

En Industri 4.0 Modenhetsmodell for Små og Mellomstore Bedrifter

MORTEN BALE OG JOACHIM SENLAND

VEILEDER

Knut Erik Bonnier

Universitetet i Agder, 2020
Fakultet for teknologi og realfag

© Copyright by Morten Bale og Joachim Senland, 2020.

All rights reserved.

Forord

Denne avhandlingen er en del av masterprogrammet *Industriell økonomi og teknologiledelse* ved Universitetet i Agder og utgjør 30 studiepoeng. Flere bedrifter var til stor hjelp for denne avhandlingen og vi ønsker å rette en takk til alle deltakerne i spørreundersøkelsen og intervjuene. Til slutt så ønsker vi å rette en takk til vår veileder Knut Erik Bonnier som var til stor hjelp under hele prosjektperioden.

Grimstad, 21. mai 2020

Joachim Senland

Morten Bale

Sammendrag

Den fjerde industrielle revolusjonen er i gang, og det jobbes aktivt med for å forme fremtiden. Med introduksjonen av tusenvis muliggjørende teknologier og flere enn hundre ulike definisjoner av industri 4.0, så har bedrifter blitt desorienterte og det er behov for metoder og modeller for hvordan de skal trå fremover slik at en eventuell digital transformasjon kan skje. I den fortstand så har det blitt utviklet en modenhetsmodell rettet mot små og mellomstore bedrifter i Norge. Modellen skal være til hjelp for bedriftene som ønsker å kartlegge deres nå-situasjon i forhold til digitalisering. Den er bestående av fem dimensjoner og 21 elementer som er tverrfaglige og dekker flere områder i bedriften.

For å kunne utvikle en slik modell har det blitt utført et litteraturstudie, intervjuer og en spørreundersøkelse. Industri 4.0 er et relativt nytt tema og litteraturen omkring modenhetsmodeller ment for små og mellomstore bedrifter har blitt identifisert som en mangelvare. Det har blitt tatt i bruk tre ulike modenhetsmodeller og utført en komparativ analyse av de som fungerer som et utgangspunkt for denne avhandlingens modenhetsmodell. Intervjuene førte til revidering av modenhetsmodellen og spørreundersøkelsen ga grunnlag for utviklingen av vektleggingstallene for elementene i modenhetsmodellen og viste hva som var mest og minst relevant.

Det konkluderes med at modenhetsmodellen utviklet i denne avhandlingen har ført til bidrag innen både kunnskapsbasen og praksis. Modellen består av nye elementer tidligere litteratur innen modenhetsmodeller for små og mellomstore bedrifter ikke viser til som for eksempel lean produksjon og forståelse av gevinster. Det er mulig for bedrifter å ta i bruk modellen for å dokumentere nå-situasjonen i forhold til deres fremgang innenfor industri 4.0. Basert på resultatene fra modenhetsundersøkelsen så kan bedriftene selv utvikle et skreddersydd veikart for videre fremgang.

Summary

The fourth industrial revolution is underway, and efforts are being made to shape the future. With the introduction of thousands of enabling technologies and more than a hundred different definitions of Industry 4.0, companies have become disoriented and there is a need for methods and models for moving forward so that any digital transformation can occur. In that sense, a maturity model has been developed for small and medium-sized enterprises in Norway. The model will help companies who want to map their present situation with regard to digitalisation. It consists of five dimensions and 21 elements that are multidisciplinary and cover several areas of the business.

In order to develop such a model, a literature study, interviews and a survey have been carried out. Industry 4.0 is a relatively new topic and the literature on maturity models intended for small and medium-sized enterprises has been identified as a deficiency. Three different maturity models have been used for a comparative analysis and serve as a starting point for this dissertation maturity model. The interviews led to a revision of the maturity model and the questionnaire provided the basis for the development of the weighting factors for the elements in the maturity model and showed what was most and least relevant.

It is concluded that the maturity model developed in this thesis has led to contributions in both the knowledge base and practice. The model consists of new elements that previous literature in the field of maturity models for small and medium-sized enterprises does not refer to, such as lean production and understanding of benefits. It is possible for companies to use the model to document the current situation in relation to their progress in industry 4.0. Based on the results of the maturity survey, the companies themselves can develop a tailor-made roadmap for further progress.

Innhold

Forord	iii
Sammendrag	iv
Tabelliste	ix
Figurliste	x
1 Introduksjon	1
2 Litteraturstudie	3
2.1 Industri 4.0	4
2.1.1 Definisjoner for Industri 4.0	6
2.1.2 Cyber-fysiske systemer	8
2.1.3 Tingenes internett (Internet-of-Things - IoT)	9
2.1.4 Skytjenester	9
2.1.5 Stordata	10
2.1.6 IT-sikkerhet	11
2.1.7 Organisatoriske aspekter	11
2.1.8 Integreringsperspektiver	12
2.2 Små og mellomstore bedrifter	13
2.2.1 SMB og industri 4.0	14
2.3 Modenhetsmodeller	15
2.3.1 Modenhetsmodeller knyttet til industri 4.0	16

2.3.2	Analyse av modenhetsmodeller	19
3	Metode	28
3.1	Forskningsdesign	28
3.1.1	Rammeverk for utvikling av modenhetsmodell	29
3.2	Litteraturstudie	33
3.2.1	Analyse	33
3.3	Intervju	35
3.3.1	Analyse	36
3.4	Spørreundersøkelse	37
3.4.1	Analyse	38
3.5	Etiske vurderinger	39
3.6	Validitet, reliabilitet og begrensninger	39
4	Resultater	41
4.1	Omfang av modenhetsmodellen	41
4.2	Design av modenhetsmodellen	42
4.3	Fylle modenhetsmodellen	44
4.3.1	Utvikling av spørreskjema til modenhetsmodellen	50
4.4	Sammendrag av modenhetsmodellen	51
4.5	Evaluerings av modenhetsmodell	52
5	Diskusjon	58
5.1	Generelt om modenhetsmodellen	58
5.2	Dimensjoner og elementer	59
5.2.1	Strategi-dimensjonen	59
5.2.2	Mennesker og kultur-dimensjonen	61
5.2.3	Økonomi-dimensjonen	62
5.2.4	Operasjoner-dimensjonen	62

5.2.5	Produkt-dimensjonen	63
5.3	Utforming av modenhetsmodell	64
6	Konklusjon	67
6.1	Bidrag til kunnskapsbase	68
6.2	Bidrag til praksis	68
6.3	Videre forskning	69
	Referanser	70
A	Spørreundersøkelse	78
B	Spørreskjema	100

Tabelliste

2.1	Ulike smart produksjons-initativer (Büchi, Cugno & Castagnoli, 2020)	5
2.2	Små og mellomstore bedrifter (Europakommisjonen, 2003)	13
2.3	Modenhetsmodeller	17
2.4	Dimensjoner til modenhetsmodeller	20
2.5	Organisatoriske elementer til modenhetsmodeller	22
2.6	Tekniske elementer til modenhetsmodeller	25
2.7	Kontekstuelle elementer til modenhetsmodeller	26
4.1	Dimensjoner til modenhetsmodellen	45
4.2	Strategi-dimensjonen	46
4.3	Mennesker og kultur-dimensjonen	47
4.4	Økonomi-dimensjon	47
4.5	Operasjoner-dimensjonen	48
4.6	Produkt-dimensjonen	49
4.7	Vektleggingstall for elementene	54
4.8	Mennesker og kultur utregninger	56
4.9	Modenhetsnivåbestemmelser	57

Figurliste

2.1	Den industrielle evolusjonen (Xu, Xu & Li, 2018; Yin, Stecke & Li, 2018)	4
2.2	Publikasjoner om industri 4.0	6
2.3	Cyber-fysiske systemer (Drath & Horch, 2014)	8
2.4	Skytjenester (Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang & Ghalsasi, 2011)	10
3.1	Rammeverket Design Science Research (Hevner, March, Park & Ram, 2004)	29
3.2	Faser for modenhetsmodellutvikling (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005)	30
3.3	Første fase: Omfang (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005) .	30
3.4	Andre fase: Design (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005) .	31
3.5	Litteratursøk	34
4.1	Modenhetsnivåer	42
4.2	Utdrag fra modenhetsundersøkelse	50
4.3	Modenhetsmodelloversikt	51
4.4	Evaluerings spørsmål	52
4.5	Evalueringsresultat	52
4.6	Modenhetsresultat	55

Kapittel 1

Introduksjon

Norske små og mellomstore bedrifter må ta i bruk de nyeste teknologiene for å ikke ligge for langt bak andre, større bedrifter. Fra industrimeldingen 2017 (Nærings- og handelsdepartementet, 2017) ble det satt i gang en rekke tiltak for å øke produktivtetsveksten i Norge. Blant annet ble initiativet Digital21 introdusert som en strategi og har som hensikt i å gi anbefalinger om hvordan næringslivet kan dra nytte av og utvikle kompetanse, teknologi og forskning i takt med digitaliseringen (Nærings- og handelsdepartementet, 2018). Data fra Statistisk sentralbyrå (2020) viser at 99,4% av norske bedrifter per 9. januar 2020 har under 100 ansatte, og dette betyr veldig mange av bedriftene som søker å følge strategien Digital21 vil være små og mellomstore bedrifter i forhold til Forskningsrådet og Næringslivets Hovedorganisasjon definisjon av små og mellomstore bedrifter (Nærings- og handelsdepartementet, 2012).

Et konsept som har blitt etablert på bakgrunn av muliggjørende teknologier er industrie 4.0, som opprinnelig er fra Tyskland (Ghobakhloo & Fathi, 2019) og blir omtalt som industri 4.0 på norsk. Dette regnes som den fjerde industrielle revolusjon, og er et internasjonalt konsept bedrifter streber etter, noe som er utfordrende med tanke på konseptets kompleksitet og at det er konsept i utvikling. På grunn av

kompleksiteten og gjerne dyre investeringer blir dette desto vanskeligere for små og mellomstore bedrifter å følge.

I lys av industri 4.0 har det dukket opp en mengde modenhetsmodeller som har i oppgave å gi et bilde av nåsituasjonen til bedrifter i forhold til industri 4.0 sine forventninger. Disse modellene har i liten grad tatt hensyn til små og mellomstore bedrifters utfordringer og begrensninger, og vil ofte gi et feilaktig bilde av nåsituasjonen (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018). Dette gjør det vanskelig for bedriftene å bruke modenhetsmodeller som et verktøy for å identifisere hvilke områder som må forbedres ettersom de gjerne skårer dårlig på alle områder. Denne avhandlingen tok utgangspunkt i en utlyst oppgave der et klyngesamarbeid av små og mellomstore bedrifter ønsket en måte og selv finne ut av hvordan de lå an i forhold til digitalisering og industri 4.0. Forskningsspørsmålet spisser seg det derfor inn i “Hvordan måle og dokumentere digital modning i små og mellomstore bedrifter”.

For å besvare forskningsspørsmålet ble det utviklet en modenhetsmodell tilpasset små og mellomstore bedrifter. Modellen ble utviklet basert på tidligere modenhetsmodeller og gjennom eksisterende litteratur og definisjoner på industri 4.0. Det ble også foretatt intervjuer og spørreundersøkelse med eksperter i forbindelse med utviklingen av modellen.

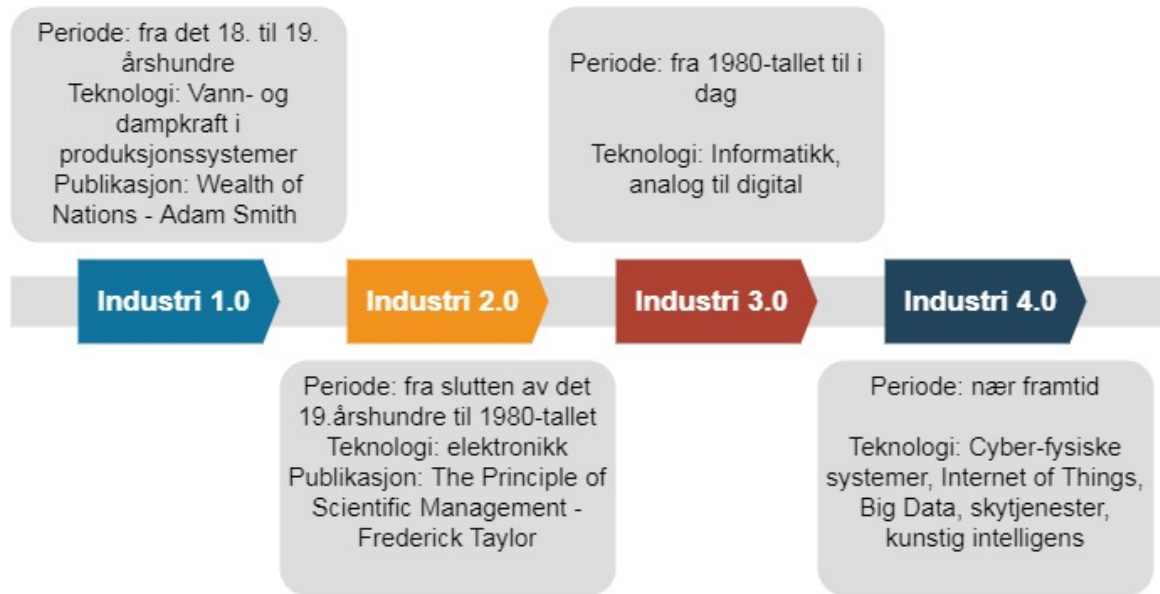
Neste kapittel i oppgaven er litteraturstudie og her vil det bli gått gjennom eksisterende litteratur på industri 4.0, teknologier og prinsipper, samt teori om små og mellomstore bedrifter og modenhetsmodeller. I tillegg vil det bli utført en komparativ analyse av tre modenhetsmodeller. Videre i kapittel 3 vil metoden gjennomgå med forskningsdesign, og datagenereringsmetoder brukt i oppgaven. Kapittel 4 går gjennom resultater og utvikling av modenhetsmodellen. Kapittel 5 er oppgavens diskusjonsdel for så en konklusjonsdel i kapittel 6.

Kapittel 2

Litteraturstudie

Fra og med industrialiseringens start har teknologi vært en faktor for paradigmeskiftene man, ex-post, kaller for industrielle revolusjoner (Lasi, Fettke, Kemper, Feld & Hoffmann, 2014), illustrert i figur 2.1. Den første industrielle revolusjonen indikerer starten på bruk av vann- og dampkraft i produksjonssystemer (Xu, Xu & Li, 2018). En innflytelsesrik idé i løpet av denne tidsepoken kommer fra Adam Smith sin publikasjon kalt *Wealth of Nations*. Publikasjonen tar for seg blant annet justeringen av pris basert på tilbud og etterspørsel, og var noe som viste seg å være et godt verktøy på grunn av det lave tilbudet og den høye etterspørselen. På slutten av det nittende århundre ble elektrisk energi utnyttet for å oppnå masseproduksjon. Frederick Taylor sin publikasjon *The Principle of Scientific Management* hadde en stor innvirkning på moderne ledelsesteori på denne tiden. Den tredje industrielle revolusjonen startet i løpet av 1980-tallet, og markerer bruken av innovative elektronikk- og informasjonsteknologier for å videre forbedre automasjon i produksjonssystemer (Yin, Stecke & Li, 2018). Dette paradigmet er fortsatt med på å styre dagens produksjonssystemer (Drath & Horch, 2014). I motsetning til de tidligere nevnte revolusjonene, så har muliggjørende teknologier som kunstig intelligens, stordata, skytjenester, cyber-fysiske systemer og tingenes internett etablert konseptet “industri 4.0” ex-ante den fjerde

industrielle revolusjon (Drath & Horch, 2014; Lasi mfl., 2014). Dermed oppstår det muligheter for bedrifter og forskere til å aktivt forme fremtiden (Hermann, Pentek & Otto, 2016).



Figur 2.1: Den industrielle evolusjonen (Xu, Xu & Li, 2018; Yin, Stecké & Li, 2018)

2.1 Industri 4.0

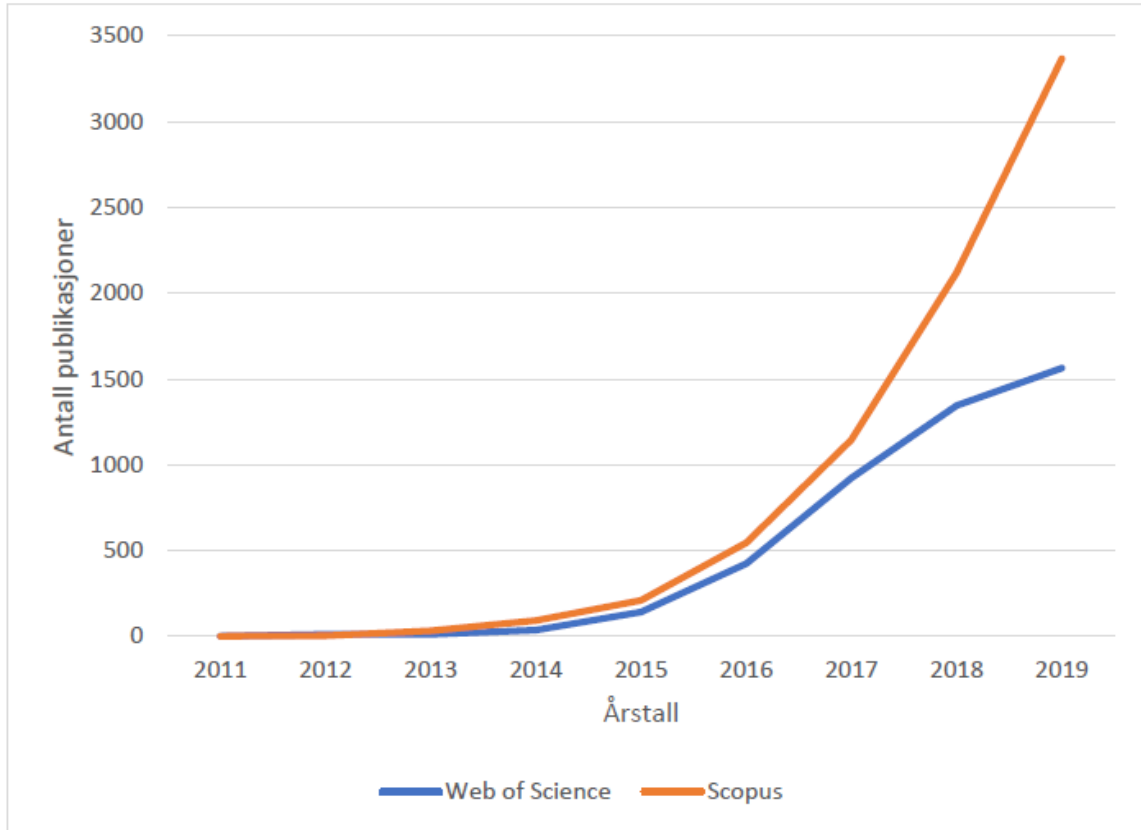
Flere initiativer har blitt introdusert for å støtte opp utviklingen av industrisektoren etter introduksjonen av konseptet “Industrie 4.0” i 2011 på Hannovermessen (Ghobakhloo & Fathi, 2019) og som senere i 2013 ble det en del av Tysklands strategiske initiativ for å være en ledende nasjon innen revolusjonering av industrisektoren (Xu mfl., 2018). Mittal mfl. (2019) bruker samlebetegnelsen “smart produksjon” for slike initiativer som tar for seg integrasjonen av informasjonsteknologi med produksjonssystemer. I likhet med Tysklands industri 4.0-initiativ, så nevner Büchi, Cugno og Castagnoli (2020) blant annet introduksjonen av Kina sitt initiativ “Made in China 2025”, Sør-Korea sitt initiativ “Innovation in Manufacturing 3.0” og USA sitt initia-

tiv “Advanced Manufacturing Partnership”. Flere slike initiativer fra ulike land er vist i tabell 2.1. .

