulær økonomi

Bærekraftige praksiser har en økende betydning i næringslivet. Kunder, investorer og myndigheter legger stadig frem bærekraftige krav og føringer for hvordan organisasjoner skal praktisere. Kundene er interessert i å kjøpe produkter og tjenester fra bedrifter som fokuserer på miljøet og samfunnet. Investorene ønsker å investere i bedrifter som tenker langsiktig og legger strategier for fremtidige bærekraftige behov. Myndighetene oppretter standarder og reguleringer for bærekraft som bedrifter må følge. Bedrifter som fremmer og driver med bærekraft kan motta intensiver i form av økonomiske fordeler slik som reduserte skatter. Det å fokusere på bærekraft vil med andre ord blidgjøre både kundene, investorene og myndighetene. Dette vil i større grad forbedre omdømmet til bedriften og øke konkurransekraften. Et sterkt positivt omdømme vil tiltrekke jobbsøkere og skape stolthet blant de ansatte (NHO, u.å.).

Endringen til en mer bærekraftig tilnærming til hvordan bedrifter praktiserer på kan gjøres på flere måter. En av disse metodene er et økt fokus innenfor sirkulær økonomi. Det store overforbruket vi har i dag påvirker miljøet, naturen og ressursene våre. Dersom vi skal skape et mer bærekraftig samfunn, som i større grad tar vare på ressursene er vi nødt til å se nærmere på begrepet sirkulær økonomi (Klima- og miljødepartementet, u.å.).

SIRKULÆR ØKONOMI



Figur 12 Figur som viser prinsippet med sirkulær økonomi (Bedin, u.å.).

Figur 12 beskriver en ideologi som utnytter naturressurser og produkter effektivt og så lenge som mulig. Sirkulær økonomi er et annet ord for denne ideologien og består av et kretsløp som skal forebygge svinn og spare på så mye ressurser som mulig. Dette er det motsatte av den lineære økonomien vi stort sett har i dag. Den lineære økonomien er prinsipielt en bruk-og-kast økonomi som fokuserer på utvinning, produksjon og bruk, og forbrenning eller deponering av avfall uten å ta hensyn til bærekraft (Miljødirektoratet, 2022).

Målet i en sirkulær økonomi er å gi produkter et lengst mulig livsløp. Det å øke livsløpet til produkter kan gjøres på to ulike metoder. Den første metoden tar utgangspunkt i å reparere eller oppgradere produktene slik at det kan brukes på nytt. Den andre metoden kan tas i bruk dersom det ikke hensiktsmessig å bruke produktet om igjen. Her kan avfallet gjenvinnes, og råvarene kan brukes til ny produksjon. På denne måten kan vi kontinuerlig utnytte de samme ressursene (Miljødirektoratet, 2022).

Dersom vi skal oppnå en sirkulær økonomi er vi nødt til å endre det nåværende designet for produksjon, valg av produksjonsmetoder og forbruksmønsteret. For å få til dette er det viktig å ta i bruk moderne teknologi, tjenester og delingsøkonomi. Dette kan skape muligheter for forbrukerne å velge mer miljøvennlige tilbud og tjenester. I tillegg kan offentlige fremme sirkulær økonomi gjennom offentlige innkjøp (Miljødirektoratet, 2022).

En sirkulær økonomi vil i større grad redusere klimagassutslipp og forurensningsbelastningen, samt minimere tap av naturmangfold. I tillegg vil det oppstå nye grønne arbeidsplasser og forretningsmodeller. Mer effektiv bruk av ressursene våre er kritisk dersom vi skal klare å nå FNs bærekraftsmål og skape et lavutslippssamfunn (Miljødirektoratet, 2022).

I dag har omstillingen til en sirkulær økonomi i Norge allerede startet. Regjeringen har lagt frem en visjon over hva som ønskes å oppnå. Visjonen reflekterer at regjeringen ikke ser på sirkulær økonomi som ett mål i seg selv, men heller noe som kan brukes til å øke verdiskapning og bærekraft (Klima- og miljødepartementet, u.å.).

5.4 Bærekraftig lager

Et bærekraftig lager er en del av forsyningskjeden som bedrifter kan fokusere på, for å skape fordelaktige gevinster. Lagring og transport av varer er de viktigste årsakene til miljøutslipp i forsyningskjeden og de mest kritiske faktorene til CO² utslipp. Bærekraftig lagerstyring handler om å ta bærekraftige avgjørelser innen lagerbeholdning, lagerhold og materialhåndtering. Disse avgjørelsene skal rette oppmerksomheten mot beslutninger som reduserer miljø- og samfunnsmessige påvirkninger, samtidig som lønnsomheten ikke reduseres (Becerra et al., 2022).

Dersom bedrifter fokuserer på lokasjon og transport i planleggingen, kan man skape bærekraftige løsninger i forsyningskjeden. Tradisjonelt sett har bedrifter i stor grad kun fokusert på økonomiske faktorer i utformingen av lagersystemer, men ny forskning viser at det også er viktig å fokusere på miljøvennlige faktorer. For å oppnå miljøvennlige faktorer er det kritisk å konstruere en modell for bærekraftig lagerstyring som både tar hensyn til inntekt, avfallshåndtering og en reduksjon i energikostnadene. I tillegg vil det være viktig å ta hensyn til ledetider, påfyllingskvantiteter og lagringsfasiliteter, da disse også fører til utslipp og kostnader (Becerra et al., 2022).

Tidligere var fokus på bærekraft ofte forbundet med dårlige løsninger. Dette er ikke nødvendigvis tilfellet lenger, selv om det kan være krevende å vite hvor man skal starte. Utviklingen av en mer miljøvennlig form for lagerstyring kan gjennomføres ved å

implementere flere forskjellige tiltak. Først og fremst vil valget av riktig leverandør av utstyr, lagerløsninger og lagersystemer være kritiske fokuspunkter i et miljøperspektiv (Kornbakk, u.å.).

En leverandør som vektet bærekraft er nødt til å forholde seg til minst to standarder og sertifiseringer. Standardene og sertifiseringene er som følger; ISO 14001 og ISO 14040. ISO 14001 er en internasjonal standard som brukes verden over og beskriver krav for miljøledelsessystemer (Kornbakk, u.å.). Et miljøledelsessystem i et selskap har i oppgave å kontrollere virksomhetens miljøpolitikk. Det vil si at denne delen av virksomheten har ansvaret over sitt miljø- og klimaarbeid (Miljødirektoratet, 2021). ISO14040 beskriver miljøpåvirkningen til et produkt i løpet av en hel livssyklus. Disse to standardene og sertifiseringene er gode verktøy, da en faktisk er nødt til å dokumentere bedriftens miljøpåvirkning. Det vil si at det ikke er godt nok å kun hevde at en er bærekraftig, i stedet er leverandørene nødt til å bevise sitt bidrag til bærekraft (Kornbakk, u.å.).