Tabell 2.1: Ulike smart produksjons-initativer (Büchi mfl., 2020)

Land	Strategi
Tyskland	Industrie 4.0
Frankrike	La Nouvelle France Industrielle (The New Industrial France)
Storbritannia	Future of Manufacturing
USA	Advanced Manufacturing Partnership
Kina	Made in China 2025
Singapore	Research, Innovation and Enterprise
Sør-Korea	Innovation in Manufacturing 3.0
Italia	Impresa 4.0

Interessen rundt industri 4.0 blant både forskere og bedrifter har vært høy, og har resultert i en betydelig mengde publikasjoner rundt emnet (Hermann mfl., 2016). Figur 2.2 illustrerer økningen av antall publikasjoner med søkeordet “industry 4.0” i artikkeltittel, abstrakt eller nøkkelord som er hentet fra www.Scopus.com og www.Webofknowledge.com i tidsperioden 2011 til 2019.



Figur 2.2: Publikasjoner om industri 4.0

2.1.1 Definisjoner for Industri 4.0

Det finnes et stort antall av ulike definisjoner av begrepet industri 4.0. I 2013 ble det identifisert mer enn 100 ulike definisjoner (Moeuf mfl., 2019), noe som har vist seg til å skape desorienterte bedrifter og forvirring rundt implementasjonen av konseptet (Chiarini, Belvedere & Grando, 2020; Drath & Horch, 2014; Hermann mfl., 2016). I 2018 ble det estimert at industri 4.0 består av rundt 1200 muliggjørende teknologier (Chiarello, Trivelli, Bonaccorsi & Fantoni, 2018). Chiarini mfl. (2020) kaller konseptet industri 4.0 for en digital kontainer som inneholder flere forskjellige teknologier, prinsipper og ledelsessystemer. Prause (2019) definerer konseptet som integrasjonen av cyber-fysiske systemer i produksjon og logistikk, samt anvendelsen av tingenes internett (IoT) i prosesser. Det blir også definert som en digital integrering av leve-

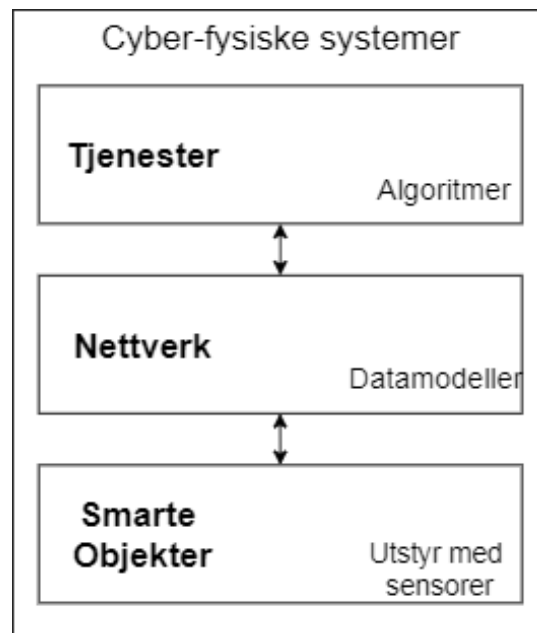
randører, produsenter og kunder langs verdikjeder og forretningsmodeller (Lichtblau mfl., 2015).

Digital21, et initiativ opprettet av det norske Nærings- og fiskeridepartementet, definerer digitalisering som *“å ta i bruk de mulighetene digitale muliggjørende teknologier gir, til å forbedre, fornye og skape nytt”* (Digital21, 2018b, s. 7). Digital21 utdyper definisjonen sin videre ved å forklare hva å forbedre, fornye og skape nytt går ut på. Eksisterende forretningsmodeller, tjenester, prosesser og produkter kan forbedres i den forstand at de blir forenklet, effektivisert og optimalisert ved bruk av digitale verktøy. Digitale verktøy gjør det også mulig å fornye blant annet forretningsmodeller, kundeforhold og samarbeid med eksterne partnere. Det kan oppstå helt nye forretningsmodeller, produkter og prosesser fra mulighetene digitale verktøy byr på. For å kunne utnytte de digitale verktøyene, og for å kunne forbedre, fornye og skape nytt så blir det sett på som nødvendig å kunne håndtere mennesker, prosesser og teknologi sammen. Det er altså ikke bare de muliggjørende teknologiene digitalisering handler om, men også organisatoriske aspekter som endringsvilje og endringsledelse. Videre forteller Digital21 at de muliggjørende teknologiene kan ha betydning for flere forskjellige næringer, og at digitalisering dermed blir omtalt som en industriell revolusjon i likhet med Tysklands industri 4.0-initiativ. Videre i denne masteroppgaven har det blitt tatt utgangspunkt i Digital21 sin definisjon av hva digitalisering dreier seg om.

Selv om det er over 100 ulike definisjoner av industri 4.0-konseptet er det fortsatt likhetstrekk blant dem som for eksempel internett, automatiseringssystemer og forbindelser mellom den fysiske og den virtuelle verdenen (Büchi mfl., 2020). Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo og Barbaray (2017) nevner at kjernen av definisjonene er de muliggjørende teknologiene og det skal gås nærmere inn på et utvalg av disse teknologiene.

2.1.2 Cyber-fysiske systemer

Cyber-fysiske systemer (CFS) tar for seg integrering av fysiske prosesser og virtuelle systemer (Rajkumar, Lee, Sha & Stankovic, 2010). Innbakte datamaskiner og nettverk i slike fysiske prosesser gjør det mulig for å observere, koordinere og kontrollere dem (Lee, 2008). Industri 4.0 blir ofte representert av CFS. Xu mfl. (2018) nevner at industri 4.0 er bygget på CFS, og flere vitenskapelige artikler (Ahmadi, Moradi, Cherifi, Cheutet & Ouzrout, 2018; Chiarini mfl., 2020; Chien, Hong & Guo, 2017; Xu mfl., 2018) påpeker den viktige rollen CFS spiller i sammenheng med industri 4.0. Drath og Horch (2014) foreslår at CFS er bestående av tre ting: (1) fysiske objekter, (2) nettverk og (3) tjenester. De fysiske objektene består av sensorer som er tilkopleet et nettverk. Nettverket gjør det mulig for at de fysiske objektene kan kommunisere med hverandre. Det kreves standardiserte datamodeller slik at objektene kan forstå hverandre og for at tjenestene skal kunne analysere objektenes data. Tjenestene, som er basert på algoritmer og den analyserte dataen, kan bli brukt til å blant annet optimalisere bruken av objektene. Figur 2.3 illustrerer oversikten av CFS.



Figur 2.3: Cyber-fysiske systemer (Drath & Horch, 2014)

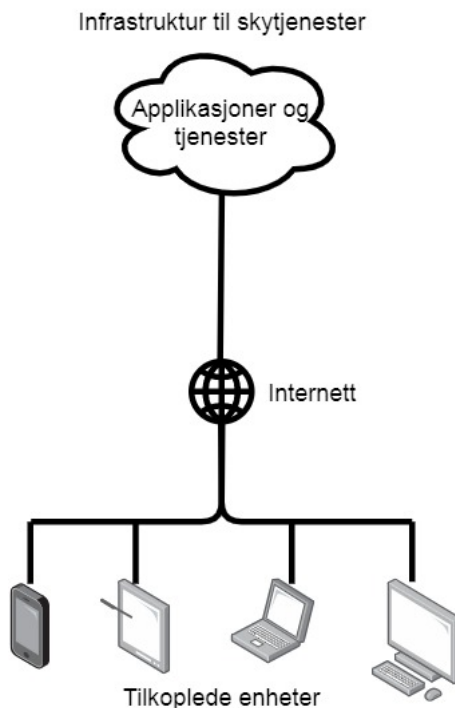
2.1.3 Tingenes internett (Internet-of-Things - IoT)

Et konsept som ofte blir omtalt i industri 4.0-sammenheng er tingenes internett (IoT) (Hermann mfl., 2016; Moeuf mfl., 2019; Xu mfl., 2018). Da konseptet IoT først ble introdusert var målet å bruke radiofrekvensidentifikasjonsteknologi (RFID) for å identifisere hver enhet. Dermed var det mulig å spore og måle hver enhet i sanntid. I ettertid har konseptet vokst. I tillegg til sporing og måling av enhetene ved bruk av RFID-teknologi, så kan hver enhet nå bruke blant annet internett, blåtann eller nærfeltskommunikasjon (NFC) for å samarbeide med og overføre data til andre tilkoblede enheter (Laudon & Laudon, 2017; Xu mfl., 2018).

Tingenes internett blir beskrevet som et komplisert nettverk (Xu mfl., 2018). Å samle enorme mengder data skal bli utført på en lettere måte på grunn av IoT (Yin mfl., 2018), men samtidig nevner Xu mfl. (2018) at det er utfordrende å samle inn og prosessere store mengder data fra flere ulike enheter på en smidig måte.

2.1.4 Skytjenester

Skytjenester representerer endringen av hvordan informasjonsteknologitjenester er oppfunnet, utviklet, distribuert, vedlikeholdt og betalt for (Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang & Ghalsasi, 2011). Det er en modell hvor prosessering, lagring, programvare og andre tjenester er levert til brukere over et nettverk, uavhengig av lokasjon og enhet (Laudon & Laudon, 2017; Marston mfl., 2011). Figur 2.4 gir et forenklet bilde av hvordan infrastrukturen til skytjenester er konstruert. Fra figur 2.4 ser man at mobiltelefoner, nettbrett, bærbare og stasjonære datamaskiner kan få tilgang til skytjenester gjennom internett. Marston mfl. (2011) nevner en rekke fordeler med skytjenester som blant annet reduserte kostnader for dataintensive oppgaver som tidligere kun var tilgjengelige for større bedrifter. I tillegg blir det nevnt at skytjenester gjør maskinvare tilgjengelig umiddelbart for bedrifter, og er noe som kan lede til kortere markedsintroduksjonstid.



Figur 2.4: Skytjenester (Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang & Ghalsasi, 2011)

2.1.5 Stordata

Den enorme mengden av digitale data fra kilder som sensorer, mobiltelefoner, internett, videoer og e-poster blir referert til som stordata (Yang, Huang, Li, Liu & Hu, 2016). Dataen fra disse kildene kan komme i form av tekst, bilder, videoer, lyd eller en kombinasjon av disse. I industri 4.0-kontekst vil det være hensiktsmessig å bruke tingenes internett, stordata og skytjenester sammen. Et etablert IoT-system i produksjonen vil generere data mens stordataanalyseverktøy tilgjengelig via skytjenester kan prosessere dataen og gjøre det om til verdifull informasjon. Informasjonen kan da bli brukt til å ta bedre avgjørelser (Dutta, Kumar, Sindhwani & Singh, 2020; Yang mfl., 2016). Utfordringer med stordataanalyser, som Digital21 (2018b) nevner, er blant annet hvordan dataen skal lagres, visualiseres og oppdateres på en effektiv måte samtidig som man tenker på personvern og datasikkerhet.

2.1.6 IT-sikkerhet

Digital21 (2018a) nevner at det skjer digitale angrep på systemer hver dag, og det vil alltid være en trussel for at sensitiv data skal komme på avveie. NorSIS (2019) identifiserte verdikjedeangrep som én av de største digitale truslene i 2020. Det norske Justis- og beredskapsdepartementet satt i gang et prosjekt i 2018 for å utvikle et rammeverk for risikostyring i digitale verdikjeder (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2020). En høyere grad av digitalisering i bedriften medfører ofte en høyere grad av kompleksitet av data og et høyere volum av data. Det kreves innhenting av data fra diverse områder som for eksempel produkter, produksjonsprosesser, kunder og ansatte for å oppnå en suksessfull digital transformasjon av bedriften. Dette medfører et større fokus på sikkerheten omkring hvordan data er lagret og sendt (Salkin, Oner, Ustundag & Cevikcan, 2018). Noen av utfordringene innenfor IT-sikkerhet er utdaterte løsninger, kompetansehull, voksende kompleksitet og lavt bevissthetsnivå (Digital21, 2018a). Salkin mfl. (2018) nevner at standardiserte kommunikasjonsprotokoller, autoriserte nivåer for informasjonsdeling, bruk av algoritmer for å oppdage uautorisert tilgang på informasjon burde være på plass når en tar i bruk skytjenester, maskiner og automatiserte systemer.

2.1.7 Organisatoriske aspekter

Selv om fokuset ligger mest på de tekniske aspektene når det kommer til industri 4.0, så er det fortsatt flere aspekter som spiller en rolle når teknologier skal bli implementert i en bedrift. Det blir også nevnt av blant annet Digital21 og vist tidligere i kapittel 2.1.1.

Hvordan en bedrift kan på best mulig måte implementere muliggjørende teknologier og transformere seg om til en industri 4.0-bedrift er det ikke et konkret svar på. Črešnar, Potocan og Nedelko (2018) har brukt tidligere kjente ledelsespraksiser som blant annet six sigma, lean, kunnskapsledelse og kjernekompetanser som ryggraden til

et rammeverk for en effektiv, lønnsom og fleksibel transformasjon til industri 4.0. Videre argumenterer Črešnar mfl. (2018) for at konsepter fra lean står i en sentral rolle når det kommer til de organisatoriske aspektene for transformasjonen til industri 4.0. Implementasjonen av konsepter fra lean fører til en mer produktiv produksjon og alle data fra prosesser som har blitt innsamlet for lean produksjon kan bli brukt videre i industri 4.0-sammenheng. Allikevel kan filosofien til lean og industri 4.0 bli sett på som motsigende (Sanders, K. Subramanian, Redlich & Wulfsberg, 2017). Lean fokuserer på å redusere kompleksitet mens industri 4.0 vil gjøre kompleksiteten mindre for brukere og større for prosessene. Sammen med konsepter fra lean og muliggjørende industri 4.0 teknologier, som for eksempel stordata kan ledelsespraksisen six sigma bli brukt for kontinuerlig forbedring, standardisering og reduisering av variabilitet i prosesser (Črešnar mfl., 2018).

Introduksjonen av nye teknologier og konsepter gjør at kunnskapsledelse er relevant i industri 4.0-sammenheng for å adresse kunnskapshull blant de ansatte i bedriften. Prosesser vil bli mer komplekse og fokuset på de ansatte sine kjernekompetanser blir høyere (Prifti, Knigge, Kienegger & Krcmar, 2017). En studie utført av Moeuf mfl. (2019) støtter denne påstanden og understreker viktigheten med opplæring og utdanning blant de ansatte. I tillegg lister Moeuf mfl. (2019) opp andre suksessfaktorer som blant annet å ha en strategi for kontinuerlig forbedring, kommunikasjon blant de ansatte om et felles mål for industri 4.0, samarbeid utad bedriften og aktiv bruk av tilgjengelige data i bedriften.

2.1.8 Integreringsperspektiver

I litteraturen blir det nevnt at en suksessfull integrasjon av de muliggjørende teknologiene foregår på tre områder: (1) horisontal integrasjon via verdikjeder, (2) vertikal integrasjon og sammenkobling av produksjons- og tjenestesystemer, og (3) ende-til-ende integrasjon over hele verdikjeden (Salkin mfl., 2018).

Den horisontale integrasjonen går ut på å integrere alle interne og eksterne verdikjedepartnere (Lichtblau mfl., 2015). Dette området består av blant annet inngående logistikk, leverandørstrategier, produksjonsoperasjoner, utgående logistikk, markedsføring og salg (Dutta mfl., 2020). Selv om bedrifter skal konkurrere med hver andre, så er det fortsatt mulig å skape en flyt av informasjon på tvers av de og dermed etablere nye verdinettverk og forretningsmodeller (Wang, Wan, Li & Zhang, 2016). Operasjonene innad i bedriften, det vil si alt fra planlegging til produksjon, salg og økonomi er hvor den vertikale integrasjon foregår (Lichtblau mfl., 2015; Xu mfl., 2018). Til slutt, ende-til-ende integrasjonen handler om å integrere hele produktutviklingen, fra og med innhenting av kundekrav til og med resirkulering av produktet, med den digitale verdenen som er gjort mulig av nye teknologiske utviklinger (Salkin mfl., 2018).

2.2 Små og mellomstore bedrifter

I følge Europakommisjonen (2003) er bedrifter med opptil 250 ansatte som årlig omsetter for maksimalt 50 millioner euro og/eller ikke har mer enn 43 millioner euro i årlig balanse ansett som små og mellomstore bedrifter (SMB). Det blir videre delt opp tre ulike grupper; mikro, små og mellomstore bedrifter. Tabell 2.2 viser disse nevnte gruppene og hvordan de klassifiseres.

Tabell 2.2: Små og mellomstore bedrifter (Europakommisjonen, 2003)

Kategori	Antall ansatte	Omsetning	Balanse
Mellomstor	< 250	\leq 50 millioner euro	\leq 43 millioner euro
Små	< 50	\leq 10 millioner euro	\leq 10 millioner euro

(Fortsettelse på neste side)

Tabell 2.2: (Fortsettelse)

Kategori	Antall ansatte	Omsetning	Balanse
Mikro	< 10	\leq 2 millioner euro	\leq 2 millioner euro

Rapporten til Nærings- og handelsdepartementet (2012) nevner at det ikke har blitt redegjort for en norsk definisjon av små og mellomstore bedrifter. Likevel blir SMB avgrenset til 100 ansatte av blant annet Forskningsrådet og Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO). Data fra Statistisk sentralbyrå (2020) viser at per 9.januar 2020 hadde 99,4 prosent av norske virksomheter under 100 ansatte. Næringslivets Hovedorganisasjon (udatert) viser at virksomheter med mindre enn 100 ansatte bidro til 44 prosent av verdiskapningen i Norge i 2016, mens NyAnalyse (2018) viser til 42 prosent i 2016. SMB blir omtalt som ryggraden for økonomien til både utviklede land og utviklingsland (Lukács, 2005; Mittal mfl., 2019; NyAnalyse, 2018). Derav argumenterer Mittal mfl. (2019) for at SMB trenger tilgang til de rette hjelpemidlene for at en økonomi skal være vellykket.

2.2.1 SMB og industri 4.0

Små og mellomstore bedrifter skiller seg fra store bedrifter innen flere områder (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018). Noen av disse karakteristikkenes for SMB kan være med på å gjøre en digital transformasjon mer utfordrende (Moeuf mfl., 2019). I litteraturen er det snakk om at SMB har kortsiktige og lite omfattende strategier (Ghobakhloo & Fathi, 2019) som er basert på ledelsen sin magesfølelse og instinkter (Moeuf mfl., 2019). Det er mangel på økonomiske ressurser hos SMB og denne begrensingen fører videre til utfordringer knyttet til teknologiske investeringer og tilgang på tekniske ressurser (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018). De ansatte hos SMB har ofte begrenset og spredt kunnskap innenfor flere relevante områder istedenfor

spisskompetanse innenfor et spesifikt område. I tillegg er kunnskapsdeling utad bedriften for SMB lav i forhold til større bedrifter og organisasjonskulturen er ikke med på å støtte opp eksperimentering og implementering av nye teknologiske utviklinger (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018). Andre merkbare karakteristikk for SMB er det korte hierarkiske systemet hvor personene på toppen av hierarkiet arbeider aktivt med de under, ledelsen sin direkte involvering i bedriften og ledelsen sin innflytelse på de ansatte og bedriften (Moeuf mfl., 2019).

2.3 Modenhetsmodeller

Modenhetsmodeller er verktøy som er utviklet med hensikt å hjelpe med å sammenligne eller evaluere grunnlaget for forbedring eller hjelpe med identifisering og kartlegging av nå-situasjoner. Modenhetsmodeller kan brukes på mange forskjellige domener, og være svært hjelpsomme for bedrifter som skal bevege seg inn i ukjente territorier. Modenhet blir i denne sammenhengen brukt til å si noe om hvor langt noe er kommet i en utvikling i forhold til egne mål eller kjente standarder. Det snakkes derfor om forskjellige grader av modenhet. Disse gradene eller nivåene som det også kalles, går gjerne fra 1 til 5. Der 1 er laveste grad av modenhet og 5 er høyeste grad av modenhet (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005).

Röglinger, Pöppelbuß og Becker (2012) viser til områder for kritikk av modenhetsmodeller som for eksempel at en modenhetsmodell gjerne gir en stegvis oppskrift som simplifiserer virkeligheten. Dette svarer til et dilemma som forklares av de Bruin mfl. (2005) ved at modenhetsmodeller som er for kompliserte øker mulighetene for feil bruk og misledende utfall, samtidig som en forenklet modell ikke fremstiller domenets kompleksitet i den grad at resultatene fra modellen gir meningsfull informasjon.

Kritikk av modenhetsmodeller handler også om at det gjerne fremstilles kun én korrekt sti for å oppnå høy grad av modning når det gjerne kan være flere veier

til mål. Det nevnes også at modeller har for lite fokus på faktorene som katalyserer modningsprosessen (King & Kraemer, 1984).

2.3.1 Modenhetsmodeller knyttet til industri 4.0

I forhold til konseptet industri 4.0 vil det være hensiktsmessig for mange bedrifter å ha modeller som sier noe om hvor langt de har kommet i en prosess mot å implementere dette, på grunn av konseptets kompleksitet. Det skilles gjerne mellom modenhetsundersøkelser som skal kartlegge en nå-situasjon og veikart som skal følges for å oppnå høyere grad av modenhet. Mittal, Khan, Romero og Wuest (2018) identifiserte 15 modenhets- og readinessmodeller, rammeverk og roadmaps (fra nå av kalt modeller) knyttet til industri 4.0 sett i lys av små og mellomstore bedrifter. Videre argumenteres det for at samtlige modeller har mangler i seg. Hovedsakelig går manglene ut på at de forskjellige modellene i liten grad tar hensyn til de forskjellige utfordringene og begrensningene hos små og mellomstore bedrifter. Dette er også noe som kom frem i arbeidet til Dybing og Jarle (2019) der en utfordring for norske små og mellomstore bedrifter i industri 4.0 var mangel på modenhetsmodeller.

I tabell 2.3 vises det et utvalg av modenhetsmodeller tilknyttet industri 4.0.

Tabell 2.3: Modenhetsmodeller

Modenhetmodell	Beskrivelse	Referanse
IMPULS Industrie 4.0 readiness	Modenhetsmodell med 6 dimensjoner Strategi og organisasjon, Smart fabrikk, Smarte operasjoner, Smart produkter, Datadrevne tjenester og Ansatte . Gjennom en rekke spørsmål knyttet til dimensjonene, vil et resultat vise hvordan bedriften ligger an i forhold til I4.0, fra nivå 0-5, altså nybegynner til ekspert.	Lichtblau mfl. (2015)
Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0	Denne modellen fokuserer på at bedriftene skal fokusere på diversifisering som en katalysator for industri 4.0. Med "three stage" menes det at bedriften skal "se for seg", "muliggjøre" og "implementere". Disse tre stegene knytter seg til 5 forskjellige nivåer i modellen fra å ikke ha noen kjennskap eller klar plan iht. industri 4.0 til å ha en detaljert plan og foretningsmodell iht. industri 4.0.	Ganzarain og Errasti (2016)
A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises	Modenhetsmodell for å identifisere nå-situasjon med 9 dimensjoner og totalt 62 modenhetselementer. Dimensjonene er Strategi, Lederskap, Kunder, Produkter, Operasjoner, Kultur, Mennesker, Styresett og Teknologi . En modenhetsundersøkelse blir brukt for å plassere respondentens modenhet knyttet til dimensjonene.	Schumacher, Erol og Sihni (2016)

(Fortsettelse på neste side)

Tabell 2.3: (Fortsettelse)

Modenhetsmodell	Beskrivelse	Referanse
Guideline Industrie 4.0- Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses	Beregnet for SMB og tar for seg diverse teknologiske elementer assosiert med industri 4.0 fra lav til høy grad av modning, illustrert ved hjelp av en toolbox. I tillegg en implementasjonsplan i 5 faser fra “forberedelser” til “implementasjon” som kan forstås som en modenhetsmodell.	Anderl mfl. (2015)
SM ³ E Maturity Model	Modenhetsmodell for industri 4.0 utviklet for SMB. Tar utgangspunkt i deres utfordringer. En totalmodell bestående av tre elementer som er en toolbox, modenhetsnivåene og organisatoriske dimensjoner. Dimensjonene her er Økonomi, Mennesker, Strategi, Prosess og Produkt . Toolbox tar for seg de forskjellige relevante teknologiene og verktøyene som bestemmer modenhetsnivået i dimensjonene.	Mittal, Romero og Wuest (2018a)
Industrie 4.0 Quick CheckUp	En modenhetsmodell som er utviklet fra Fraunhofer IFF Industrie 4.0 Checkup til å gjelde for SMB. Modellen består av dimensjonene Bedriftsledelse, Utvikling, Produksjon, Logistikk og Tjenester . Dimensjonene måles gjennom nettbasert undersøkelse for SMB som kartlegger nå-situasjon.	Häberer, Lau og Behrendt (2017)

2.3.2 Analyse av modenhetsmodeller

Ut i fra litteraturstudie og basert på denne masteroppgaven sitt omfang og mål har det kommet frem tre modenhetsmodeller som skal bli analysert videre. De er tilgjengelige via vitenskapelige artikler publisert i forskjellige journaler. Modenhetsmodellene er videre omtalt som følgende:

- Modell 1: A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises (Schumacher mfl., 2016)
- Modell 2: SM^3E Maturity Model (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)
- Modell 3: Industrie 4.0 Quick CheckUp (Häberer mfl., 2017)

Generelt sett dekker modenhetsmodellene områder i bedriften som tar for seg organisasjonskultur, ledelsessystemer, operasjoner og strategier. Samtlige av de utvalgte modenhetsmodellene baseres på de muliggjørende teknologiene som er kjernen av industri 4.0 og som har blitt gjennomgått i kapittel 2.1. Dimensjonene som modenhetsmodellene er bygget opp av blir beskrevet av deres tilhørende elementer. Måten modenhet blir estimert på er å evaluere hvert enkelt element i dimensjonene. Evalueringen fører til slutt til et oversiktsbilde av bedriften i forhold til industri 4.0 og kommer ofte i form av modenhetsnivåer. Basert på dimensjonene og elementene til de utvalgte modenhetsmodellene skal det bli utført en komparativ analyse for å få en bedre forståelse av modenhetsmodellene.

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016) er bestående av ni dimensjoner mens både Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) og Modell 3 (Häberer mfl., 2017) består av fem dimensjoner vist i tabell 2.4. Artikkelen Modell 1 er hentet fra (Schumacher mfl., 2016) nevner at dimensjonene til modenhetsmodellen er beskrevet av 62 elementer. Allikevel er antall tilgjengelige elementer fra artikkelen 28, og det er disse 28 elementene som blir brukt videre i analysen i denne masteroppgaven. Dimensjonene fra Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) er beskrevet av 28 elementer. I tillegg

til de fem dimensjonene bestående av 28 elementer blir det også anvendt én ekstra dimensjon fra en separat artikkel (Mittal, Romero & Wuest, 2018b) publisert tidligere av samme forfattere. Den ekstra dimensjonen tar for seg teknologier relatert til industri 4.0 og består av syv elementer. Videre vil denne dimensjonen bli omtalt som teknologi-dimensjonen til Modell 2.

Fra tabell 2.4 kan en se at dimensjonene ikke bare dekker det tekniske aspektet som ofte er i fokus når det er snakk om industri 4.0, men også organisatoriske aspekter. Det kreves en helhetlig tilnærming for å implementere industri 4.0 i bedrifter. I tillegg til de tekniske dimensjonene blir det også sett på blant annet ledelse, økonomi, organisasjonskultur og strategier.

Modenhetsmodellene tar i bruk forskjellige elementer, og det blir sett på som hensiktsmessig å analysere elementene istedenfor dimensjonene. Estimering av modenheten av industri 4.0 i en bedrift blir utført ved å evaluere selve elementet en dimensjon inneholder, og ikke dimensjonen selv. For å strukturere alle de forskjellige elementene har de blitt gruppert inn i tre aspekter: organisatorisk, teknisk og kontekstuell som vist i tabell 2.5, 2.6 og 2.7.

Tabell 2.4: Dimensjoner til modenhetsmodeller

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016)	Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)	Model 3 (Häberer mfl., 2017)
Strategi	Strategi	Bedriftsledelse
Mennesker	Mennesker	Utvikling
Kunder	Økonomi	Produksjon
Produkter	Produkt	Logistikk
Operasjoner	Prosess	Tjenester
Kultur	Teknologi	-

(Fortsettelse på neste side)

Tabell 2.4: (Fortsettelse)

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016)	Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)	Modell 3
Styresett	-	-
Teknologi	-	-
Ledelse	-	-

Det organisatoriske aspektet tar for seg de utfordringene som oppstår innad i bedriften som for eksempel strategi, økonomi, kultur og mennesker. Modell 1 (Schumacher mfl., 2016) har fire dimensjoner (Strategi, Ledelse, Kultur og Mennesker) innenfor det organisatoriske aspektet. Strategi-dimensjonen omfatter utfordringer som adaptering av forretningsmodeller som passer til industri 4.0, anvendelse av industri 4.0-veikart og håndtering av tilgjengelige ressurser for å realisere industri 4.0-målene i bedriften. Hovedfokuset for Ledelse-dimensjonen er å evaluere hvor villig ledelsen i bedriften er i forhold til industri 4.0 og om det er felles koordinering for industri 4.0 i bedriften. Kultur-dimensjonen blir beskrevet av kunnskapsdeling i bedriften, om det blir samarbeidet med andre bedrifter og hvor sterkt IKT står i bedriften. Til slutt ser Mennesker-dimensjonen på IKT-kompetansen til de ansatte, hvor åpne de ansatte er til ny teknologi og deres autonomi for å ta beslutninger.

Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) har tre dimensjoner (Strategi, Mennesker og Økonomi) innenfor det organisatoriske aspektet. Den første dimensjonen, Mennesker, evaluerer elementer som ser på hvordan ledelsen støtter kontinuerlig forbedring, læring og mål mot industri 4.0. I tillegg er det elementer som tar for seg sikkerheten og miljøet på arbeidsplassen slik at ulykker kan unngås og de ansatte kan være mer produktive. Strategi-dimensjonen inneholder elementer som blir plassert i det organisatoriske aspektet og the kontekstuelle aspektet. De organisatoriske elementene (kunnskapsledelse og beslutningsstøtte/beslutningstaking) tar for seg be-

driftens bruk av data for å støtte opp de ansattes ekspertise og dermed gjøre bedre beslutninger. Dimensjonen for økonomi fokuserer på hvordan bedriften håndterer dens egen økonomi. Artikkelen nevner at elementene i denne dimensjonen (kostnadsnytteanalyse, budsjettering, kostnadskontroll og investeringsledelse i forhold til risiko og gevinst) er primærbekymringer for små og mellomstore bedrifter. Dermed vil man evaluere bedriftens håndtering av dens økonomi for å forbedre bedriftens prosjekter i forhold til industri 4.0.

Ut av de fem dimensjonene i Modell 3 (Häberer mfl., 2017) er det kun én dimensjon som har blitt plassert innenfor det organisatoriske aspektet. Dimensjonen bedriftsledelse blir beskrevet av elementene strategi, forretningsmodeller, intern kommunikasjon, personale og kunnskap.

Tabell 2.5: Organisatoriske elementer til modenhetsmodeller

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016)	Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)	Model 3 (Häberer mfl., 2017)
Strategi Implementasjon av industri 4.0-veikart Tilgjengelige ressurser for realisering Tilpassing av forretningsmodeller	Strategi Kunnskapsledelse Beslutningsstøtte/ Beslutningstaking	Bedriftsledelse Strategi Forretningsmodeller Intern kommunikasjon Personale og kunnskap
Ledelse Lederne sin villighet for endring Kompetanse og metoder hos ledelsen Felles koordinasjon for industri 4.0		

(Fortsettelse på neste side)

Tabell 2.5: (Fortsettelse)

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016)	Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)	Modell 3
Kultur		
Kunnskapsdeling		
Åpen innovasjon og samarbeid med andre bedrifter		
Verdien av IKT i bedriften		
Mennesker	Mennesker	
IKT-kompetanse hos de ansatte	Ledelse	
De ansattes holdning til ny teknologi	Tilbakemeldinger fra kunder	
De ansattes autonomi	Sikkerhet og eronomi	
	Trening og utdanning	
	Økonomi	
	Kostnadsnytteanalyse	
	Budsjettering og kostnadskontroll	
	Investeringsledelse i forhold til risiko og gevinst	

Det tekniske aspektet inneholder utfordringer knyttet til prosesser, teknologier og produkter. Modell 1 (Schumacher mfl., 2016) har tre dimensjoner (Teknologi, Operasjoner og Produkter) som tar for seg tekniske aspekter. Teknologi-dimensjonen blir evaluert ved å se på bedriftens eksisterende moderne IKT og bruken av kommunikasjonsteknologier som mobile enheter og maskin-til-maskin kommunikasjon. Operasjoner-dimensjonen ser på hvor desentraliserte prosesser er og hvor digitaliserte de er i form av modellering og simulering. I tillegg blir det sett på det tverrfaglige samarbeidet i denne dimensjonen. Muligheten for individualiserte produkter, hvor digitaliserte produktene er og produktintegrasjon i andre systemer er elementene som beskriver Produkt-dimensjonen.

Hvordan transformasjonen av råmateriale til det endelige produktet tar form er hva Prosess-dimensjonen til Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) ser på. Ved å se på data som for eksempel nedetid på maskiner og prosessparametre kan elementene kvalitetskontroll, reparasjon og vedlikehold, maskinoperasjon og fleksibilitet bli evaluert. Produkt-dimensjonen for seg produktlogistikk, utvikling av nye produkter og markedsintroduksjonstid. I tillegg kan en se på data i form av produktspesifikasjoner og antall produkter for å evaluere elementene pakking og produktmodularitet. Teknologi-dimensjonen har syv punkter som fokuserer på forskjellige typer industri 4.0 teknologier og verktøy og hvordan disse blir anvendt i forhold til resten av elementene i modellen.

Alle dimensjonene til Modell 3 (Häberer mfl., 2017), utenom Bedriftsledelse, har blitt plassert innenfor det tekniske aspektet. Tjenester-dimensjonen inneholder et bredt spektrum av elementer som dekker IT-tjenester, distribusjon, markedsføring og energi. Dimensjonene Produksjon, Utvikling og en del av Tjenester dekker aktivitetene planlegging, utførelse og etterarbeid. Produksjon-dimensjonen blir beskrevet av elementene produksjonsplanlegging, produksjonsprosess og nettverksbygging mens Utvikling-dimensjonen ser på konstruksjon og produksjonsplanen. En del av Tjenester-dimensjonen er plassert sammen med de to ovennevnte dimensjonene på grunn av elementene i denne delen av dimensjonen tar for seg vedlikehold, reparasjon og kvalitetsledelse. Den interne logistikken, de utgående varene og kvitteringer på varer er områdene som dekker Logistikk-dimensjonen.

Tabell 2.6: Tekniske elementer til modenhetsmodeller

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016)	Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)	Model 3 (Häberer mfl., 2017)
Teknologi Tilgjengelighet av moderne IKT Bruk av mobile enheter Bruk av maskin-til-maskin kommunikasjon	Teknologi Produksjons/fremstillingsverktøy Design -og simulering-verktøy Robotikk -og automatiseringsverktøy Sensor -og konnektivitetsverktøy Skytjenester Dataanalyseverktøy Forretningsadministrasjonsverktøy	Tjenester IT-tjenester Distribusjon/markedsføring og etter salg Energi
Operasjoner Desentralisering av prosesser Modellering og simulasjon Tverrfaglig Samarbeid mellom avdelinger	Prosess Kvalitetskontroll Jobbplanlegging Reparasjon og vedlikehold Maskinoperasjon Fleksibilitet	Produksjon Produksjonsplanlegging Nettverk Produksjonsprosess Utvikling Konstruksjon Produksjonsplan Tjenester Vedlikehold og reparasjon Kvalitetsledelse
Produkter Individualisering av produkter Digitalisering av produkter Produktintergrasjon i andre systemer	Produkter Logistikk Produktutvikling Pakking Modularitet Markedsintroduksjonstid	Logistikk Intern logistikk Utgående Kvittering

Det kontekstuelle aspektet er eksterne utfordringer som for eksempel kunder, lever og retningslinjer. Modell 1 (Schumacher mfl., 2016) sin kontekstuelle dimensjon Styresett omfatter utfordringer relatert til arbeidsrett, beskyttelse av åndsverk og standarder. I tillegg blir bruk av kundedata, kundenes IKT-kompetanse og digitali-

sering av salg evaluert i Kunder-dimensjonen. De elementene i Strategi-dimensjonen til Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) som tar for seg standarder, juridiske retningslinjer, bærekraftig utvikling og statlig regulering blir ansett som kontekstuelle elementer.