Innenfor bærekraft er valget av leverandører et viktig kriterium. Leverandørene en organisasjon velger knyttes tett opp mot den tredelte bunnlinjen. Økonomisk sett er pris en viktig faktor, men miljømessige faktorer veier også tungt. Organisasjonen kan blant annet finne ut om leverandørene kjøper inn bærekraftige råvarer, driver med bærekraftig produksjon, bruker miljøvennlige materialer eller har gode løsninger for energibruk. Sosiale faktorer er den tredje i bunnlinjen og viser til omdømmet leverandørene besitter i henhold til arbeidsforhold og etisk drift. En god leverandør vil score godt i både økonomiske, miljømessige og sosiale faktorer (Kornbakk, u.å.).

5.5 Potensielle muligheter for implementering av bærekraft

Når vi skal regne oss frem til den totale påvirkningen av lagerdrift må vi vurdere hvor stort areal som brukes, energiforbruket, mengde utslipp, (spesielt karbondioksid, CO²) vannforbruk og all energi som er brukt i byggematerialene (McKinnon & Whiteing, 2015).

Noen av de mest sentrale undersøkelsene som omhandler miljøpåvirkningen til lagerstyring er utført av FN's klimapanel (IPCC) og World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Resultatene fra undersøkelsene viser at driften av bygninger står for en stor del av det globale energiforbruket, omkring 32 prosent i følge

Fns klimapanel i 2014 og 40 prosent ifølge World Business Council for Sustainable Development i 2008. Dersom vi inkluderer byggeprosessen og all energien som er brukt i byggematerialene, vil tallet økes til rundt 50 prosent. Tallene som er presentert gjelder alle bygninger, det vil si at kommersielle bygninger som for eksempel kontorer og butikker, men også boliger er inkludert. På global basis er klimautslippene fra bygninger høyere enn utslippene fra transportsektoren (McKinnon & Whiteing, 2015, s. 196).

I Storbritannia er energiforbruket fra lagerbygninger anslått til å være omtrent 2.1 millioner tonn oljeekvivalenter energi (noe som tilsvarer rundt 4.0 millioner tonn primær energi med tap i elektrisitetsoverføring ol.) Dette kan sammenlignes med energiforbruket fra tunge godsbiler (7.7 millioner tonn) og lette varebiler (5.0 millioner tonn) (McKinnon & Whiteing, 2015, s. 196). I tillegg er det estimert at 3 prosent av det totale miljøutslippet i Storbritannia skyldes lager. Dette utslippet kan sammenlignes med 4 prosent fra tunge godsbiler og 2 prosent fra varebiler (McKinnon & Whiteing, 2015, s. 196).

Tallene fra undersøkelsen gir en indikasjon på hvor mye energi som brukes i ulike sektorer. Selv om lagerbygninger bruker mindre energi enn transportsektoren, er mengden brukt energi fortsatt betydelig. Det åpner opp for bærekraftige muligheter som reduserer energiforbruk og miljøutslipp i lagerbygninger. De presenterte tallene fra Storbritannia er ikke nødvendigvis like nøyaktige for Norge, men vi kan anta at slike trender og utfordringer er overførbare til andre land.

Bærekraftige tiltak og muligheter kan tilgjengeliggjøres i lagerstyring ved å implementere teknologier fra industri 4.0. Teknologiene kan modernisere et lager ved å finne bedre løsninger for energieffektivitet, utnyttelse av grønn energi, bærekraftig planløsning, ressursbruk og reduisering av avfall, samt klimautslipp.

5.5.1 Energieffektivitet

Energieffektivitet er en viktig del av lagerstyringen. God tilgjengelighet og pålitelighet til elektrisitet er kritisk i forhold til kostnader, sikkerhet og at alle aktivitetene og prosessene fungerer som de skal. Dersom tilgjengeligheten eller påliteligheten til elektrisitet er lav og strømbrudd oppstår, vil det sannsynligvis forårsake store konsekvenser. I tillegg vil et økt fokus på energieffektivitet skape muligheter for miljøvennlige løsninger og lavere strømkostnader (i-scoop, u.å.).

Tilgjengeligheten og påliteligheten til elektrisitet kan muligens økes ved å ta i bruk teknologien IoT. IoT kan sannsynligvis bidra til å redusere risiko og skape en mer stabil strømforsyning ved å overvåke energisystemene og automatisk lokalisere flaskehalsen før en uønsket hendelse oppstår. Videre kan en implementere et automatisk belysningsystem for å effektivisere energibruket ved hjelp av IoT der sensorer registrerer lysnivået. Et helautomatisert lager vil ha mindre behov for belysning, da industri 4.0 teknologier vil stå for majoriteten av aktivitetene. Noe av utstyret som kan brukes for å redusere belysningsbehovet er stablekraner, automatiserte hente- og lagringssystemer av paller, autonome mobile roboter, automatisert plukking og datamaskiner som koordinerer operasjoner (Mecalux, 2022a).

Integrering av IoT i et helautomatisert lager vil også være et fordelaktig valg i industrier der klima og temperatur er viktig. Lagerbeholdninger som for eksempel består av kjemikalier eller farmasøytiske produkter vil muligens skape et klima som er skadelig for mennesker. Det å eliminere behovet for menneskelig interaksjon i slike situasjoner vil redusere sjansen for helseplager og yrkesskader (Mecalux, 2022a).

5.5.2 Utnyttelse av grønn energi

Fornybar energi blir stadig et viktigere interesseområde for industrier. En mer miljøvennlig form for energibruk vil si at bedrifter kan fortsette produksjonen uten å negativt innvirke på miljøet (Pandey et al., 2023). Selv om fornybar energi resulterer i mindre klimautslipp sammenlignet med ikke-fornybare energikilder, slik som olje, kull og gass er det flere utfordringer relatert til renere energi. En av de mest sentrale utfordringene er upålitelighet. For eksempel krever solenergi, vindkraft og vannkraft spesifikke klimaforhold for å produsere elektrisitet. Denne upåliteligheten kan løses ved å bruke industri 4.0 teknologier

til å kombinere og strømlinjeforme fornybare energikilder slik at de sammen kan bli en sentralisert og enhetlig energikilde. En sentralisert og enhetlig energikilde blir også kalt for virtuelle kraftverk. Virtuelle kraftverk kan defineres som et skybasert system som skal effektivisere strømproduksjon og handel. Denne effektiviseringen er mulig ved å fordele strømmen gjennom alle de fornybare energikildene slik at belastningen på strømnettet jevnes ut, noe som vil gi en mer pålitelig strømforsyning. IoT teknologi kan brukes til å overvåke og forutsi strømeterspørsel, samt strømkostnader i sanntid. Dette vil effektivisere strømbruk og strømproduksjon i lageret (Pandey et al., 2023).