Tabell 2.7: Kontekstuelle elementer til modenhetsmodeller

Modell 1 (Schumacher mfl., 2016)	Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a)	Model 3 (Häberer mfl., 2017)
Kunder		
Bruk av kundedata		
Digitalisering av salg/tjenester		
Kundenes IKT-kompetanse		
<hr/>		
Styresett	Strategi	
Arbeidsrett i forhold til industri 4.0	Standarder	
Egnethet til teknologiske standarder	Juridiske og skattemessige retningslinjer	
Beskyttelse av åndsverk	Retningslinjer for bærekraftig utvikling	
	Statlig regulering	
<hr/>		

Ut ifra den komparative analysen gjort av de utvalgte modenhetsmodellene ser man at samtlige av modenhetsmodellene omfatter et bredt spektrum av områder. Alle av de analyserte modenhetsmodellene har som utgangspunkt de muliggjørende teknologiene.

Både Modell 1 og Modell 2 har elementer innenfor de tre aspektene (organisatorisk, teknisk og kontekstuell) mens Modell 3 kun dekker det organisatoriske og det tekniske aspektet.

Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) nevner spesifikke teknologier og verktøy i Teknologi-dimensjonen. Flere av disse teknologiene blir sett på som viktig

i sammenheng med industri 4.0 som nevnt tidligere i litteraturstudie. Modell 2 (Schumacher mfl., 2016) viser til generelle teknologier i sammenheng med digitalisering som for eksempel maskin-til-maskin kommunikasjon og simulering, men nevner ikke konkrete verktøy som Modell 2. Modell 3 (Häberer mfl., 2017) henviser kun til IT-tjenester og har ikke gått nærmere inn på noen generelle eller spesifikke teknologier.

Målgruppen for Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) er små og mellomstore bedrifter, og artikkelen nevner at dimensjonene og elementene har blitt lagt til rette for denne type bedrift. Modell 3 (Häberer mfl., 2017) har blitt utviklet ved å følge visse kriterier små og mellomstore bedrifter har satt. Noen av disse kriteriene er redusert tid og kostander, en lett forståelig modell slik at ekstern personell ikke er nødvendig og betydelige resultater fra modellen. I artikkelen til Modell 1 (Schumacher mfl., 2016) blir det nevnt produksjonsbedrifter som målgruppe, men størrelsen på bedriftene den nevnte modenhetsmodellen er ment for er fraværende i artikkelen.

Kapittel 3

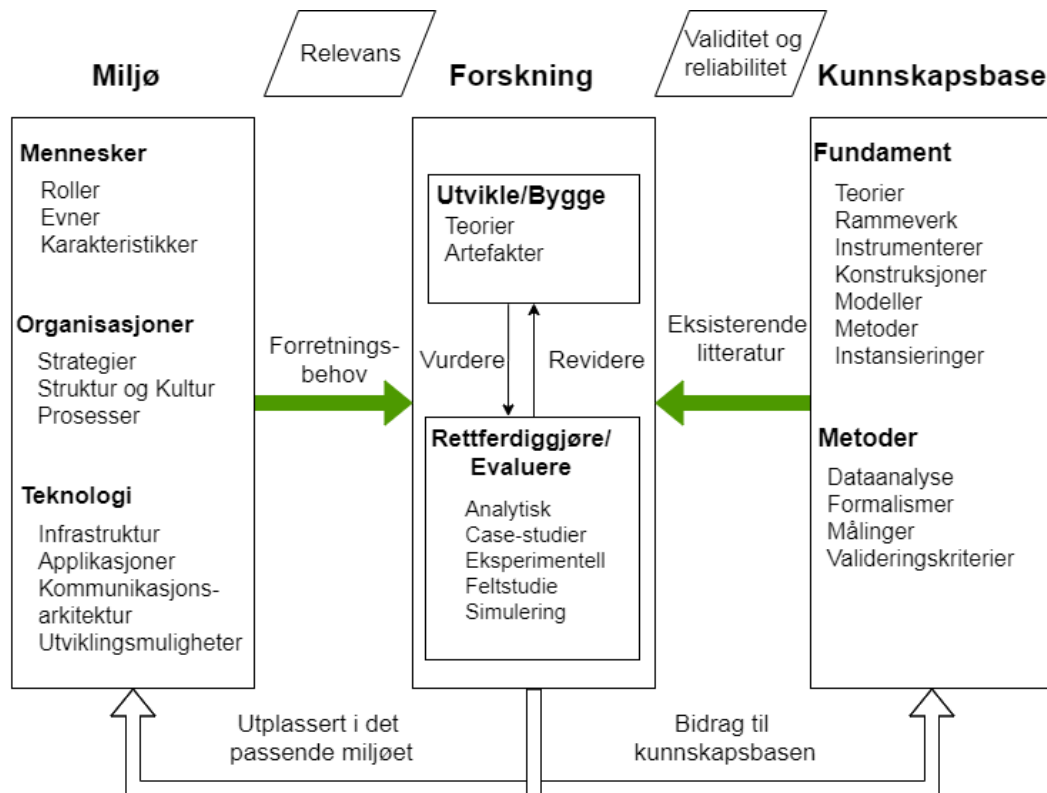
Metode

Målet for dette kapittelet er å presentere de forskjellige metodiske valgene som har blitt tatt samt diskutere hvordan de påvirker oppgavens validitet og reliabilitet.

3.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet er en plan for en studie (Thomas, 2017). Designet skal gi en fremgangsmåte på hvordan forskningsspørsmålet, *“hvordan måle og dokumentere digital modning i små og mellomstore bedrifter”*, skal besvares på best mulig måte. Samtidig blir det også utviklet et artefakt, i form av en modenhetsmodell, som et resultat av å svare på det ovennevnte spørsmålet som gjør denne typen studie til en “design-studie”. En slik type studie blir ofte strukturert ved bruk av rammeverket kjent som *Design Science Research*, og i denne studien følges rammeverket utviklet av Hevner, March, Park og Ram (2004). Selv om det nevnte rammeverket er i utgangspunktet ment for forskning innen IT, så er det fortsatt fullt mulig å ta i bruk *Design Science Research*-rammeverket innenfor andre områder grunnet dens generiske karakteristikk (van Aken, Chandrasekaran & Halman, 2016). Essensen for rammeverket er å ta i bruk miljøets forretningsbehov samt kunnskap fra eksisterende litteratur for å utføre forskning. For denne avhandlingen er miljøet i form av små og mellomstore bedrif-

ter i Norge. Mangel på modenhetsmodeller og forskning omkring SMB gjør opp for forretningsbehovene. Den eksisterende litteraturen består av akademiske artikler som omhandler industri 4.0 og modenhetsmodeller. Basert på dette blir det utviklet et artefakt som videre blir evaluert og revidert for å styrke artefaktets relevans, validitet og reliabilitet. Artefaktet skal både være med på å tette kunnskapshull i litteraturen samt utplasseres og brukes i de passende miljøene. Rammeverket til Hevner mfl. (2004) er illustrert i figur 3.1, oversatt fra engelsk til norsk.



Figur 3.1: Rammeverket Design Science Research (Hevner, March, Park & Ram, 2004)

3.1.1 Rammeverk for utvikling av modenhetsmodell

Utviklingen av modenhetsmodellen i denne avhandlingen er bygget rundt et rammeverk utviklet av de Bruin mfl. (2005). Artikkelen legger frem et generisk rammeverk for utvikling av modenhetsmodeller delt opp i seks forskjellige faser. Rammeverket legger først til rette for utviklingen av en beskrivende modell som har hensikt i å gi et

bilde av nå-situasjonen i bedriften. På grunn av rammeverkets generiske karakteristikk er det mulig å bruke det i flere ulike sammenhenger, og kan derfor bli brukt til utvikling av en modenhetsmodell i industri 4.0-sammenheng. Dermed blir rammeverket sett på som relevant og passer til å løse utfordringene for denne avhandlingen. De generiske fasene som blir brukt for å utvikle modenhetsmodellen er illustrert i figur 3.2.



Figur 3.2: Faser for modenhetsmodellutvikling (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005)

de Bruin mfl. (2005) understreker viktigheten med rekkefølgen på fasene. De avgjørelsene som blir tatt i “Omfang”-fasen påvirker for eksempel valgene av metoder i “Fylle”-fasen. Rekkefølgen på fasene er allikevel ikke lineær, og man finner iterasjoner på grunn av resultater i en fase kan kreve å bearbeidere en tidligere fase. Det blir sett på som hensiktsmessig å gi en mer omfattende beskrivelse av rammeverket slik at en dypere forståelse kan bli oppnådd.

I den første fasen, vist i figur 3.3, defineres det modenhetsmodellens omfang. Dette vil være naturlig å knytte til delen av forskningsdesignet som omhandler tema for studien og forskningsspørsmål. Her dannes grunnlaget for videre arbeid i forskningsprosessen som for eksempel valg av metoder i “Fylle”-fasen. De viktige spørsmålene som skal besvares er om modellen er domenespesifikk eller generell og hvem som skal ta i bruk modellen.

Kriterium	Karakteristikk			
Modellens fokusområde	Domenespesifikk		Generell	
Utviklings interessenter	Akademia	Utøvere	Myndighetene	Kombinasjon

Figur 3.3: Første fase: Omfang (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005)

Den andre fasen, vist i figur 3.4, omhandler hvordan modellen skal brukes av sluttbrukeren. Her handler det om hvorfor det trengs en modenhetsmodell, hvordan den kan bli utplassert, hvem skal ta den i bruk og hva kan bli oppnådd ved bruk av modenhetsmodellen. Figur 3.4 viser til valg som blir tatt i denne fasen som for eksempel om målgruppen skal være internt eller eksternt, om påføringsmetoden skal være selv-evaluering og om bruksområdet skal være én entitet.

Kriterium	Karakteristikk		
	Internt		Eksternt
	Ledere, ledelse		Auditorer, partnere
Påføringsmetode	Egenvurdering	Tredjepart assistert	Sertifisert utøver
Driver av påføring	Internt krav	Eksterne krav	Begge
Respondenter	Ledelse	Personale	Forretningspartnere
Bruksområde	1 entitet / 1 region	Flere entiteter / en enkelt region	Flere enheter / flere regioner

Figur 3.4: Andre fase: Design (de Bruin, Freeze, Kulkarni & Rosemann, 2005)

Her handler det også om å bestemme hvordan modning skal representeres. I denne avhandlingen ble det valgt å følge den vanlige praksisen med å representere modning ved bruk av tall, hvor 1 er den laveste graden av modenhet og 5 er den høyeste graden av modenhet. Valgene som ble tatt i denne fasen stammer fra ønskene til bedriften som utlyste oppgaven. Bedriften ville selv kunne gjøre analyse på hvordan de lå an i utviklingen og derfor ble det bestemt at målgruppen skulle være ledelse internt i bedriften, samt at det skulle være en selv-evaluering.

Fase 3 omhandler å befolke eller fylle modellens innhold. Dette går ut på å finne de tingene som skal måles og hvordan det blir målt i modenhetsundersøkelsen. For komplekse konsepter som industri 4.0 og for å utarbeide forbedringsstrategier, så ble det identifisert dimensjoner som danner grunnlaget for konseptet. Dimensjonene fungerer som grupperinger for elementer, og det er elementene som til slutt blir evaluert av sluttbrukeren og beskriver den tilhørende dimensjonen. Utgangspunktet for denne fasen var først et gjennomført litteratursøk og et litteraturstudie for å utarbeide

en dypere forståelse for konsepter og modeller innenfor industri 4.0 som beskrevet i kapittel 3.2. På grunn av nye utviklinger innenfor industri 4.0 og kompleksiteten omkring konseptet ble det sett på som hensiktsmessig å anskaffe mer data ved bruk av flere metoder enn litteratursøk og litteraturstudie. Dermed ble det utført intervjuer, omtalt i kapittel 3.3, og en spørreundersøkelse, omtalt i kapittel 3.4. Videre i fase 3 blir det valgt hva slags verktøy som skal bli tatt i bruk for å utføre modenhetsanalysen. I dette tilfellet ble det valgt å gjøre modenhetsundersøkelsen tilgjengelig elektronisk via www.survey-xact.dk som kommer i form av en spørreundersøkelse.

Å evaluere modenhetsmodellens validitet og reliabilitet er essensen til fase 4 i rammeverket og kan videre koples sammen med iterasjonene innenfor rammeverket til Hevner mfl. (2004) som omhandler vurdering og revidering, introdusert i kapittel 3.1. Validiteten til en modenhetsmodell dreier seg om hvorvidt domenet modenhetsmodellen skal dekke er komplett og hvorvidt modenhetsmodellen representerer domenet på en forståelig og korrekt måte. I tillegg burde verktøyene brukt for å utføre en modenhetsundersøkelse bli evaluert slik at man kan se om verktøyene måler det som skal bli målt og om resultatene er nøyaktige og repeterbart. Validitet og reliabilitet er videre diskutert i kapittel 3.6.

På grunn av denne avhandlingens omfang og tidsbegrensning ble ikke de to neste fasene for utviklingen av modenhetsmodellen nådd. De neste fasene blir likevel beskrevet for å gi et fullstendig bilde av rammeverket. Fase 5 i rammeverket handler om å utplassere modenhetsmodellen og gjøre den tilgjengelig for bruk. For at modellen skal bli akseptert av flere og for å teste modellens generaliserbarhet må den bli utplassert innenfor flere områder. For modeller som er domenespesifikke så er det viktig å utplassere modellen i like bedrifter, men som ikke var en del av utviklingsprosessen av modellen. For modeller som er generelle blir det sett på som passende å utplassere de i flere konsortier. I den aller siste fasen, fase 6, er fokuset på å vedlikeholde modellen. Å vedlikeholde en modell kan gå ut på å håndtere modellens vekst og bruk og i til-

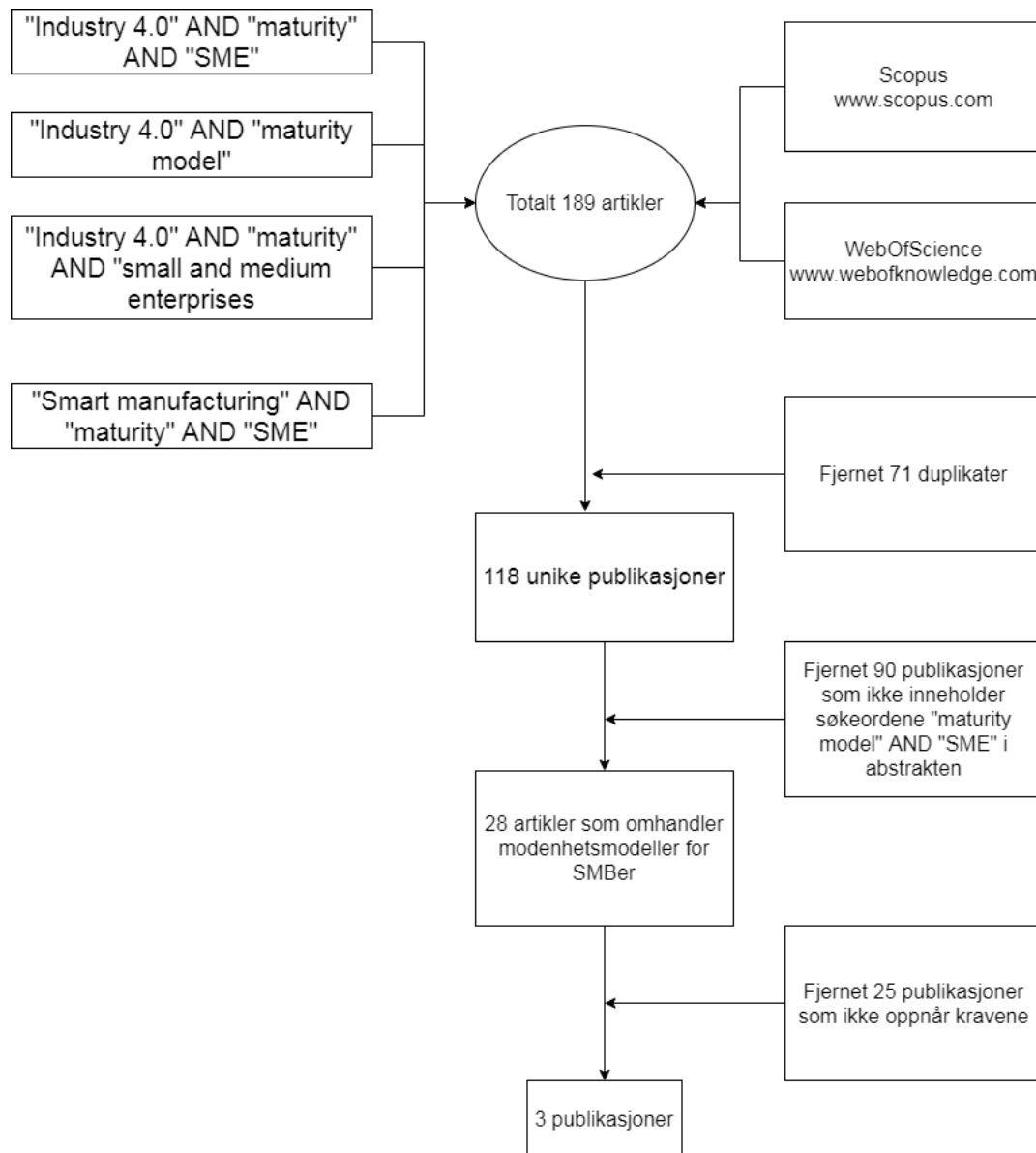
legg vil modenhetsmodellen naturlig endre på seg etter at kunnskap rundt domenet, i dette tilfellet industri 4.0, utvikler seg.

3.2 Litteraturstudie

I første omgang ble det gjennomgått flere artikler som omhandlet konseptet industri 4.0, små og mellomstore bedrifter og modenhetsmodeller. Det ble tatt i bruk en liten mengde med høyt siterte, relevante artikler i startfasen for å utarbeide seg en bredere forståelse omkring de emnene som er relevante i forhold til forskningsspørsmålet. Innenfor disse artiklene ble kildelistene utforsket for å identifisere flere relevante artikler og så videre. En slik måte å utføre litteratursøk på kan bli kalt for *Snowballing method* (Jalali & Wohlin, 2012). Det gir en god oversikt av emnene og fungerer som et startpunkt i studien. Etter dette ble det systematisk utført et litteraturstudie ved bruk av visse søkeord og databaser vist i figur 3.2. Dette spesifikke litteraturstudiet gjaldt for modenhetsmodeller innenfor industri 4.0 og det ble tatt i bruk tre artikler i en komparativ analyse for å utarbeide en modenhetsmodell.

3.2.1 Analyse

Etter søket satt vi igjen med 28 artikler som omhandlet modenhetsmodeller knyttet til industri 4.0 ment for små og mellomstore bedrifter. Det ble videre gått igjennom modenhetsmodellene i de 28 artiklene med et fokus på å finne modellene som både var utviklet med hensyn på SMB og at de hadde som mål å kartlegge nåsituasjonen i bedriften i forhold til digitalisering. Noen modeller som var spesifikke for SMB hadde gjerne store mangler, eller var for kompliserte for små og mellomstore bedrifter i forhold til å gjøre en selvevaluering. Dette blir også støttet opp av funnene til Mittal, Khan, Romero og Wuest (2018). Flere av modellene som var ment for SMB hadde gjerne mangler i forhold til at de ikke dekket nok av industri 4.0-dimensjonene, og



Figur 3.5: Litteratursøk

kun konsentrerte seg om enten den tekniske dimensjonen eller spesifikke strategier som kunne katalysere industri 4.0. Etter å ha utført en analyse i forhold til våre krav ble det identifisert tre modeller som ville fungere som utgangspunktet for modellen i denne avhandlingen. Det ble videre utført en komparativ analyse av de tre identifiserte modellene.

3.3 Intervju

Thomas (2017) nevner at det finnes flere måter å gjennomføre et intervju på: Strukturert, ustrukturert eller semistrukturert. Et strukturert intervju foregår på den måten at intervjuet strengt følger en intervjuguide med forhåndsdefinerte spørsmål. Noen av fordelene med dette er at intervjuet kan administreres enkelt og raskt. Det er også enkelt å kode intervjuet. En svakhet er at det blir vanskelig å spinne videre på interessante funn som kommer opp under intervjuet. Det blir også argumentert for at det i mange tilfeller heller kunne blitt sendt ut et spørreskjema som blir som et strukturert intervju i skriftlig form.

Et ustrukturert intervju blir mer som en samtale. Det finnes ingen klar guide bortsett fra tema for hvordan samtalen eller intervjuet skal gjennomføres eller omhandle direkte. Idèen med et ustrukturert intervju er at intervjuobjektet skal føre agendaen til det de mener er viktig. Den som intervjuer skal være en god lytter og lar intervjuobjektet fortelle. Det kan være mer utfordrende å kode et ustrukturert intervju og på grunn av en stor grad av interpretasjon er det er viktig at intervjuobjektet får mulighet til å korrigere eventuelle feil interpretasjon.

Et semistrukturert intervju blander prinsippene bak strukturert og ustrukturert. Det skal være en intervjuguide med en agenda, men dette er ikke noe som skal følges slavisk slik som i et strukturert intervju.

I denne oppgavens tilfelle ble det naturlig å velge et semistrukturert intervju som utgangspunkt. Det var betryggende å kunne ha noen rammer å forholde seg til, samtidig som en kunne bevege seg inn på interessante punkter som kunne oppstå i løpet av intervjuet. Intervjuobjektet skulle være en ekspert på områdene industri 4.0 og digitalisering for SMB, som selv hadde utviklet sin modenhetsmodell.

I forkant av møtet ble det utarbeidet en agenda for intervjuet samt en intervjuguide. Et sammendrag av hva denne oppgaven prøver å besvare i tillegg til en møteagenda ble så sendt over til intervjuobjektet for å kunne forstå hvilke emner som

skulle berøres. Intervjuet ble delt opp i tre faser, der to av dem var fokusområder. Det startet med at vi forklarte våre funn så langt, og hva vi ønsket å gjøre. Deretter gikk det over til diskusjon rundt intervjuobjektets arbeid og deres bedrift, samt hvordan deres modenhetsundersøkelse ble gjennomført. Intervjuet gikk så over i å omhandle små og mellomstore bedrifters utfordringer og hva som skilte dem fra de store. Underveis ble det tatt notater av “key takeaways”. Til slutt ga vi en oppsummering av våre “key takeaways” for å forsikre oss om at våre interpretasjoner var korrekte.

Det ble også foretatt to ustrukturerte intervjuer via telefon med en ansatt i et teknisk konsulentselskap. Disse intervjuene ble tatt på et senere tidspunkt enn det semi-strukturerte intervjuet da vi hadde et førsteutkast av vår modenhetsmodell. Intervjuet var ustrukturert med den hensikt at intervjuobjektet selv skulle komme inn på emner som ble sett på som kritiske. Intervjuene knyttet seg også opp mot en spørreundersøkelse vi hadde utviklet for å vektlegge de valgte elementene og dimensjonene i vår modenhetsmodell.

3.3.1 Analyse

Etter at det første intervjuet var gjennomført ble notatene gjennomgått og ga oss flere “key takeaway”. Dette ga grunnlag for videre forskning gjennom litteratur. Vi ble pekt i flere retninger intervjuobjektet mente var viktig i utviklingen av en modenhetsmodell for små og mellomstore bedrifter. Ettersom intervjuet var semi-strukturert hendte det at vi hoppet litt mellom de forskjellige fokusområdene vi hadde valgt. Videre kategoriserte vi våre funn fra intervjuet etter hvilket fokusområde de omhandlet. Intervjuet ga oss en pekepinn på hvordan vi videre ville arbeide mot å utvikle modenhetsmodellen.

Telefonintervjuene som ble gjennomført etter førsteutkastet av modellen vår dreide seg mer om relevansen av modenhetsmodellen. Det ble listet opp diverse viktige konsepter. Disse ble notert i første telefonintervju, og gått igjennom etter endt in-

tervju. I siste telefonintervju ble disse funnene bekreftet, og at vi hadde forstått hva intervjuobjektet mente. Funnene ble deretter implementert i vår modell.

3.4 Spørreundersøkelse

Gjennom en elektronisk spørreundersøkelse vil det være muligheter for å innhente både kvalitativ og kvantitativ informasjon avhengig av hvordan undersøkelsen er utformet. En spørreundersøkelse kan ha åpne spørsmål som fort vil ligne et skriftlig strukturert intervju, eller ha lukkede spørsmål. Dette ble sett på noe som var nødvendig å gjennomføre for å bekrefte relevansen av våre funn og vår vri på en modenhetsmodell. Etter første utkast av modellen ble det sett på som hensiktsmessig at eksperter innen digitalisering og prosesseffektivisering tok en titt for å se om modellens innhold var relevant.

Den elektroniske spørreundersøkelsen ble utviklet i Google Forms og utformet i tråd med de forskjellige dimensjonene i modellen (Strategi, Mennesker og Kultur, Økonomi, Operasjoner og Produkt) og delt opp etter disse. Hver av dimensjonene inneholder elementer og det er disse som gir en total karakter for bedriften i de aktuelle dimensjonene, men noen elementer vektlegges høyere enn andre. Det var derfor viktig å få hjelp av eksperter på dette området. Respondentene ble derfor bedt om å vurdere relevansen til de forskjellige elementene i de fem dimensjonene. Dersom det var en generell konsensus for at et element i spørreundersøkelsen var irrelevant ville elementet fjernes fra modenhetsmodellen. Dersom det var en konsensus om at noen var svært relevant istedenfor relevant i spørreundersøkelsen ville det vektlegges høyere i modenhetsmodellen og telle mer enn andre elementer med lavere relevansgrad. Under hver dimensjon i spørreundersøkelsen var det også muligheter for å legge igjen en kommentar dersom respondenten mente at noe manglet eller om noe burde endres på. Elementene ble vurdert i Likert skala som gikk fra laveste grad av relevans til

høyeste grad av relevans (på en skala fra 1 til 5). Det var også et kommentarfelt helt til slutt i undersøkelsen dersom respondenten ville kommentere på modellens innhold i sin helhet.

Ettersom elementenes relevans skulle vurderes var det viktig at respondentene hadde gode kunnskaper både om det faglige rundt konseptene med industri 4.0 og kjennskap til det norske næringslivet. Det ble derfor tatt kontakt med et teknisk konsultentselskap med lang erfaring både innen digitalisering, automatisering og prosesseffektivisering.

Første utkast av spørreundersøkelsen ble gjennomgått sammen med én av respondentene via telefon for at det skulle forsikres om at spørsmålene og konteksten var forståelig. Da kom det frem at enkelte ting var uklart ble undersøkelsen forbedret og gjort klarere. Dette med ekstra forklaringer og at muligheten for å kommentere under hver dimensjon ble lagt til. Etter forbedringene ble den på nytt gjennomgått sammen med én av respondentene. Respondenten arrangerte så et Microsoft Teams-møte med sine medarbeidere som hadde mest erfaring med digitalisering, og organisatoriske kunnskaper slik at det ikke skulle være noen misforståelser på undersøkelsens innhold og mål. Etter samtaler med bedriften kom vi frem til fem respondenter som passet best til å svare på undersøkelsen. Disse fem ble valgt ut på grunn av deres ekspertise og bakgrunn, og det var ingen tilfeldigheter i hvem som skulle svare på undersøkelsen.

3.4.1 Analyse

Google Forms har egne verktøy for å analysere respondentenes svar fra en undersøkelse. I våres tilfelle ble hvert av svarene fra respondentene satt i sammenheng med hverandre for å finne gjennomsnittlig mening om relevans blant elementene fra ekspertenes side. Kommentarfeltene i undersøkelsen ble også gått igjennom, men ble ikke brukt i relevansberegningen, heller som punkter til å forklare relevansen.

3.5 Etiske vurderinger

I forhold til etiske vurderinger har vi lagt vekt på å anonymisere våre respondenter både fra intervju og spørreundersøkelsen. Funnene i oppgaven brukes på en sann måte at vi ivaretar deres anonymitet. Det ble ikke benyttet lydopptak i noen av intervjuene, men alle funn vi gjorde og skulle bruke ble oppsummert og forklart til respondentene på en slik måte at vi ville ivareta deres integritet og at de ble gjengitt korrekt.

Spørreundersøkelsens deltagere kunne heller ikke spores på noen måte. Undersøkelsen ble delt internt i bedriften gjennom en link vi hadde utstedt, uten noen form for pålogging. Vi fikk derimot en bekreftelse på hvor mange som skulle svare, og når de hadde svart av våres kontaktperson. Våres kontaktperson hadde heller ikke mulighet til å se svarene.

3.6 Validitet, reliabilitet og begrensninger

Reliabilitet referer til graden av prøvbarhet, altså om man vil oppnå samme resultat ved forskjellige anledninger. Validitet kan ha to betydninger: (1) Instrumentbasert validitet og (2) eksperimentell validitet. Instrumentbasert validitet sier noe om at man faktisk måler det man har planlagt å måle. Eksperimentell validitet består intern og ekstern validitet. En god intern validitet sier noe om at forskeren har hatt god kontroll på variablene som kan påvirke resultatet. Ekstern validitet sier noe om resultatet kan generaliseres og gjelde for en større populasjon (Thomas, 2017).

I litteraturstudiet ble det gjort enkelte tiltak for å styrke reliabiliteten. Artikkene ble nøye utvalgt og gjennomgått. De tre modellene som modellen i denne avhandlingen baserer seg på ble ikke utvalgt før vi hadde gjennomført det semi-strukturerte intervjuet. Artikkene som ble valgt ut var også relativt nye, noe som var viktig for å styrke validiteten ettersom industri 4.0 fortsatt er et konsept i utvikling.

For å styrke reliabiliteten kunne det vært flere artikler inkludert, men en begrensning her var at komplette modenhetsmodeller for SMB var en mangelvare.

Når det gjelder intervjuene styrker de oppgavens reliabilitet ved at det kun ble intervjuet eksperter på området. Intervjuobjektene og respondentene i spørreundersøkelsen består av personer med mange års erfaring innenfor prosess-effektivisering og digitalisering, både innenfor store og små bedrifter. Vi fikk også bekreftelser fra intervjuobjektene om at de var gjengitt korrekt. Måten intervjuene ble utført på som ustrukturerte og semi-strukturerte gjorde at intervjuobjektene selv fikk komme innpå hva de mente var viktig. Dette styrket validiteten opp mot norske SMB på grunn av deres personlige erfaring. Ellers kunne vi hatt flere intervjuer og intervjuer gjennomført på tradisjonell måte, ikke via telefon. En stor begrensning for dette har vært COVID-19 (koronavirus). På grunn av Koronavirus ble det satt i gang en rekke tiltak for å hindre spredning, og det ble vanskelig med reise. Det har også vært en lavere respons fra bedriftene under denne tiden. Ellers kunne vi gjort lydopptak under intervjuene for å forsikret oss om at vi fikk med alt i etterkant.

Spørreundersøkelsen ble utviklet med et stort fokus på å unngå misforståelser. Dette ble gjort gjennom forklaringer i undersøkelsen og at det ble arrangert et Microsoft Teams møte for respondentene der de ble forklart hensikten med undersøkelsen. Noe som styrker validiteten og reliabiliteten er at respondentene kun var eksperter på områdene. Ellers kunne det vært flere respondenter ettersom svarene skulle generalisere viktigheten av forskjellige elementer.

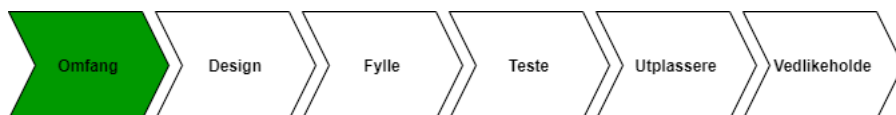
Samlet sett vil vi si at våre datakilder gir en god grad av reliabilitet og validitet, men at det finnes forbedringspotensiale. For at modellen skulle oppnådd høyere grad av reliabilitet og validitet ville det vært naturlig å teste den ut samtidig med å observere om resultatene ga et bilde av den virkelige situasjonen. Dette har imidlertid blitt begrenset både av tid og koronavirus.

Kapittel 4

Resultater

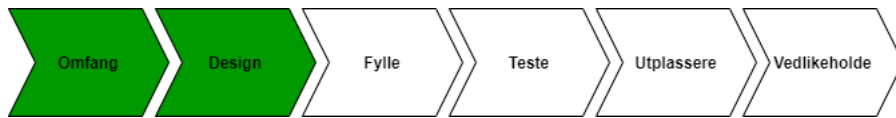
Dette kapitlet har som hensikt å gi en grundig forklaring av modenhetsmodellen, dens dimensjoner og elementer. Strukturen på kapitlet følger til viss grad rammeverket til de Bruin mfl. (2005) presentert i kapittel 3.

4.1 Omfang av modenhetsmodellen



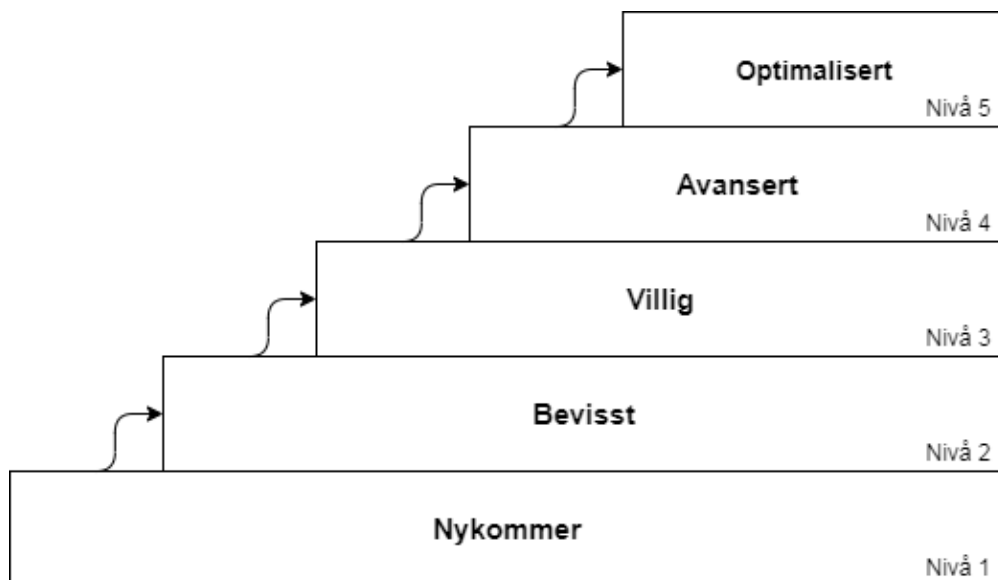
Målet for selve masteroppgaven er å utarbeide en modenhetsmodell for små og mellomstore bedrifter. Modenhetsmodellen blir dermed domenespesifikk innenfor utøvere. Mer spesifikt, utøverne er interessenter for bedriften som forstår alle prosessene som foregår i bedriften, som for eksempel daglige ledere eller ingeniører. I tillegg kan modenhetsmodellen bli brukt innen akademia i den forstand at modellen blir videre utarbeidet og testet.

4.2 Design av modenhetsmodellen



Små og mellomstore bedrifter har gjerne ikke de økonomiske ressursene til å hyre inn eksterne som gjennomfører modenhetsanalyse for dem. Dermed har det blitt valgt å utvikle modenhetsmodellen i den forstand at den fungerer som en selvevaluering gjennomført av utøverne.

Hvert enkelt evalueringspunkt i modenhetsmodellen følger en Likert-skala hvor 1 er den laveste graden og 5 er den høyeste graden. I likhet med evalueringspunktene kommer det overordnede modenhetsnivået i samme form. Med andre ord, resultatet fra modenhetsundersøkelsen viser hver enkel dimensjon og dens modenhetsnivå, hvor 1 er lavest og 5 er høyest. Det har blitt valgt å følge samme antall modenhetsnivåer som andre anerkjente modenhetsmodeller har brukt (Paulk, Curtis, Chrissis & Weber, 1993). De fem modenhetsnivåene brukt er Nykommer, Bevisst, Villig, Avansert og Optimalisert, illustrert i figur 4.1.