5.5.3 Ressursbruk, avfall og klimautslipp

Høyt ressursbruk, høy avfallsproduksjon og høy forurensning er ikke bærekraftig på lang sikt. Ressursene blir ofte kun brukt i en kort tidsperiode før de til slutt havner i avfallsdeponier og mister sin verdi (European Environment Agency, 2019). Dette er med andre ord viktige elementer å fokusere på dersom bærekraftige løsninger skal oppnås.

Et lager kan oppnå gunstige fordeler ved å implementere bærekraftige tiltak som reduserer bruken av ressurser, avfall og forurensning, samt lokalisere metoder for å gjøre avfall om til en ressurs. Disse bærekraftige tiltakene kan realiseres ved å øke fokuset på sirkulær økonomi. Sirkulære økonomiske prinsipper innenfor lagerstyring kan gjennomføres ved hjelp av industri 4.0 teknologier (Pandey et al., 2023). For eksempel kan en bruke maskinlæring, kunstig intelligens og bildegjenkjenning til å automatisk sortere avfall. Et slikt automatisert system vil skåne de ansatte for farlig avfall. RFID og IoT kan spore og skape en detaljert oversikt over alt som kan gjenbrukes (Cheah et al., 2022). En mer detaljert oversikt vil skape bedre synlighet i lageret og redusere sannsynligheten for feil og skader i ordreplukking, lasting og frakt. Mindre feil og skader reduserer mengden ressurser og materialer som må kastes. Videre vurderes industri 4.0 teknologier som mer ressurseffektive sammenlignet med tradisjonelle verktøy og metoder. Ressurseffektive teknologier vil bruke mindre energi og vann (Ali & Phan, 2022).

Miljøperspektivet i den tredelte bunnlinjen kan påvirkes gjennom et fokus på energieffektivitet, utnyttelse av grønn energi, ressursbruk, avfallshåndtering og klimautslipp. Økonomisk vekst kan oppnås ved å fokusere på de samme områdene som påvirker miljøet. Som nevnt i teksten kan industri 4.0 teknologier effektivisere og forbedre

aktiviteter og prosesser på et lager uten å forårsake negative konsekvenser på samfunn og miljø. Bedrifter kan med andre ord redusere kostnader og samtidig ivareta miljøet ved å minimere energi, vann, materialavfall, feil og skader (Ali & Phan, 2022). Industri 4.0 teknologier vil også påvirke det sosiale perspektivet. Automatiserte systemer vil redusere manuell arbeidsmengde, og samtidig øke sikkerheten og velvære til de ansatte. Rimeligere produkter levert til samfunnet er en annen potensiell konsekvens av industri 4.0 teknologier. Smartere teknologier kan minimere kostnader relatert til lager, noe som vil gi bedrifter mulighet til å selge varer til en redusert pris (Ali & Phan, 2022).

5.6 Utfordringer relatert til implementering av bærekraft

5.6.1 Kostnader

Implementering av bærekraftige tiltak kan gi mangfoldige fordeler for samfunn, miljø, og organisasjoner. Selv om fordelene er mange, foreligger det også utfordringer som kan hindre bedrifter i å arbeide med bærekraft. En av de mest sentrale utfordringene er kostnader. Grønne bygninger koster omtrent 10 til 30 prosent mer å designe og bygge (Razin, 2016). I grønne bygninger er det tatt hensyn til energiforbruk, vannforbruk, luftkvalitet, materialdeler og bygningens påvirkning på arealet rundt (Kriss, 2014). Videre kan det være svært kostbart å motta sertifisering for at en bygning er miljøvennlig. Sertifiseringen heter Leadership In Energy and Environmental Design, også kjent som LEED. En sertifisering fra LEED kan koste mellom ett tusen og en million dollar, avhengig av byggets størrelse og kompleksitet (Razin, 2016). Bedrifter som vil transformere sitt lagerbygg i en mer bærekraftig retning vil med andre ord møte på store kostnader. Samtidig vil bærekraftige løsninger sannsynligvis spare bedrifter for kostnader i fremtiden, da fremtidig skalering fremdeles vil kreve bærekraftige tiltak.

5.6.2 Kompleksitet

Implementering av bærekraft kan være kompleks og krevende å realisere. En bærekraftig tilnærming innenfor lagerstyring vil kreve store endringer i infrastrukturen. For å få til dette vil det være nødvendig å ta i bruk ny teknologi som endrer tradisjonelle systemer og prosesser. Nye bærekraftige systemer og prosesser vil ofte være komplekse og det vil derfor være behov for godt samarbeid, koordinering og kompetanse. Videre vil det være utfordrende å måle og evaluere bærekraft. Først og fremst eksisterer det et bredt spekter av

ulike indikatorer. Indikatorene kan brukes til miljøutslipp, vannforbruk, energiforbruk, ressursbruk, avfallshåndtering, sosial rettferdighet og økonomisk ytelse. Et så stort antall indikatorer vil gjøre det krevende å innhente data i store nok mengder og i god nok kvalitet. Analysing og sammenligning av forskjellige indikatorer på tvers av sektorer vil være utfordrende. I tillegg kan det være tidkrevende å holde tritt med alle nye reguleringer og regelverk som myndighetene iverksetter.

6.0 Diskusjon

6.1 Hvordan kan industri 4.0-teknologi transformere lagerstyring for bedrifter?

Vi har gjennom oppgaven gjort flere funn som beskriver de styrkene og svakhetene som kan assosieres ved implementeringen av ulike teknologier fra industri 4.0 for bedrifter som jobber med lagerstyring. Vi har isolert sett på de ulike styrkene og svakhetene, og vil nå forsøke å se det i en helhet med hvilke teknologier som viser størst potensiale og som vil ha størst betydning for lagerstyring. Dette vil også besvare vårt første forskningsspørsmål. Teknologien fra industri 4.0 vil være en bidragsyter til å hjelpe med å løse den problematikken som hører til lagerstyring. Det er ikke teknologiene i seg selv som vil revolusjonere hvordan man utfører lagerstyring, men heller kombinasjonen av teknologier som kan benyttes sammen.

Kombinasjonen av automatisering og andre teknologier kan vise seg å ha størst potensiale. Ved å kombinere automasjon med teknologier som kunstig intelligens og IoT vil det åpnes muligheter for å kunne automatisere flere aktiviteter enn tidligere. Automatisering vil øke effektiviteten på aktivitetene som utføres, samtidig som at den vil redusere antall menneskelige feil og behovet for menneskelig arbeidskraft. Den økte effektiviteten vil redusere de assosierte kostnadene. Størst virkning vil en finne for aktiviteten ordreplukking. Her vil en i stor grad kunne øke kapasiteten på hvor mye som kan plukkes og antall feil vil reduseres. Samtidig vil en kunne se en forbedring innenfor HMS med reduksjonen av antall repetitive og tunge arbeidsoppgaver, som bedrer arbeidsmiljøet og samtidig gir en redusert risiko for ulykker.