Figur 4.1: Modenhetsnivåer

- Nykommer - Ikke klar over industri 4.0-prinsipper og bedriften har tatt svært få grep for å transformere seg digitalt.
- Bevisst - Klar over industri 4.0 og har startet med å jobbe mot det til en viss grad.
- Villig - Har eksperimentert med industri 4.0-teknologier og prinsipper.
- Avansert - Har hatt prosjekter med industri 4.0 teknologier.
- Optimalisert - Bruker industri 4.0-teknologier aktivt i flere aspekter.

Dersom en bedrift havner i den laveste graden i modenhetsmodellen, **Nykommer**, betyr det flere ting. Bedriften har kanskje ikke gjort seg godt bekjent innenfor industri 4.0-prinsipper eller digital transformasjon, men bedriften har observert endringer og nye teknologiske utviklinger innenfor industrien.

Bedriften vil oppnå nivå 2, **Bevisst**, dersom industri 4.0-prinsipper er bekjent og en digital transformering har blitt planlagt og implementeres innenfor et begrenset antall områder av bedriften. Innenfor dette nivået er det mulig at ledelsen har sett på og vurdert mulige endringer i bedriften, men det er mangel på endringsvilje. Det kan hende at bedriften har enkelte maskiner som styres av IT-systemer, men tilpassingsevnen til majoriteten av maskinene er lav. Kjennetegnene for bedrifter innenfor Nivå 2 vil altså være at de er bevisst over industri 4.0 og digitale verktøy som kan bli brukt, og det er et stort forbedringspotensial.

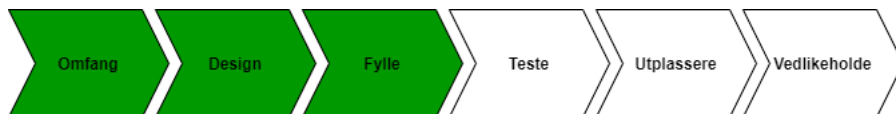
Nivå 3 i modenhetsmodellen **Villig** beskriver en bedrift som allerede har startet implementasjoner i en tidlig fase knyttet til industri 4.0 spesielt innen de organisatoriske dimensjonene. Det er påbegynt arbeid med industri 4.0 strategier, lean prinsipper og hvordan vende forretningsmodellen i retning industri 4.0. Det finnes i noen grad en endringsvilje blant ledelse og ansatte. Kunnskapsforbedering fokuseres på i noen grad, samtidig som at det eksiterer kompetanse rundt industri 4.0-konsepter. Det finnes i

noen grad investeringsvilje, og investeringsmulighet i bedriften. I de operasjonelle dimensjonene benyttes innsamlede data fra produksjon og kunder i noen grad, og en større andel av maskinparken og operasjoner styres gjennom IT-systemer.

Nivå 4, **Avansert**, beskriver en bedrift som har implementert suksessfulle strategier og endringer rettet mot industri 4.0. Det kan for eksempel være et høyt fokus på kompetanseforbedring i form av kurs og workshops. Produktutviklingen er digitalisert og produksjonen blir kontrollert av IT-systemer. Dersom en bedrift havner i Nivå 4 innenfor Operasjoner-dimensjonen, så viser det til en høy grad av anvendelse av digitale verktøy for å utføre planlegging, reparasjon og vedlikehold og datainnsamling.

Det siste nivået, **Optimalisert**, er oppnådd av bedrifter som aktivt jobber med digital transformasjon og industri 4.0-prinsipper. Nivået beskriver en bedrift som har implementert sin industri 4.0 strategi og aktivt overvåker implementasjonsstatus. Det finnes en høy grad av endringsvilje både for ansatte og ledelse som er godt dokumentert gjennom tidligere endringer. Det er gjennomført betydelige investeringer, og strategier for gevinstrealisering. IT-systemer kommuniserer med hverandre og det er en høy grad av en autonom produksjonsprosess. Kundedata og produksjonsdata innsamles kontinuerlig og brukes aktivt knyttet til forbedringer av prosesser, operasjoner og økt kunde verdi. Kunnskapsnivået innad i bedriften er høyt, og bedriften står sterkt med tanke på videre implementasjoner.

4.3 Fylle modenhetsmodellen



Ut ifra litteraturstudie og den komparative analysen utført av tre ulike modeller har det blitt utformet fem forskjellige dimensjoner. Tabell 4.1 viser til samtlige dimensjoner i modenhetsmodellen og en kort beskrivelse av hvilke områder dimen-

sjonen skal dekke. Modenhetsmodellen sine dimensjoner fungerer som en slags gruppering for deres tilhørende elementer. Dimensjonene er tverrfaglige og sammen skal de dekke hovedprinsippene innenfor industri 4.0 for å kartlegge nå-situasjonen i små og mellomstore bedrifter. Videre i dette underkapittelet kommer det beskrivelser av elementene til samtlige dimensjoner som vist i tabell 4.2-4.6.

Tabell 4.1: Dimensjoner til modenhetsmodellen

Dimensjon	Beskrivelse
Strategi	Dimensjonen evaluerer bedriftens implementering av strategier rettet mot digitalisering, oppfølging av implementeringer, hvordan digitale verktøy støtter opp beslutningstaking, kunnskapsledelse, bedriftens implementering av lean produksjon og fokuset på bærekraftig utvikling.
Mennesker og kultur	Dimensjonen evaluerer endringsviljen til de ansatte og ledelsen, hvordan opplæring av de ansatte foregår, kulturen for åpen innovasjon og kompetansen til de ansatte i forhold til industri 4.0 prinsipper.
Økonomi	Dimensjonen evaluerer hvordan bedriften tar i bruk digitale verktøy for å blant annet utføre budsjettering og investering, og forståelsen av gevinster i forhold til digital transformering.
Operasjoner	Dimensjonen evaluerer bedriftens kvalitetsledelse, planlegging av vedlikehold og produksjon, produksjonsprosess og IT-sikkerhet.
Produkt	Dimensjonen evaluerer bedriftens produkter i forhold til digitalisering, produktutvikling, logistikk og kundeforhold for å oppnå skreddersydde produkter.

Tabell 4.2 viser til elementene i Strategi-dimensjonen i modenhetsmodellen. Dimensjonen består av fem elementer som hovedsakelig dekker det organisatoriske aspektet i forhold til industri 4.0. Det overordnede målet med dimensjonen er å kartlegge bedriften sin nå-situasjon i forhold til hvilke tiltak som har blitt gjort innenfor innføring av strategier og lean prinsipper, beslutningsstøtte, kunnskapsledelse, og bærekraftig utvikling.

Tabell 4.2: Strategi-dimensjonen

Elementer	Beskrivelse
Strategi-implementering	Elementet skal gjøre rede for bedriften sine mål, visjoner og hvordan de skal realiseres. I tillegg skal dette elementet se på bruk av indikatorer for å måle implementasjonsstatus av strategiene. Til slutt ser dette elementet på forretningsmodeller til bedriften.
Beslutningsstøtte	Elementet skal se på hvordan digitale verktøy blir brukt til å blant annet forbedre beslutningstaking i bedriften.
Kunnskapsledelse	Elementet skal se på hvordan kunnskapen i bedriften blir håndtert.
Lean produksjon	Elementet skal se på hvordan prinsipper fra lean produksjon spiller inn i bedriftens strategi.
Bærekraftig utvikling	Elementet skal se på om bedriften er kjent med retningslinjer for bærekraftig utvikling og sirkulær økonomi.

Tabell 4.3 viser til elementene i Mennesker og kultur-dimensjonen. Det blir i hovedsak sett på menneskene innad i bedriften og deres kompetanse, endringvilje og utdanning, men også mennesker utad i bedriften som de samarbeider med.

Tabell 4.3: Mennesker og kultur-dimensjonen

Elementer	Beskrivelse
Endringsvilje	Elementet skal se på hvor villig de ansatte og ledelsen er til endringer i bedriften som for eksempel introduksjonen av en ny teknologi.
Opplæring og utdanning	Elementet skal se om bedriften har satt inn tiltak for å heve kompetansenivået innad i bedriften.
Kultur for åpen innovasjon	Elementet skal se om bedriften har en kultur for kunnskapsdeling innad i bedriften og i tillegg se på om bedriften har åpen innovasjon med samarbeidspartnere.
Kompetanse	Elementet skal gjøre rede for hva slags kompetanse de ansatte i bedriften sitter med nå i forhold til prinsipper innenfor industri 4.0.

Tabell 4.4 viser til de økonomiske elementene. I tillegg til å se på hvordan digitale verktøy blir brukt for å forbedre og effektivisere økonomiske oppgaver, så blir det også sett på hvor mye økonomiske ressurser som blir bevilget til industri 4.0 og hvor villig bedriften er til å investere i industri 4.0 teknologier.

Tabell 4.4: Økonomi-dimensjon

Elementer	Beskrivelse
Budsjettering	Elementet skal se på hvordan bedriften tar i bruk digitale verktøy for å utføre budsjetteringsoppgaver og om bedriftens budsjettering er i tråd med forventningene til industri 4.0

(Fortsettelse på neste side)

Tabell 4.4: (Fortsettelse)

Elementer	Beskrivelse
Investeringer	Elementet skal se på hvordan bedriften tar i bruk digitale verktøy for å utføre investeringer og om bedriftens investeringer er rettet mot industri 4.0 teknologier og prinsipper. I tillegg blir det sett på bedriftens investeringsvilje og investeringsmuligheter.
Forståelse av gevinster	Elementet skal gjøre rede for bedriftens forståelse av potensielle gevinster ved å transformere seg digitalt. I tillegg blir det sett på om bedriften har en form for gevinstoppfølging.

Tabell 4.5 viser til elementene i Operasjoner-dimensjonen. Elementene dekker diverse operasjoner innad i bedriften som kvalitetsledelse, planlegging av reparasjon og produksjon, produksjonsprosesser og IT-sikkerhet.

Tabell 4.5: Operasjoner-dimensjonen

Elementer	Beskrivelse
Kvalitetsledelse	Elementet skal se på hvordan bedriften fokuserer på kvalitetsledelse innenfor produksjonen og om det blir anvendt noe form for digitale verktøy for å forbedre kvalitetsledelsen.
Reparasjon og vedlikehold	Elementet skal se på om bedriften samler inn data og anvender dataanalyseverktøy for å utforme planer for vedlikehold og fokuset på predikativt vedlikehold.
Planlegging	Elementet skal se på bedriften sin måte å planlegge produksjonen på.
Produksjonsprosess	Elementet skal se på hvor digitalisert produksjonsprosessen til bedriften er.

(Fortsettelse på neste side)

Tabell 4.5: (Fortsettelse)

Elementer	Beskrivelse
IT-sikkerhet	Elementet skal se på hvor mye fokus bedriften har på IT-sikkerhet slik at sensitiv informasjon ikke skal komme på avveie.

Tabell 4.6 viser til elementene i Produkt-dimensjonen. Elementene dekker hovedsakelig det tekniske aspektet ved å se på hvordan digitale verktøy kan bli brukt innenfor produkter, produktutvikling og logistikk. Tilbakemeldinger fra kunder for å oppnå bedre et bedre produkt blir også evaluert innenfor denne dimensjonen, og kan bli sett på som et kontekstuellt aspekt.

Tabell 4.6: Produkt-dimensjonen

Elementer	Beskrivelse
Digitalisering av produkter	Elementet skal se om bedriften tar i bruk teknologi i sine produkter som eventuelt kan åpne for blant annet diversifisering.
Produktutvikling	Elementet skal se på bedriften sin anvendelse av digitale verktøy for å utvikle nye produkter.
Kundeorientert	Elementet skal se på om bedriften tar i bruk digitale verktøy for å samle inn kundedata for å videre forbedre produktene sine og ende opp med skredersydde produkter.
Logistikk	Elementet skal se på bedriften sin anvendelse av digitale verktøy for å kontrollere og forbedre logistikken sin.

4.3.1 Utvikling av spørreskjema til modenhetsmodellen

Spørreskjemaet til modenhetsmodellen skal samle inn data fra bedriften og basert på dataen vil modenhetsnivåene bli beregnet. Spørsmålene er direkte relatert til elementene og hvert element inneholder ett eller flere spørsmål. Et utdrag fra spørreskjemaet (se appendiks B for det fullstendige spørreskjemaet) er vist i figur 4.2. Dette spørsmålet tilhører elementet “Opplæring og utdanning” innenfor Mennesker og kultur-dimensjonen. Det blir gitt en kort beskrivelse av spørsmålet og for hvert spørsmål skal bedriften evaluere seg selv på en skala fra 1 til 5 (fra laveste grad til høyeste grad). Det blir gitt eksempler på hva som kreves for å oppnå de forskjellige gradene (fra laveste til høyeste grad).

I hvilken grad er forbedring av de ansattes industri 4.0-kompetanse i fokus?

Når ny teknologi introduseres i bedriften kreves det også nye kunnskaper blant de ansatte. I industri 4.0-sammenheng kan alle de nye teknologiene, prinsippene og endringene som introduseres medføre kunnskapshull blant de ansatte. Industri 4.0 er et konsept under utvikling, og krever derfor oppdaterte arbeidstakere og ledere. Opplæring og kursing er derfor en måte å forsikre seg om dette.

Laveste grad - Ingen fokus på kompetanseforbedring

Lav grad - Noe, men manglende fokus på kompetanseforbedring. Ingen rutiner eller strategi for kompetanseforbedring

Middels grad - En viss grad av fokus på kompetanseforbedring i relevante industri 4.0 prinsipper. Bedriften oppfordrer til kompetanseforbedring, men lav deltagelse i kursing.

Høy grad - Fokus på kompetanseforbedring, men manglende rutiner for forbedringen.

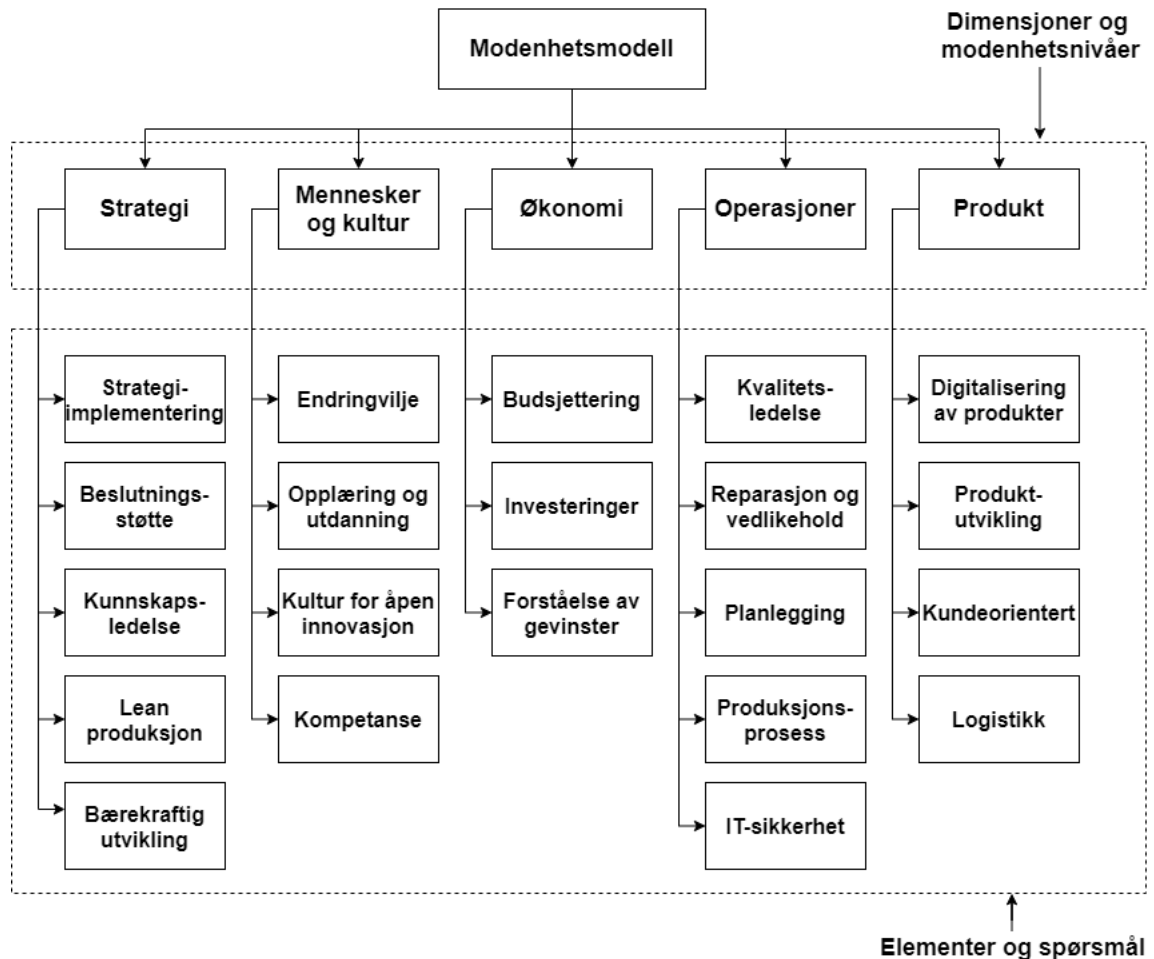
Høyeste grad - Stort fokus på opplæring og kursing innenfor relevante industri 4.0 prinsipper. Bedriften har rutiner på forbedring av kompetanse de ansatte og ledelsen og deltar ofte på workshops, kurs og seminarer.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

Figur 4.2: Utdrag fra modenhetsundersøkelse

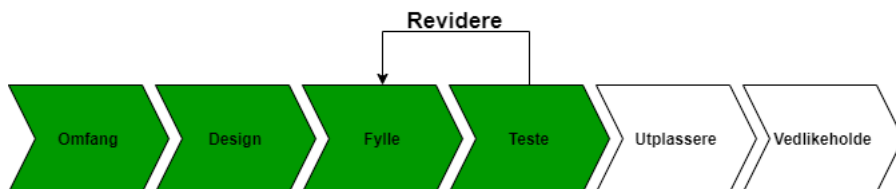
4.4 Sammendrag av modenhetsmodellen

Modenhetsmodellen er bestående av fem dimensjoner og 21 elementer. Hvert element består av ett eller flere spørsmål. Dataen fra spørreskjemaet blir brukt til utregning av modenhetsnivåer, og det er mulig å oppnå 5 forskjellige modenhetsnivåer. Strukturen til hele modenhetsmodellen er vist i figur 4.3.



Figur 4.3: Modenhetsmodelloversikt

4.5 Evaluering av modenhetsmodell



Målet for evalueringen av modenhetsmodellen er å finne ut av relevansen til elementene som ble utviklet ved utførelse av litteraturstudie og en komparativ analyse av tre ulike modenhetsmodeller. Fra deres flere års erfaring innenfor digitalisering, så ga fem eksperter sine vurderinger av relevans på modenhetsmodellen sine tilhørende elementer. Et utdrag fra spørreundersøkelsen er vist i figur 4.4. Den fullstendige spørreundersøkelsen og dens resultater er å finne i appendiks A.

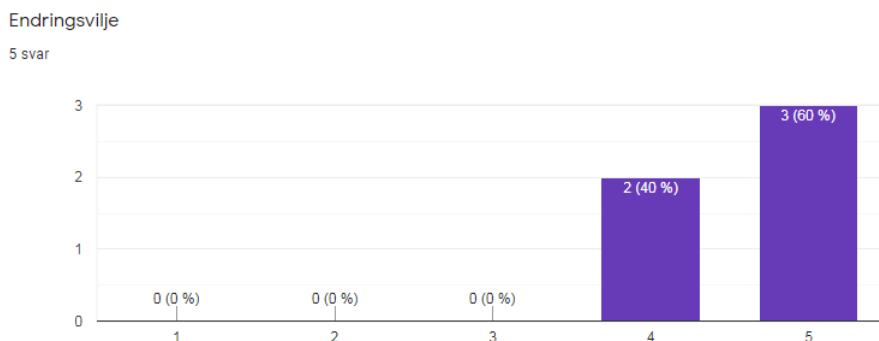
Endringsvilje *

Dette elementet er tatt med for å se hvor villig de ansatte og ledelsen er til endringer i bedriften som for eksempel introduksjonen av en ny teknologi. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er de ansatte åpne for endring?" og "I hvilken grad er ledelsen motivert til å gjennomføre endringer?"



Figur 4.4: Evalueringsspørsmål

Figur 4.5 viser resultatet til graden av relevans for elementet "Endringsvilje" hvor 60% svarte 5 (høyeste grad) og 40% svarte 4 (nest høyeste grad).



Figur 4.5: Evalueringsresultat

Resultatene fra evalueringen ble brukt til å utvikle en vektleggingsfaktor, kalt for v , for hvert element vist i tabell 4.7. Vektleggingsfaktoren er konstruert ved å summere resultatene for hvert element og dividere det med det maksimale oppnåelige resultatet et element kan ha (som i dette tilfellet er 25 på grunn av 5 deltakere og 5 er høyeste grad av relevans). For eksempel, konstruksjonen av vektleggingsfaktoren til elementet “Endringsvilje” blir gjort som følgende:

$$v_{Endringsvilje} = \frac{5 + 5 + 4 + 5 + 4}{25}$$

$$v_{Endringsvilje} = 0,92$$

Gjennomsnittsrelevansen for hver dimensjon ble 4 eller mer av totalt 5. Sammenlagt ble gjennomsnittsrelevansen for hele modenhetsmodellen 4,2 av totalt 5. De to elementene med lavest grad av relevans er “Bærekraftig utvikling” og “Budsjettering” med en v på 0,72 mens det elementet med høyest grad av relevans, “Lean produksjon”, har en v på 0,96. Ut fra denne evalueringen og utviklingen av vektleggingsfaktorene blir modenheten til dimensjonene beregnet som følgende:

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^n M_{D,i} * v_{D,i}}{\sum_{i=1}^n v_{D,i}}$$

M_D : Modenhetstallet til dimensjonen D

i : Spørsmål

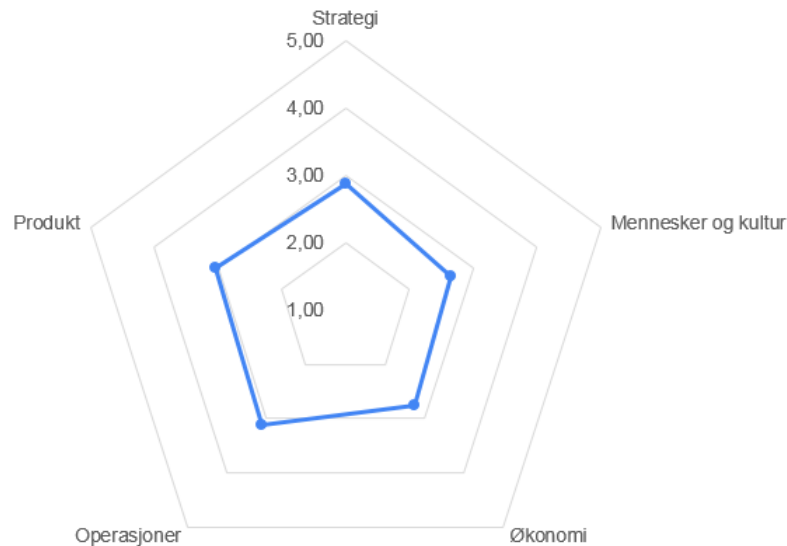
n : Antall spørsmål

v : Vektleggingsfaktoren til elementet hvor i befinner seg

Tabell 4.7: Vektleggingstall for elementene

Element	<i>v</i>
Bærekraftig utvikling	0,72
Implementering av strategier	0,84
Lean produksjon	0,96
Kunnskapsledelse	0,88
Beslutningsstøtte	0,88
Endringsvilje	0,92
Opplæring og utdanning	0,88
Kultur for åpen innovasjon	0,8
Kompetanse	0,76
Budsjettering	0,72
Investeringer	0,76
Forståelse av gevinster	0,92
Kvalitetsledelse	0,88
Reparasjon og vedlikehold	0,84
Planlegging	0,8
Produksjonsprosess	0,88
IT-sikkerhet	0,88
Tilbakemeldinger fra kunder	0,88
Digitalisering av produkter	0,76
Produktutvikling	0,8
Logistikk	0,92

Etter en fullført modenhetsanalyse vil bedriften få presentert et radardiagram, vist i figur 4.6, som illustrerer modenheten deres på de fem dimensjonene “Strategi”, “Mennesker og kultur”, “Økonomi”, “Operasjoner” og “Produkt”.



Figur 4.6: Modenhetsresultat

Som sett i figur 4.6 er modenhetsnivået til dimensjonen “Mennesker og kultur” på nivå 2, Bevisst. Det vil nå komme en forklaring på utregningen til denne dimensjonen sitt modenhetsnivå. Dimensjonen består av totalt fire elementer: Endringsvilje, Opplæring og utdanning, Kultur for åpen innovasjon og Kompetanse. Innenfor hvert element blir det stilt ett eller flere spørsmål til bedriften som skal vurdere seg selv på en skala fra 1 til 5. Totalt er det seks spørsmål som blir stilt i denne dimensjonen. Tabell 4.8 viser de seks spørsmålene og de tilhørende elementene. Evalueringsresultatene fra modenhetsundersøkelsen er også vist i tabell 4.8.

Tabell 4.8: Mennesker og kultur utregninger

Tilhørende element	Spørsmålsindeks	Evaluerings- resultat
Endringsvilje		
	Spørsmål 1	2
	Spørsmål 2	3
Opplæring og utdanning		
	Spørsmål 3	2
Kultur for åpen innovasjon		
	Spørsmål 4	4
Kompetanse		
	Spørsmål 5	2
	Spørsmål 6	3

Etter å ha mottatt evalueringsresultatene kan de videre bli brukt i formelen introdusert tidligere i dette kapittelet. Modenhetsnivåberegningen for denne dimensjonen, basert på evalueringsresultatene fra tabell 4.8 og vektleggingene fra tabell 4.7 for elementene blir som følgende:

$$M_{Menneskerogkultur} = \frac{2 * 0,92 + 3 * 0,92 + 2 * 0,88 + 4 * 0,8 + 2 * 0,76 + 3 * 0,76}{0,92 + 0,92 + 0,88 + 0,8 + 0,76 + 0,76}$$

$$M_{Menneskerogkultur} = 2,65$$

Tabell 4.9 viser kartleggingen av modenhetstallet, M_D , i sammenheng med modenhetsnivåene. Dermed blir Mennesker og kultur-dimensjonen kartlagt i nivået Bevisst i dette eksemplet.

Tabell 4.9: Modenhetsnivåbestemmelser

Modenhetsnivå	Modenhetstall
Nivå 1 - Nykommer	$1.00 \leq M_D < 2.00$
Nivå 2 - Bevisst	$2.00 \leq M_D < 3.00$
Nivå 3 - Villig	$3.00 \leq M_D < 4.00$
Nivå 4 - Avansert	$4.00 \leq M_D < 5.00$
Nivå 5 - Optimalisert	$M_D = 5.00$

Kapittel 5

Diskusjon

Dette kapitlet vil diskutere modenhetsmodellen som har blitt utviklet og enkeltvis gå gjennom de ulike dimensjonene som har blitt tatt med i modenhetsmodellen og diskutere de basert på funnene gjort i litteraturstudie, intervju og spørreundersøkelse.

5.1 Generelt om modenhetsmodellen

Det kan argumenteres for at forskning innen industri 4.0 for små og mellomstore bedrifter er snever og det er en mangel på modeller for SMB. Det vises både i litteraturen (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018) og i litteraturstudiet som ble utført i denne avhandlingen, vist i kapittel 3.2, hvor kun 28 publikasjoner ble identifisert som omhandlet modenhetsmodeller for SMB innenfor industri 4.0. For de eksisterende modenhetsmodellene ment for SMB har det blitt identifisert mangler (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018). Denne avhandlingen bidrar til å tette dette kunnskapshullet ved å utvikle en modenhetsmodell ut i fra et SMB-perspektiv.

5.2 Dimensjoner og elementer

5.2.1 Strategi-dimensjonen

Industri 4.0 og introduksjonen av tusen muliggjørende teknologier fører til usikkerhet blant bedriftene. Det er da viktig at det eksisterer og jobbes aktivt med forretningsmodeller, initiativer og strategier som kan hjelpe bedriften å ta i bruk fremtidige teknologiske utviklinger (Ghobakhloo & Fathi, 2019). I tillegg vil utvikling av strategier rettet mot industri 4.0 være til hjelp for små og mellomstore bedrifter i den forstand at de ikke ligger for langt bak tidligere brukere av de nyeste teknologiske utviklingene (Mittal, Khan, Romero & Wuest, 2018). Den fjerde industrielle revolusjon tilbyr mangfoldige muligheter for bedrifter, men det kreves endringer i strategier (Chiarini mfl., 2020). Allikevel er det vist at karakteristikkene for små og mellomstore bedrifter er blant annet kortsiktige strategier som ikke er svært omfattende (Moeuf mfl., 2019). Dimensjonen “Strategi” går igjen i alle de tre modellene som ble brukt i den komparative analysen noe som gjenspeiler viktigheten omkring dette området og sammenhengen med industri 4.0.

Mittal, Khan, Romero og Wuest (2018) forklarer at SMB har god nytte av å fordele beslutningstakingen mellom flere av de ansatte ettersom de sitter med forskjellig kompetanse og ikke la ledelsen ta alle beslutninger basert på instinkt og begrensede markedsundersøkelser. Ut ifra svarene fra spørreundersøkelsen og telefonmøte kom det frem at innsamlede data rundt produksjon og marked kunne gi gode grunnlag for beslutningsstøtte. En maskin eller et program mangler sanser som empati og vil derfor ikke selv kunne gjøre beslutninger, men fungere som beslutningsstøtte. Gode informasjonssystemer innad i bedriften sammen med en god kultur for kunnskapsdeling vil være viktig for å ta de beste beslutningene. Beslutninger innenfor investeringer vil også være kritiske for SMB ettersom bedriftene ikke har de samme tilgjengelige ressursene som større selskaper og har mer og tape.

Ut av de 21 elementene som modenhetsmodellen består av ble “Lean produksjon” det høyeste vektlagte elementet, som var et resultat av spørreundersøkelsen. Dette elementet er ikke å finne i de tre modenhetsmodellene (Modell 1 (Schumacher mfl., 2016); Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a); Modell 3 (Häberer mfl., 2017)) som ble brukt i den komparative analysen vist i kapittel 2.3.2. En kritisk suksessfaktor for bedrifter som jobber mot å bli en industri 4.0-bedrift er å fokusere på kontinuerlig forbedring (Moeuf mfl., 2019) og det har blitt vist i litteraturen at integrasjonen av digitale verktøy og leanfilosofien kan føre til bedre utførelse av operasjoner (Ghobakhloo & Fathi, 2019). I tillegg ble det nevnt i ett av intervjuene som ble holdt at innføring av leanprinsipper i en bedrift ga svært gode resultater. Av de 28 publikasjonene som ble identifisert gjennom litteraturstudiet, vist i 3.2, hadde ingen av dem søkeordet “lean” i abstrakten/nøkkelord/tittel. Det tyder på et begrenset fokus omkring leanprinsippene i forhold til industri 4.0 og SMB. Av de andre 90 publikasjonene, vist i 3.2 ble det identifisert 15 publikasjoner som inneholdt søkeordet “lean” i abstrakten/nøkkelord/tittel. Tortorella, Giglio og van Dun (2019) nevner blant annet på grunn av de forskjellige karakteristikene lean og industri 4.0 har, så er det usikkerhet omkring gevinster av å implementere begge konseptene i bedriften. De konkluderer senere med at leanpraksisene vil til slutt ha en positiv effekt på bedriftens tankesett og vaner når det kommer til systematisk prosessforbedringer. Kolla, Minufekr og Plapper (2019) nevner at modenhetsmodellene for SMB kun fokuserer på enten lean eller industri 4.0, og det finnes ikke en hybrid modell som inneholder prinsipper fra både lean og industri 4.0.

Mittal forklarer i sin modell (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) om viktigheten for en SMB å forstå prinsippene som gjelder rundt statelige insentiver i forhold til bærekraftig utvikling. I Norge vil det kunne være aktuelt for en SMB å søke støtte fra for eksempel organisasjonen Enova for å gjøre klimavennlige tiltak. Sirkulær økonomi er også et begrep som står sentralt i å drive en bærekraftig produksjonsbedrift. Det

bærekraftige elementet i strategidimensjonen svarer til en lavere grad av relevans i spørreundersøkelsen grunnet at det kan være veldig situasjonsbetinget, og ikke relevant i for alle SMB produksjonsbedrifter. Det vil nødvendigvis ikke si så mye om hvor moden en bedrift er satt i sammen med industri 4.0, men viktig at bedriften er klar over at det finnes insentiver for å være miljøvennlige samt mulighetene for sirkulær økonomi og at det kan gagne bedriften.

5.2.2 Mennesker og kultur-dimensjonen

Ved å følge Digital21 sin definisjon av digitalisering, nevnt i kapittel 2.1.1, blir mennesker og kultur en naturlig del å ta med innenfor modenhetsanalyse. Implementering av muliggjørende teknologier i en bedrift krever blant annet endringsvilje, kompetanse og opplæring. Å være en del av en digital transformasjon krever åpenhet for endring. I små og mellomstore bedrifter er det typisk at lederen er aktivt involvert i bedriften blant resten av de ansatte, og det er lederen sin endringsvilje som kan være en av hovedfaktorene for en suksessfull digital transformasjon av bedriften (Ghobakhloo & Fathi, 2019; Moeuf mfl., 2019). Kompetanse innenfor industri 4.0-konsepter kan føre til bedre utnyttelse av verktøyene som blir tatt i bruk. Små og mellomstore bedrifter sliter allikevel med kunnskapshull, som nevnt under intervju og i litteraturen (Ghobakhloo & Fathi, 2019; Moeuf mfl., 2019) Mangel på ekspertise kan føre til svake industri 4.0 visjoner og strategier (Schumacher mfl., 2016). Opplæring av de ansatte innen industri 4.0 konsepter som er en del av bedriftens strategi blir sett på som et viktig punkt. Opplæring fører til en bedre forståelse av konseptene og videre en bedre utnyttelse av teknologiene som blir tatt i bruk (Moeuf mfl., 2019). Å transformere bedriften digitalt kan ha innvirkning på hele verdikjeden. En kultur for kunnskapsdeling og åpen innovasjon innad og utad av bedriften blir derfor sett på som svært hensiktsmessig slik at den digitale transformasjonen av bedriften skal være suksessfull (Moeuf mfl., 2019; Prause, 2019).

5.2.3 Økonomi-dimensjonen

Økonomi-dimensjonen i modenhetsmodellen ble inspirert av Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a). Hovedargumentet for å ta denne dimensjonen med er SMB sin begrensning til økonomiske ressurser. Å effektivisere oppgaver som budsjettering og investeringer ved bruk av data og digitale verktøy kan føre til forbedring av bedriften sine industri 4.0-prosjekter. I tillegg ble det nevnt i spørreundersøkelsen (se Appendiks A) at denne dimensjonen sier mye om bedriftens vilje og strategien bak tilnærmingen deres med hensyn på digital transformasjon. Det kom også tilbakemeldinger om at uthenting av gevinster var svært relevant ettersom at SMB ofte har svært begrensede ressurser og er avhengige av å hente gevinster etter investering. Videre ble det nevnt at dette faller ofte bort og det er dårlig oppfølging av gevinstene på grunn av for eksempel mangel på KPIer. Det vises også i litteraturen hvor blant annet Esteves og Dwivedi (2009) nevner at SMB ikke er bevisste på gevinstene implementerte IT-systemer i bedriften kan ha. Vektleggingen til elementene i denne dimensjonen varierer i noen grad hvor Budsjettering ble vektlagt 0,72 (den laveste vektleggingen sammen med Bærekraftig utvikling i Strategi-dimensjonen) og Forståelse av gevinster ble vektlagt 0,92 (nest høyeste vektlegging). Variasjonen i graden av relevans innenfor denne dimensjonen tyder på at det kreves mer arbeid blant elementene, hovedsakelig Budsjettering og Investeringer.

5.2.4 Operasjoner-dimensjonen

Noe av kjernen til industri 4.0, og som ofte representerer industri 4.0, er å anvende digitale verktøy i hele produksjonen til bedriften. Denne dimensjonen dekker flere områder som er viktig for at en bedrift skal lykkes med sin digitale transformasjon, som nevnt av én av ekspertene fra spørreundersøkelsen (se Appendiks A). Flere av de muliggjørende teknologiene som for eksempel tingenes internett, stordata og cyberfysiske systemer blir anvendt innenfor denne dimensjonen. Samtlige modeller fra den

komparative analysen, vist i kapittel 2.3.2, dekker noen av områdene som har med produksjon å gjøre. Noen av elementene som ofte blir tatt med i en slik dimensjon er for eksempel reparasjon og vedlikehold, kvalitetsledelse og planlegging. IT-sikkerhet har blitt identifisert som en mangel blant de tre modellene vist i kapittel 2.3.2 og på bakgrunn av Digital21 sitt fokus på området har dette elementet blitt tatt med i modenhetsmodellen i denne avhandlingen. I tillegg blir IT-sikkerhet omtalt av noen som én av grunnpilarene til industri 4.0 (Wagire, Joshi, Rathore & Jain, 2020). NorSIS (2019) nevner i sin årlige rapport at SMB-markedet er ekstra sårbart for dataangrep på grunn av kompetanse- og ressursmangel. Videre nevner de at spesielt innenfor SMB-markedet er det mangel på rutiner for datasikkerhet som for eksempel ikke bruk av totrinnsbekreftelse eller adgangskontroll for dataauthenting blant de ansatte.