Andre teknologier viser også potensiale til å øke effektiviteten og redusere kostnader innen lagerstyring. Kombinasjonen av stordata, kunstig intelligens og maskinlæring har flere bruksområder. Prognostisering er en viktig del av lagerstyring og ved å ta i bruk maskinlæring og kunstig intelligens for å behandle store datasett av salgsdata vil man kunne utarbeide prognoser med høyere nøyaktighet enn tidligere. Dette muliggjør at bedriften optimaliserer sin lagerbeholdning og redusere kostnader knyttet til oppbevaring av produkter som ikke selges eller som foreldes. Samme teknologi kan brukes for å

optimalisere transportruter og kan ta høyde for faktorer som vær og trafikk og med dette gi det beste mulige utgangspunktet for den mest effektive og kostnadseffektive transportruten. Statistikk for beholdningen i et lager kan analyseres og produktene kan plasseres strategiske i forhold til hvor ofte de normalt flyttes på. Det samme gjelder for konsolidering av varer, hvor kunstig intelligens kan oppdage og foreslå samslåing av ordrer som skal til samme sted eller kunde. Dette bidrar til å kunne utnytte plassen på transportmiddelet på best mulig måte. Implementering av disse teknologiene gjøres lettere ved at samtlige av disse teknologiene kan tas i bruk. Eksempelvis kan det benyttes cloud-løsninger, slik at bedriften ikke behøver egen infrastruktur for å kunne skaffe datakraften som behøves for å utføre disse analysene.

Det er derimot ikke kun fordeler knyttet til implementering av disse teknologiene. Implementasjon av ny teknologi medfører en kostnad og desto større mengde teknologi, desto større vil kostnaden knyttet til dette være. Utbygging av et automatisert lager kan koste opp mot 15 ganger så mye som utbygging av et tradisjonelt lager og behovet for kapital vil være vesentlig større. Bedriftene vil med implementering av store mengder teknologi genere og lagre mer data enn noen gang før. Det vil derfor være essensielt at sikkerheten til dataen bevares. Samtidig vil bedriften sin avhengighet av teknologi være større en noen gang. Andelen arbeidsoppgaver som utføres av teknologi vil være høyere enn tidligere og det vil være mindre muligheter for å utføre disse oppgavene manuelt ved en eventuell svikt. Bedriften vil samtidig være mer avhengig av sikkerhet rundt energitilgang, da dette er essensielt for at teknologien skal kunne fungere. Behovet for kompetanse vil endres, da ny teknologi stiller andre krav til ferdigheter og kunnskap.

I det store bildet vil bedrifter med fordel kunne implementere teknologi fra industri 4.0 for å forbedre måten de jobber med lagerstyring. Implementeringen vil bidra til å oppnå best mulig resultat innenfor hver av prioriteringene vi finner i Figur 2. Teknologiene vil bidra til å kunne forbedre de ulike prioriteringene og samtidig beholde balansen mellom dem. Det er essensielt at bedriften gjør tilstrekkelige med vurderinger i forkant. Bedriften må først og fremst ha tilstrekkelig med kapital for å utføre implementeringen. Bedriften må vurdere de langsiktige resultatene for å se om investeringen vil være lønnsom. Her vil det være mulig å ta i bruk teknologien digital tvilling og simulere de resultatene de ville oppnådd, uten å fysisk gjøre implementeringen. Bedriften vil også være nødt til å velge det

korrekte tidspunktet for implementering. Dette for å sikre at det er tilgang på teknologi som passer deres behov og samtidig ha ressurser til å fremskaffe nødvendig kompetanse for drift og vedlikehold. Det hele handler om å kunne implementere de teknologiene hvor kostnadsreduksjonen i det lengre løp er høyere enn kostnaden teknologien medbringer. Det vil med andre ord i stor grad være gunstig å implementere teknologier fra industri 4.0. Likevel vil mengden og typen teknologi det er gunstig å implementere være forskjellig fra bedrift til bedrift. Bedriften kan ta i bruk målingene for effektivitet vi finner i Tabell 1. Målingene for effektivitet kan tilpasses bedriften for å finne ut av hvilke segmenter av lagerstyringen de ønsker å forbedre. Dette vil kunne brukes som et hjelpemiddel for bedriften når de skal foreta beslutninger.

Det vil i fremtiden være sannsynlig at flere teknologier vil knyttes opp mot industri 4.0 og at disse teknologiene kan effektivisere lagerstyring ytterligere. Vi har samtidig sett en reduksjon av kostnadene knyttet til datakraft og teknologi gjennom de siste årene. Rimeligere datakraft og teknologi vil gjøre at en større andel bedrifter kan oppnå modernisering. Konkurransen vil bli større og bedriftene vil strebe etter å oppnå enda bedre resultater. Hastigheten på utviklingen av teknologi gjør at vi trolig kan forvente oss at lagerstyring stadig vil bli ytterligere effektivisert.

6.2 Hvordan kan industri 4.0-teknologi bidra til å redusere det miljømessige fotavtrykket knyttet til lagerstyring?

En bærekraftig fremtid som bevarer miljøet, krever løsninger som reduserer karbonavtrykket. Nye innovative løsninger for bærekraftig utvikling kan gjennomføres ved å ta i bruk industri 4.0 teknologier. Bærekraft er derfor et essensielt tema som må inkluderes. Selv om de økonomiske faktorene er viktig å ta hensyn til, er en også nødt til å vurdere påvirkningen til de miljømessige og sosiale elementene. Det vil si at vi i denne oppgaven har utforsket alle aspektene som inngår i den tredelte bunnlinjen. Vi har valgt å legge fokuset på lagerstyring, da denne delen av forsyningskjeden har stort potensial for bærekraft. En mer miljøvennlig drift av lageret, samt en bærekraftig planløsning på lagerfasilitetene kan bidra til å oppnå FNs bærekraftsmål. Gjennom oppgaven har vi funnet både styrker og svakheter relatert til bærekraftige tiltak innenfor lagerstyring. De presenterte styrkene viser et stort potensial til å fremme bærekraftig lagerstyring ved å ta i bruk moderne teknologier. Hvordan lagerstyring kan bli mer bærekraftig ved hjelp av disse

teknologiene vil besvare vårt andre forskings spørsmål. De mest essensielle fordelene er økt energieffektivitet, bedre utnyttelse av fornybare energikilder, optimalisert ressursbruk, redusert avfall og lavere klimautslipp.

Valg av leverandør er et av punktene som har stor betydning for bærekraft med hensyn til lagerstyring. Miljøpåvirkningen kan reduseres ved å velge leverandører som vektlegger bærekraft. Et lager bør derfor være oppmerksom på leverandørens ressursbruk, mengde utslipp, bruk av fornybare energikilder, avfallshåndtering og etiske forhold.

Videre vil bærekraftige lagerløsninger inkludere lagerfasilitetets planløsning. Energiforbruket og miljøutslippet fra lagerbygninger kan optimaliseres ved å ta i bruk industri 4.0 teknologier. Først og fremst kan energieffektiviteten forbedres. Økt energieffektivitet i lagerfasilitetene kan oppnås ved å implementere IoT teknologi. IoT teknologi kan skape bedre tilgjengelighet og pålitelighet til elektrisitet ved å overvåke energisystemene og automatisk lokalisere potensielle uønskede hendelser. I tillegg har IoT evnen til å iverksette automatisk belysning og klimasystem. Optimaliserte metoder for bruk av energi vil redusere miljøutslipp og kostnader.

Industri 4.0 teknologier har evnen til å gjøre det lettere for bedrifter å utnytte fornybar energi. Teknologiene kan brukes til å skape virtuelle kraftverk som effektiviserer strømproduksjonen og gir selskaper en pålitelig strømforsyning. Strømproduksjonen og strømforsyningen kan overvåkes av IoT, slik at etterspørsel og kostnader relatert til strøm automatisk blir kontrollert i sanntid. Dersom fornybar energi i større grad blir tatt i bruk, vil klimautslippet reduseres.

Et lager kan redusere ressursbruken, avfallet og klimautslippet ved å bruke industri 4.0 teknologier til å skape en sirkulær økonomi. Avfallshåndteringen kan optimaliseres ved å ta i bruk maskinlæring, kunstig intelligens og bildegjenkjenning til å automatisk sortere avfall. IoT og RFID kan benyttes til å synliggjøre og spore alle aktiviteter og prosesser som gjennomføres på lageret. Det vil gi en god oversikt over alt som kan gjenbrukes og redusere sannsynligheter for feil som oppstår, samt skader i ordreplukking, lasting og frakt. Mindre feil og skader reduserer mengden ressurser og materialer som må kastes.

Selv om et fokus innenfor bærekraft viser mangfold av gunstige fordeler, vil det også foreligge noen svakheter. Implementering av bærekraftige tiltak kan være kostbart og vanskelig å gjennomføre. Det vil være nødvendig å investere i nye teknologiske løsninger, som kan være utfordrende for bedrifter med svakere økonomi. Integrering av bærekraft på et lager vil kreve bred kompetanse og kunnskap, slik at de tiltakene og strategiene som implementeres er effektive.

Disse svakhetene kan derimot reduseres ved nøye planlegging, gode strategier og investeringer. Flere av de bærekraftige tiltakene effektiviserer og optimaliserer lagerprosesser og aktiviteter samtidig som miljøutslippet reduseres. Langsiktig vil det derfor være smart å fokusere på bærekraft, da selskapet vil være mer rystet for fremtiden. Likevel må hver bedrift selv vurdere hvor gunstig implementering av bærekraft vil være for dem. Investering i miljøvennlige løsninger er nødt til å gi positiv avkastning. Det vil ikke være fordelaktig å investere store mengder i nye teknologier som ikke viser seg å være lønnsomme eller utgjør betydelig forskjeller for miljøet.

7.0 Konklusjon

Gjennom denne oppgaven har vi undersøkt hvordan industri 4.0 teknologier påvirker lagerstyring. Vår problemstilling; «Hvilke potensielle virkninger kan industri 4.0-teknologi ha for bedrifter som jobber med lagerstyring?» blir besvart gjennom en dokumentundersøkelse.

Våre funn viser at teknologier som kunstig intelligens, maskinlæring, stordata, automasjon, blokk-kjede, cloud computing, virtuell virkelighet, utvidet virkelighet, digital tvilling og IoT kan forbedre lagerstyring, samtidig som det kan redusere belastningen på miljøet. Hver teknologi har potensial til å forbedre ulike aktiviteter innen lagerstyring og bidra til å øke prestasjonen på de ulike prioriteringene uten at det skaper ubalanse. Potensialet til hver enkelt teknologi vil variere fra bedrift til bedrift og det er viktig med en grundig vurdering før de implementeres. En kombinasjon av teknologiene viser seg å være det mest gunstige valget for optimalisering av lageret. Ved å ta i bruk flere teknologier innen lagerstyring vil effektiviteten og kvaliteten økes, samtidig som en reduserer kostnader og har optimal lagerbeholdning. Innenfor bærekraft vil teknologiene redusere ressursbruk, avfall og miljøutslipp.

Optimalisering av lageret ved bruk av teknologi vil skape robusthet innen lagerstyring og sannsynligvis forberede lageret på fremtidige utfordringer og endringer. Det er rimelig å anta at teknologi fra industri 4.0 blir mer tilgjengelig i fremtiden, både i form av reduserte kostnader og flere bruksområder. Det er ingen tvil om at lagerstyring har en spennende utvikling i vente.

8.0 Referanser

Adobe Communications. (2020). *What is warehousing? A guide to logistics*.

<https://business.adobe.com/blog/basics/what-warehousing-guide-logistics>

Affia, I., & Aamer, A. (2021). An internet of things-based smart warehouse infrastructure: Design and application. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 13(1), 90–109. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-08-2020-0117>

Ahmed, W. A. H., MacCarthy, B. L., & Treiblmaier, H. (2022). Why, where and how are organizations using blockchain in their supply chains? Motivations, application areas and contingency factors. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(12), 1995–2028. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2021-0805>

Ali, I., & Phan, H. M. (2022). Industry 4.0 technologies and sustainable warehousing: A systematic literature review and future research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 33(2), 644–662. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2021-0277>

Alibaba. (u.å.). *About alibaba.com*. Hentet 8. mai 2023, fra

[https://activities.alibaba.com/alibaba/following-about-](https://activities.alibaba.com/alibaba/following-about-alibaba.php?spm=a2700.product_home_10.0.0.2abd67afUdy23L&tracelog=footer_alibaba)

[alibaba.php?spm=a2700.product_home_10.0.0.2abd67afUdy23L&tracelog=footer_alibaba](https://activities.alibaba.com/alibaba/following-about-alibaba.php?spm=a2700.product_home_10.0.0.2abd67afUdy23L&tracelog=footer_alibaba)

Amazon. (u.å.-a). *What is Big Data? – Amazon Web Services (AWS)*. Amazon Web

Services, Inc. Hentet 17. april 2023, fra <https://aws.amazon.com/big-data/what-is-big-data/>

Amazon. (u.å.-b). *What is Cloud Computing*. Amazon Web Services, Inc. Hentet 17. april 2023, fra <https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/>

Andersen, P. B. (2023). Automatisering. I *Store norske leksikon*.

<https://snl.no/automatisering>

Arbeidstilsynet. (u.å.). *HMS*. Hentet 15. mai 2023, fra <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/>

Arumsari, S. S., & Aamer, A. (2021). Design and application of data analytics in an internet-of-things enabled warehouse. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 13(2), 485–504. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-03-2021-0047>

Babic, B., Cohen, I. G., Evgeniou, T., & Gerke, S. (2021, januar 1). When Machine Learning Goes Off the Rails. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2021/01/when-machine-learning-goes-off-the-rails>

Barbee, J., Davies, A., Dubeauclard, R., Lange, T., & Lennartz, C. (2021). *Optimizing warehouse automation for retailers* | McKinsey.

<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/automation-has-reached-its-tipping-point-for-omnichannel-warehouses>

Becerra, P., Mula, J., & Sanchis, R. (2022). Sustainable inventory management in supply chains: Trends and further research. *Sustainability*, 14(5), 2613.

Bedin, T. (u.å.). *Sirkulær økonomi*. ndla.no. Hentet 28. mai 2023, fra <https://ndla.no/nb/subject:1:59a988c6-4020-4e70-8329-4de68a19b6fe/topic:1:1ba4d61f-3822-4d98-b1d5-6bf577d64bbb/topic:1:3cdca80a-3372-478f-8365-f1202503cd5e/resource:b99c4849-7c31-4129-a98b-d9f3628d00e6>

Beggerud, R. (2016). *HMS: Teori og praksis* (5. utg.). Fagbokforl. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2021081148544

Brekke, H. (2019, oktober 24). *Digitalisering reduserer sysselsettingsbehovet i norske bedrifter*. <https://www.norges-bank.no/bankplassen/arkiv/2019/digitalisering-reduserer-sysselsettingsbehovet-i-norske-bedrifter/>

Carr, N. (2023, april 13). *Cloud computing | computer science | Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/cloud-computing>

Change recruitment group. (u.å.). *How Will the Fourth Industrial Revolution Impact the Future of Work? - Change Recruitment*. Hentet 15. mai 2023, fra <https://www.changerecruitmentgroup.com/knowledge-centre/how-will-the-fourth-industrial-revolution-impact-the-future-of-work>

Cheah, C. G., Chia, W. Y., Lai, S. F., Chew, K. W., Chia, S. R., & Show, P. L. (2022). Innovation designs of industry 4.0 based solid waste management: Machinery and digital circular economy. *Environmental Research*, 213, 113619. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113619>

Christensen, N., & Ryum, N. (2023). Elektrometallurgisk industri. I *Store norske leksikon*. https://snl.no/elektrometallurgisk_industri

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). FT Publishing International.

Coop. (u.å.). *Coop litt ditt—Dagligvarebutikker og byggevarehus*. COOP. Hentet 19. mai 2023, fra <https://coop.no/>

Copeland, B. J. (2023, april 16). *Artificial intelligence (AI) | Definition, Examples, Types, Applications, Companies, & Facts | Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>

Council, E., Forbes Technology. (2019, februar 6). *Council Post: 10 Critical Aspects To Consider Before Adopting A New Technology*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/02/06/10-critical-aspects-to->

consider-before-adopting-a-new-technology/
DHL. (2023). *What is Logistics? | Types of Logistics & Functions | Discover DHL*.
<https://discover.dhl.com/content/dhl/en-global/logistics-advice/import-export-advice/what-is-logistics>

Dutta Pramanik, P., Mukherjee, B., Pal, S., Upadhyaya, B., & Dutta, S. (2019). (s. 73–112). https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6_5

Dvergsdal, H., & Elster, A. C. (2023). Stordata. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/stordata>

Emerald. (u.å.). *About us | Emerald Publishing*. Hentet 23. mai 2023, fra
<https://www.emeraldgroupublishing.com/who-we-are/about-us>

European Environment Agency. (2019). *Ressurseffektivitet og avfall—Det europeiske miljøbyrået* [Side]. <https://www.eea.europa.eu/no/themes/waste/intro>

Farahani, B., Firouzi, F., Chang, V., Badaroglu, M., Constant, N., & Mankodiya, K. (2018). Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare. *Future Generation Computer Systems*, 78, 659–676.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2017.04.036>

Fjordkraft. (u.å.). *Strømforbruk i enebolig – Normalt strømforbruk*. Fjordkraft. Hentet 20. mai 2023, fra <https://www.fjordkraft.no/strom/stromforbruk/enebolig/>

FN-sambandet. (2023, april 4). *FNs bærekraftsmål*. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

Fu, A. (2022, oktober 23). *7 Different Types of Cloud Computing Structures*. UniPrint.Net.
<https://www.uniprint.net/en/7-types-cloud-computing-structures/>

Gartner. (u.å.). *What We Do and How We Got Here*. Gartner. Hentet 26. mai 2023, fra
<https://www.gartner.com/en/chat/about>

Gerth, S., & Heim, L. (2020). Blockchain as an Approach for Secure Data Storage on Digital Consulting Platforms. *Digital Entrepreneurship*, 103–120.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-53914-6_6

Google. (u.å.). *What Is Big Data? | Google Cloud*. Hentet 17. april 2023, fra
<https://cloud.google.com/learn/what-is-big-data>

Groover, M. P. (2023, mars 2). *Automation—Transportation | Britannica*.
<https://www.britannica.com/technology/automation>

Gursli-Berg, G., & Rosvold, K. A. (2023). Teknologi. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/teknologi>

Hagel III, J., Brown, J. S., & Lui, M. (2013, oktober 4). *From exponential technologies to exponential innovation*. Deloitte Insights.
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/from-exponential-technologies-to-exponential-innovation.html>

Hattrem, E. (2022, april 11). *Industri 4.0 i Europa: Trendord eller virkelighet?*
<https://www.finansavisen.no/agenda/7848587/industri-4.0-i-europa-trendord-eller-virkelighet>

Health and Safety Executive. (u.å.). *Human factors/ergonomics – Managing human failures*. Hentet 20. mai 2023, fra
<https://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/humanfail.htm>

Hippold, S. (2022, april 20). *How Supply Chain Technology Will Evolve in the Future*. Gartner. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-predicts-the-future-of-supply-chain-technology>

Honeywell, T., Evans. (2022, april 30). How digital twins are transforming warehouse performance. *VentureBeat*. <https://venturebeat.com/datadecisionmakers/how-digital-twins-are-transforming-warehouse-performance/>

Hu, W.-C., Wu, H.-T., Cho, H.-H., & Tseng, F.-H. (2020). Optimal route planning system for logistics vehicles based on artificial intelligence. *Journal of Internet Technology*, 21(3), 757–764.

Huber, J., & Stuckenschmidt, H. (2020). Daily retail demand forecasting using machine learning with emphasis on calendric special days. *International Journal of Forecasting*, 36(4), 1420–1438. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2020.02.005>

IBM. (u.å.-a). *SaaS – software-as-a-service* | IBM. Hentet 17. april 2023, fra
<https://www.ibm.com/topics/saas>

IBM. (u.å.-b). *What is cloud computing?* | IBM. Hentet 17. april 2023, fra
<https://www.ibm.com/topics/cloud-computing>

IBM. (u.å.-c). *What is IaaS (Infrastructure-as-a-Service)?* | IBM. Hentet 17. april 2023, fra
<https://www.ibm.com/topics/iaas>

IBM. (u.å.-d). *What is PaaS (Platform-as-a-Service)?* | IBM. Hentet 17. april 2023, fra
<https://www.ibm.com/topics/paas>

i-scoop. (u.å.). *Energy efficiency as a core component of Industry 4.0—The building perspective*. I-SCOOP. Hentet 20. mai 2023, fra <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/energy-efficiency-industry-4-0/>

- Ivarson, A. H. (2019, mai 22). *Coop investerer én milliard kroner på Gardermoen*. Tungt. https://www.tungt.no/article/view/731587/coop_investerer_en_milliard_kroner_pa_gardermoen
- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: Innføring i samfunnsvitenskapelig metode* (3. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Javaid, M., Haleem, A., Pratap Singh, R., Khan, S., & Suman, R. (2021). Blockchain technology applications for Industry 4.0: A literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, 2(4), 100027. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100027>
- Joelson, T. (2022, april 5). *CLog 2.0 på Gardermoen*. <https://www.bygg.no/article/1494926/>
- Jumahat, S., Sidhu, manjit singh, & Sharulhizam Mohamad, S. (2023). *A review on the positive implications of augmented reality pick-by-vision in warehouse management systems—ProQuest*. a
- Jønsson, J. (2021, august 18). Hva er blockchain? *Nettavisen Kryptovaluta*. <https://kryptovaluta.wpx.no/tjeneste/kryptovaluta/hva-er-blockchain/>
- Kamali, A. (2019). Smart warehouse vs. Traditional warehouse. *CiiT International Journal of Automation and Autonomous System*, 11(1), 9–16.
- Karasek, J. (2013). An Overview of Warehouse Optimization. *International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems*, 2, 111–117. <https://doi.org/10.11601/ijates.v2i3.61>
- Karim, N. H., Abdul Rahman, N. S. F., Md Hanafiah, R., Abdul Hamid, S., Ismail, A., Abd Kader, A. S., & Muda, M. S. (2020). Revising the warehouse productivity measurement indicators: Ratio-based benchmark. *Maritime Business Review*, 6(1), 49–71. <https://doi.org/10.1108/MABR-03-2020-0018>
- Kim, W. (2009). Cloud Computing: Today and Tomorrow. *CLOUD COMPUTING*, 8(1).
- Klima- og miljødepartementet. (u.å.). *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi. Klimaendringer*. (2023, mars 21). <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>
- Kornbakk, M. (u.å.). *Hva er det viktigste når du vil ha fokus på bærekraftige trucker og et bærekraftig lager?* Jungheinrich. Hentet 10. mai 2023, fra <https://www.jungheinrich.no/v%C3%A5re-l%C3%B8sninger-for-deg/jungheinrich-blogg/hva-er-det-viktigste-n%C3%A5r-du-vil-ha-b%C3%A6rekraft-p%C3%A5-truck-og-lager--1263834>
- Kriss, J. (2014). *What is green building? | U.S. Green Building Council*.

<https://www.usgbc.org/articles/what-green-building>

Kumar, A. (2022, januar 11). Warehouse Management & Machine Learning Use Cases. *Data Analytics*. <https://vitalflux.com/warehouse-management-machine-learning-use-cases/>

Lewczuk, K., Link to external site, this link will open in a new window, Kłodawski, M., Link to external site, this link will open in a new window, & Gepner, P. (2021). Energy Consumption in a Distributional Warehouse: A Practical Case Study for Different Warehouse Technologies. *Energies*, 14(9), 2709. <https://doi.org/10.3390/en14092709>

Malt, U., & Tranøy, K. E. (2021). Empiri. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/empiri>

Mandal, S. (2013). *Brief Introduction of Virtual Reality & its Challenges*. 4(4).

Mashayekhy, Y., Babaei, A., Xue-Ming, Y., & Xue, A. (2022). Impact of Internet of Things (IoT) on Inventory Management: A Literature Survey. *Logistics*, 6(2), 33. ABI/INFORM Global. <https://doi.org/10.3390/logistics6020033>

McKinnon, A. C., & Whiteing, A. E. (2015). *Green logistics: Improving the environmental sustainability of logistics* (3rd ed.). Kogan Page.

McKinsey Insights. (2022, august 17). What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR? *McKinsey Insights*. ABI/INFORM Global. <https://www.proquest.com/magazines/what-are-industry-4-0-fourth-industrial/docview/2703153778/se-2?accountid=40814>

Mecalux. (2019). *Automated warehouse vs. Traditional warehouse*. <https://www.interlakemecalux.com/blog/automated-traditional-warehouse>

Mecalux. (2022a). *Lights-out warehouse: The pinnacle of industrial automation*. <https://www.mecalux.com/blog/lights-out-warehouse>

Mecalux. (2022b, februar 21). *Freight consolidation: Shipment grouping to facilitate transportation*. <https://www.mecalux.com/blog/freight-consolidation>

Mecalux. (2022c, juni 20). *Data mining in Logistics 4.0*. <https://www.mecalux.com/blog/data-mining-logistics>

Microsoft. (u.å.). *What Is Cloud Computing? | Microsoft Azure*.

Miljødirektoratet. (2021). *Miljøstyring og miljøsertifisering—Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/miljostyring-miljosertifisering/>

Miljødirektoratet. (2022). *Sirkulær økonomi—Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency.

<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
 NHO. (u.å.). *Slik kan din bedrift bli mer bærekraftig* | NHO. Hentet 11. april 2023, fra <https://www.nho.no/tema/barekraftig-utvikling/artikler/barekraft/>

Nilsen, H. R. (2023). Den tredelte bunnlinje. I *Store norske leksikon*.
https://snl.no/Den_tredelte_bunnlinje

Om *Store norske leksikon*. (2023, mai 23). Om *Store norske leksikon*.
https://meta.snl.no/Om_Store_norske_leksikon

P, E. (2023, mai 13). *What Is a Human-Machine System? (With pictures)*. Easy Tech Junkie. <http://www.easytechjunkie.com/what-is-a-human-machine-system.htm>

Pandey, V., Sircar, A., Bist, N., Solanki, K., & Yadav, K. (2023). Accelerating the renewable energy sector through Industry 4.0: Optimization opportunities in the digital revolution. *International Journal of Innovation Studies*, 7(2), 171–188.
<https://doi.org/10.1016/j.ijis.2023.03.003>

Perotti, S., Bastidas Santacruz, R. F., Bremer, P., & Beer, J. E. (2022). Logistics 4.0 in warehousing: A conceptual framework of influencing factors, benefits and barriers. *The International Journal of Logistics Management*, 33(5), 193–220.
<https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2022-0068>

Pramod, D. (2021). Robotic process automation for industry: Adoption status, benefits, challenges and research agenda. *Benchmarking: An International Journal*, 29(5), 1562–1586. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2021-0033>

Rabben, M. B. (2022). Henry Ford. I *Store norske leksikon*. https://snl.no/Henry_Ford

Rai, R., Tiwari, M. K., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. *International Journal of Production Research*, 59(16), 4773–4778. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1956675>

Razin, E. (2016). *Going Green For Earth Day: The Costs And Benefits Of Environmentally Sustainable Buildings*. Forbes.
<https://www.forbes.com/sites/elyrazin/2016/04/20/155/>

Richards, G. (2017). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Kogan Page Publishers.

Rolstadås, A. (2022). Kvalitet – produksjonsteknikk. I *Store norske leksikon*.
https://snl.no/kvalitet_-_produksjonsteknikk

Russem, S. (u.å.). *Why Does Industry 4.0 Depend on Data?* Hentet 22. mai 2023, fra <https://blog.isa.org/why-does-industry-4.0-depend-on-data>

Sanchez, M., Exposito, E., & Aguilar, J. (2020). *Industry 4.0: Survey from a system integration perspective*.
<https://www.tandfonline.com/doi/epub/10.1080/0951192X.2020.1775295?needAccess=true&role=button>

Santos, F., Pereira, R., & Vasconcelos, J. B. (2019). Toward robotic process automation implementation: An end-to-end perspective. *Business Process Management Journal*, 26(2), 405–420. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2018-0380>

Sarsten, A., & Fiskaa, G. O. (2023). Forbrenningsmotor. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/forbrenningsmotor>

Schrumpf, E., Bull, E., & Tvedt, K. A. (2023). Den industrielle revolusjon. I *Store norske leksikon*. https://snl.no/den_industrielle_revolusjon

Schulz, R., Monecke, J., & Zadek, H. (2012). Isoenergetic Shelves of Automatic Small Parts Warehouses. *logistics journal*, 2012(10).

Shalimov, A. (2020, mars 18). *Ways How Technology Streamlines Demand Forecasting | Eastern Peak*. Eastern Peak - Technology Consulting & Development Company.
<https://easternpeak.com/blog/covid-19-how-technology-streamlines-demand-forecasting/>

Silvestri, L., Forcina, A., Introna, V., Santolamazza, A., & Cesarotti, V. (2020). Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 123, 103335.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103335>

Singal, N. (2022, juni 12). How Digital Twins of Machines and Assets are Helping Industries Innovate: Digital Twins trigger process and business innovation across industries by creating a virtual double of machines and assets. Think of it like the body double for stunts in movies, only more complex. *Business Today*. ABI/INFORM Global.
<https://www.proquest.com/magazines/how-digital-twins-machines-assets-are-helping/docview/2674576228/se-2?accountid=40814>

Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3867–3872. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.641>

Spurkeland, E. (2023). Logistikk. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/logistikk>

Stoltz, G., & Munthe, P. (2023). Kapital. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/kapital>

Store norske leksikon. (2023a). Effektivitet. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/effektivitet>

Store norske leksikon. (2023b). Prognose. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/prognose>

Studysmarter. (u.å.). *Measures of Unemployment: Explanation & Difficulties*. StudySmarter UK. Hentet 15. mai 2023, fra <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/macroeconomics/economic-performance/measures-of-unemployment/>

Taugbøl, T. (2023). Den andre industrielle revolusjon. I *Store norske leksikon*. https://snl.no/den_andre_industrielle_revolusjon

Tidemann, A. (2023). Kunstig intelligens. I *Store norske leksikon*. https://snl.no/kunstig_intelligens

Tidemann, A., & Elster, A. C. (2023). Maskinlæring. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/maskinl%C3%A6ring>

Tompkins, J. A. (1998). The challenge of warehousing. *The warehouse management handbook*, 6.

Transport Intelligence. (2021, august 5). The challenges of smart warehousing | ti-insight.com. *Transport Intelligence*. <https://www.ti-insight.com/briefs/the-challenges-of-smart-warehousing/>

TWI Global. (u.å.). *What is Digital Twin Technology and How Does it Work?* Hentet 18. april 2023, fra <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-digital-twin.aspx>

Tørdal, R. (2020). *Kunstig intelligens og påvirkning—Medie- og informasjonskunnskap 1—NDLA*. ndla.no. <https://ndla.no/subject:1:058bdbdb-aa5a-4a29-88fb-45e664999417/topic:1:002dbe01-f81e-4027-a7fb-b75f4f058bb4/topic:1:6daed3f7-d16b-490c-8e98-ff72d49dbc59/resource:c72e05fe-0114-4f01-a702-80a4daed547e>

van Hoek, R., Gorm Larsen, J., & Lacity, M. (2022). Robotic process automation in Maersk procurement—applicability of action principles and research opportunities. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 52(3), 285–298. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-09-2021-0399>

Witron. (u.å.-a). *Dynamic Picking System (DPS)*. https://witron.de/fileadmin/user_upload/flyer/ma_dps_flyer_en.pdf

Witron. (u.å.-b). *Solutions*. OPM - Order Picking Machinery. Hentet 14. mai 2023, fra <https://witron.de/en/solutions/OPM?cHash=2d39ab7aa56396d1a4b4220cfe809186>

Witron. (u.å.-c). *Solutions*. DPS - Dynamic Picking System. Hentet 14. mai 2023, fra <https://witron.de/en/solutions/DPS?cHash=60b6aa4b46a089da6826dc9cbffe3a31>

Witron. (u.å.-d). *Solutions*. CPS - Car Picking System. Hentet 14. mai 2023, fra

<https://witron.de/en/solutions/CPS?cHash=335c17219bc088fe11e55cd41df6116b>

Witron. (u.å.-e). *Solutions*. Shipping Buffer. Hentet 15. mai 2023, fra

<https://witron.de/en/solutions/Shipping%20Buffer?cHash=4577d69bc66320a75c12f3e358d2885f>

Witron. (u.å.-f). *Witron main page*. Hentet 14. mai 2023, fra <https://witron.de/en/>

Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 848–861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>

YTE. (u.å.). *Om doble og triple bunnlinjer*. YTE. Hentet 28. mai 2023, fra

<https://www.ytesammen.no/om-doble-og-triple-bunnlinjer/>

Zhang, D., Pee, L. G., & Cui, L. (2021). Artificial intelligence in E-commerce fulfillment:

A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse. *International Journal of Information Management*, 57, 102304.

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102304>

Zuehlke, D. (2019). Industry 4.0: More than a Technological Revolution. *Revista CEA*, 5(10), Artikkel 10. <https://doi.org/10.22430/24223182.1438>