5.2.5 Produkt-dimensjonen

I likhet med Operasjoner-dimensjonen, så er det flere muliggjørende teknologier som kan anvendes innenfor områdene som har med produkter å gjøre. I tillegg er dette en dimensjon som ofte dukker opp i modenhetsmodeller (De Carolis, Macchi, Negri & Terzi, 2017; Hamidi, Aziz, Shuhidan, Aziz & Mokhsin, 2018; Wagire mfl., 2020) og artikler som omhandler industri 4.0. Digital21 (2018b) nevner blant annet visualisering ved bruk av “augmented reality/virtual reality”, Anderl mfl. (2015) nevner datainnhenting ved bruk av sensorer på produktene, internettilkobling til produktene, Yin mfl. (2018) nevner 3D-printing for prototyper av produkter og datautveksling mellom produkter og brukere. Innenfor Produkt-dimensjonen ble Logistikk vektlagt høyest. Elementet blir også brukt i Modell 2 (Mittal, Romero & Wuest, 2018a) og Modell 3 (Häberer mfl., 2017) fra den komparative analysen. Det har i tillegg blitt utviklet en egen modenhetsmodell som kun fokuserer seg på logistikk og industri 4.0 (Werner-Lewandowska & Kosacka-Olejniak, 2019). Stordata innenfor logistikk kan være med på å effektivisere håndtering av volatilitet i etterspørsel og kostnadssvingninger, i

tillegg kan tingenes internett brukes til å få tak i sanntidsdata av fysiske objekter for å automatisere flyten av logistikken. De muliggjørende teknologiene byr på klare forbedringer innenfor logistikkområdet.

5.3 Utforming av modenhetsmodell

Små og mellomstore bedrifter har ofte svært begrensede ressurser. Dette faktumet gjør at man generelt sett kan si at det vil være vanskelig for en SMB å gjennomføre en evaluering av deres digitale modenhet ved bruk av eksterne bedrifter. Det å leie inn en konsulent kan være kostbart. I masteroppgaven Dybing og Jarle (2019) kommer det frem at mangelen på tilgjengelige modenhetsmodeller vises å være et relevant problem for norske SMB. Under det semi-strukturerte intervjuet med bedriften som hadde utviklet sin egen modenhetsmodell kom det frem at de hadde forsøkt å bruke egenvurdering for bedriftene, men at deres svar ofte ga et feil bilde av hvordan bedriften lå an. Dette ble forklart med at det var en kunnskapsmangel på emnet som gjorde det vanskelig for respondentene å besvare spørsmålene. Denne bedriften hadde derfor gått bort fra egenvurdering og erstattet det med intervjurunder.

Ettersom innleid konsulentarbeid kan være dyrt i tillegg til at utgangspunktet for oppgaven var bedrifter som selv ønsket å finne ut av sin nåsituasjon og hvordan de lå an i forhold til industri 4.0 valgte vi på tross av intervjufunnet om kunnskapsmangel som en utfordring å utvikle en modenhetsmodell som gjør sin undersøkelse via selvevaluering. Vi har imidlertid prøvd å takle kunnskapsmangelen ved å ha mye forklaringer rundt elementene som forklares i undersøkelsen, med dette mener vi at vi både forklarer hva elementet dreier seg om, samt hva som definerer hvert enkelt modenhetsnivå i undersøkelsen. Målet er at noen som kanskje ikke kjenner igjen begrepene skal forstå hva som menes med dem. I enkelte modeller som ble undersøkt er det lite forklaring på modenhetsundersøkelsene som fort gjør at det vil være vanskelig

å besvare spørsmålene uten å ha gode forkunnskaper om konseptene og elementene assosiert med industri 4.0. Det var også modenhetsundersøkelser som fulgte samme prinsipp som oss med nivå 1-5 fra lav til høy modningsgrad, men svaralternativene ga ingen forklaring. Dette gjør at svaralternativene bedriften velger baserer seg mye på magefølelse. Dermed kan det medføre at svarene til bedriften viker fra den reelle situasjonen, og blir lite behjelpelig med tanke på videre arbeid for å øke modenhetsgraden.

Med disse forklaringene på hvert element i modenhetsundersøkelsen mener vi at det vil være enklere for bedriften å få kartlagt en mer reell nå-situasjon, samt at nivåenes forklaring kan gi en pekepinn på hva som burde implementeres som neste steg for at bedriften skal øke sin modenhetsgrad. I arbeidet til Mittal, Khan, Romero og Wuest (2018) kommer det frem at modenhetsnivåene i eksisterende modeller ofte gjør et brått “hopp” fra laveste modenhet, nivå 0 til nivå 1. På grunn av situasjonen til de SMB havner de gjerne i nivå 0. Dette har vi prøvd å løse ved at Laveste nivå gjerne dreier seg om at bedriften ikke kjenner til et konsept, og at neste blir at bedriften kjenner til det eller har forsøkt seg på det på noen måte. Dette gjør at gapet mellom nivåene ikke går fra ingen kjennskap til implementasjon, men at de 2 laveste nivåene gjerne går mer på kjennskap. Dette er begrunnet med at en modell også gjerne skal ha en motiverende effekt.

Som påpekt i kapittel 2.3 var en kritikkene rettet mot modenhetsmodeller at de gjerne kun fokuserte på hva som definerte modenheten ut ifra stegvise forskjeller i nivåene. At det ikke ble lagt nok fokus på elementene som katalyserte prosessen om å stige i modenhetsgradene. Dette problemet har vi forsøkt å besvare ved å fokusere på elementer som industri 4.0 strategi, diversifisering, investeringsvilje, endringsvilje og lignende. En bedrift har nødvendigvis ikke en mer teknisk avansert eller automatisert bedrift selv om bedriften har en egen industri 4.0 strategi eller fokuserer på diversifisering, men en industri 4.0 strategi vil gjerne katalysere prosessen om å stige

i modenhetsnivåene. Disse elementene er derfor mer fremtreende i dimensjonene som ikke involverer operasjoner eller produkt.

Et viktig dilemma når man skal utvikle en modenhetsmodell, som nevnt i kapittel 2.3, er å ikke gjøre modellen for enkel eller for komplisert. Dette er vanskelig med tanke på at industri 4.0 er et komplekst domene. Dette ble grunnen til at vi valgte å følge de Bruin mfl. (2005) sitt rammeverk med å fordele domenet inn i forskjellige dimensjoner, videre inn i forskjellige elementer. Dette gjør at dimensjonenes modenhet måles istedenfor den totale modenheten, som gjør det enklere for bedriften å selv avgjøre hvilke dimensjoner den vil konsentrere seg om å forbedre, samt skjønne sammenhengen av hva den blir testet i.

Kapittel 6

Konklusjon

Målet med denne avhandlingen var å svare på *hvordan måle og dokumentere digital modning i små og mellomstore bedrifter* som videre førte til utvikling av et artefakt i form av en modenhetsmodell. Det ble tatt utgangspunkt i Digital21 sin definisjon av digitalisering som i likhet med Tysklands initiativ, Industrie 4.0, har en innvirkning på flere næringer og krever endringer langs hele verdikjeden til bedriftene. Dermed ble modenhetsmodellen en holistisk modell som fokuserer på både organisatoriske og tekniske aspekter. Modenhetsmodellen består av 21 elementer fordelt på fem dimensjoner som sammen representerer den digitale modningen i en bedrift. Naturligvis er ikke alle elementene like viktige, og det ble dermed utført en evaluering av samtlige elementer for å vurdere relevansen de har i forhold til SMB og industri 4.0. Basert på elementene ble det videre utformet spørsmål som bedriftene selv kan kunne svare på og til slutt få en oversikt på deres digitale modning.

6.1 Bidrag til kunnskapsbase

Denne avhandlingen bidrar til å tette hull i den eksisterende kunnskapsbasen. Avhandlingen svarer til mangelen på forskning omkring SMB og industri 4.0 ved å foreslå en holistisk modenhetsmodell som skal kunne måle nå-situasjonen i en bedrift i forhold til industri 4.0-fremgang.

Sammenliknet med tidligere litteratur så skiller denne avhandlingen seg ut på noen områder. For det første, noen av elementene i modenhetsmodellen er ikke å finne i tidligere litteratur som omhandler modenhetsmodeller for SMB. Elementene det er snakk om er “Lean produksjon” og “Forståelse av gevinster”. For det andre, mens en modenhetsanalyse blir utført blir det samtidig gitt konkrete eksempler til bedriftene om hva som representerer de ulike modenhetsnivåene. For det tredje, ved bruk av en spørreundersøkelse som eksperter innenfor digitalisering responderte på ble det utviklet vektleggingstall for samtlige elementer i modenhetsmodellen.

6.2 Bidrag til praksis

Denne avhandlingen har bidratt til SMB som ønsker å dokumentere sin digitale modning. Modenhetsmodellen i denne avhandlingen har delt opp det komplekse konseptet industri 4.0 i dimensjoner og elementer og har som hensikt i å gjøre konseptet mer forståelig for SMB. Det er mulig for bedrifter å ta i bruk modenhetsmodellen for å måle nå-situasjonen i forhold til industri 4.0-fremgang. Resultatene fra modenhetsanalysen gir bedriftene en oversikt på hvilke områder som krever forbedring og hvilke områder de gjør det bedre i. Videre er det mulig for bedriftene å ta i bruk resultatene fra modenhetsanalysen for å selv skape sitt eget industri 4.0-veikart.

6.3 Videre forskning

I følge de Bruin mfl. (2005) er det slik at en modenhetsmodell alltid har forbedringspotensial og har en kontinuerlig utviklingsprosess, det er også tilfelle for modenhetsmodellen i denne avhandlingen. Det å lage en modenhetsmodell er ikke nødvendigvis et arbeid som blir ferdig, men noe som kontinuerlig kan forbedres. Ettersom industri 4.0 fortsatt er et konsept under utvikling vil det være nødvendig å oppdatere modenhetsmodellen underveis. Antall publikasjoner om industri 4.0 vokser som vist i figur 2.2, noe som også øker mengden tilgjengelig informasjon. Derfor vil det ikke være unaturlig at det kan komme nye og gode funn som burde inkluderes i modellen.

Videre forskning for å opprettholde modellens relevans ville vært å gjennomføre nye intervjuer og undersøkelser med eksperter på området. Modellen baserer seg også på et begrenset antall respondenter i forhold til å vektlegge elementene. Flere respondenter vil derfor gi en mer riktig vektlegging. Modenhetsmodellen bør også utplasseres og testes i praksis for å se om den gir en god indikasjon på den faktiske nå-situasjonen.

Hensikten med vår modenhetsmodell er at små og mellomstore bedrifter selv skal kartlegge sin nå-situasjon i forhold til industri 4.0. Det finnes imidlertid ikke en metode for å bruke resultatene til å opprette et veikart som beskriver en strategisk tilnærmering for å oppnå høyere grad av modning innenfor de forskjellige dimensjonene. Schumacher, Nemeth og Sihn (2019) sin metode for å utvikle sitt veikart baserer seg på modenhetsmodellen som ble utviklet på et tidligere tidspunkt (Schumacher mfl., 2016). En slik utvidelse basert på vår modenhetsmodell vil ikke bare kunne hjelpe små og mellomstore bedrifter å kartlegge sin nå-situasjon, men også gi dem en strategisk plan for sitt videre arbeid. Spørreskjemaet i Appendiks B for modenhetsundersøkelsen ble utviklet i SurveyXact. Svarene fra undersøkelsen brukes til å utregne respondentens modning. Videre arbeid kunne vært å utvikle en nettside som automatiserer denne prosessen og gjør det enklere for respondentene.

Referanser

- Ahmadi, A., Moradi, M., Cherifi, C., Cheutet, V. & Ouzrout, Y. (2018). Wireless Connectivity of CPS for Smart Manufacturing: A Survey. I *2018 12th International Conference on Software, Knowledge, Information Management Applications (SKIMA)* (s. 1–8). doi:10.1109/skima.2018.8631535
- Anderl, R., Picard, A., Wang, Y., Fleischer, J., Dosch, S., Klee, B. & Bauer, J. (2015). Guideline Industrie 4.0-Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses. I *Vdma forum industrie* (Bd. 4, s. 1–31).
- Büchi, G., Cugno, M. & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150. doi:10.1016/j.techfore.2019.119790
- Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A. & Fantoni, G. (2018). Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia. *Computers in Industry*, 100, 244–257. doi:10.1016/j.compind.2018.04.006
- Chiarini, A., Belvedere, V. & Grando, A. (2020). Industry 4.0 strategies and technological developments. An exploratory research from Italian manufacturing companies. *Production Planning Control*, 1–14. doi:10.1080/09537287.2019.1710304
- Chien, C.-F., Hong, T.-y. & Guo, H.-Z. (2017). A Conceptual Framework for “Industry 3.5” to Empower Intelligent Manufacturing and Case Studies. *Procedia Manufacturing*, 11, 2009–2017. doi:10.1016/j.promfg.2017.07.352

- Črešnar, R., Potocan, V. & Nedelko, Z. (2018). Management Tools for Supporting the Transition of Manufacturing Organizations to Industry 4.0: The Case of Slovenia. (s. 304–316).
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E. & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. I *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Bd. 513, s. 13–20). doi:10.1007/978-3-319-66923-6_2
- de Bruin, T., Freeze, R., Kulkarni, U. & Rosemann, M. (2005). Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. *Australasian Conference on Information Systems*.
- Digital21. (2018a). Digital sikkerhet. Hentet 24. april 2020, fra https://digital21.no/wp-content/uploads/2018/09/EG5_Digital_sikkerhet_Digital21_2018.pdf
- Digital21. (2018b). Muliggjørende teknologier. Hentet 24. mars 2020, fra https://digital21.no/wp-content/uploads/2018/09/EG1_Muliggj%C3%B8rende-teknologier_Digital21_2018.pdf
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2020). Risikostyring i digitale verdikjeder. Hentet 11. mai 2020, fra <https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/risikostyring-i-digitale-verdikjeder.pdf>
- Drath, R. & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56–58. doi:10.1109/mie.2014.2312079
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhwani, R. & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India’s discrete manufacturing SMEs – a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review: An International Business Journal, ahead-of-print*(ahead-of-print). doi:10.1108/cr-03-2019-0031
- Dybing, S. L. A. & Jarle. (2019). *Små og mellomstore bedrifters utfordringer mot Industri 4.0 En flerkildestudie av norske bedrifter* (Masteroppgave, Universitetet i Agder).

- Esteves, J. & Dwivedi, Y. K. (2009). A benefits realisation road-map framework for ERP usage in small and medium-sized enterprises. *Journal of Enterprise Information Management*, 22(1/2), 25–35. doi:10.1108/17410390910922804
- Europakommisjonen. (2003). What is an SME? Hentet 2. februar 2020, fra https://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition_en
- Ganzarain, J. & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5). doi:10.3926/jiem.2073
- Ghobakhloo, M. & Fathi, M. (2019). Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(1), 1–30. doi:10.1108/jmtm-11-2018-0417
- Hamidi, S. R., Aziz, A. A., Shuhidan, S. M., Aziz, A. A. & Mokhsin, M. (2018). SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. I *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Bd. 739, s. 721–732). doi:10.1007/978-981-10-8612-0_75
- Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928–3937. doi:10.1109/hicss.2016.488
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, 75–105. doi:10.2307/25148625
- Häberer, S., Lau, L. K. & Behrendt, F. (2017). Development of an industrie 4.0 maturity index for small and Medium-Sized enterprises. I *IESM Conf., IESM* (s. 120–34).
- Jalali, S. & Wohlin, C. (2012). Systematic literature studies: database searches vs. backward snowballing. I *Proceedings of the 2012 ACM-IEEE international symposium on empirical software engineering and measurement* (s. 29–38). IEEE. doi:10.1145/2372251.2372257

- King, J. L. & Kraemer, K. L. (1984). Evolution and organizational information systems: an assessment of Nolan's stage model. *Communications of the ACM*, 27(5), 466–475. doi:10.1145/358189.358074
- Kolla, S., Minufekr, M. & Plapper, P. (2019). Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs. I *Procedia CIRP* (Bd. 81, s. 753–758). doi:10.1016/j.procir.2019.03.189
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T. & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. doi:10.1007/s12599-014-0334-4
- Laudon, K. C. & Laudon, J. P. (2017). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (Fifteenth ed.). Harlow: Pearson.
- Lee, E. A. (2008). Cyber physical systems: Design challenges. *2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)*, 363–369. doi:10.1109/ISORC.2008.25
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., ... Schröter, M. (2015). IMPULS-industrie 4.0-readiness. *Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln*.
- Lukács, E. (2005). The Economic Role of SMEs in World Economy, Especially in Europe. *European Integration Studies*, 4(1), 3–12.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J. & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing — The business perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189. doi:10.1016/j.dss.2010.12.006
- Mittal, S., Khan, M. A., Purohit, J. K., Menon, K., Romero, D. & Wuest, T. (2019). A smart manufacturing adoption framework for SMEs. *International Journal of Production Research*, 1–19. doi:10.1080/00207543.2019.1661540
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D. & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing Industry 4.0 maturity models: Implications for small

- and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. doi:10.1016/j.jmsy.2018.10.005
- Mittal, S., Romero, D. & Wuest, T. (2018a). Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM³E). I *Ifip international conference on advances in production management systems* (s. 155–163). Springer. doi:10.1080/00207543.2019.1661540
- Mittal, S., Romero, D. & Wuest, T. (2018b). Towards a Smart Manufacturing Toolkit for SMEs. I *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0* (Kap. 44, s. 476–487). IFIP Advances in Information and Communication Technology. doi:10.1007/978-3-030-01614-2_44
- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E. & Eburdy, R. (2019). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, 1–17. doi:10.1080/00207543.2019.1636323
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S. & Barbaray, R. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118–1136. doi:10.1080/00207543.2017.1372647
- NorSIS. (2019). Trusler og trender 2019-2020. Hentet 11. mai 2020, fra <https://norsis.no/trusler-og-trender-2019-2020/>
- NyAnalyse. (2018). Hentet 16. februar 2020, fra https://uploads-ssl.webflow.com/5aabf8b172eae1b4cc6ffae5/5aeb07b8e0408c6674a51cd4_DNB_Rapport_Ringvirkninger_Ny_Analyse.pdf
- Nærings- og handelsdepartementet. (2012). Små bedrifter – store verdier Regjeringens strategi for små og mellomstore bedrifter. Hentet 17. februar 2020, fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/nhd/vedlegg/rapporter_2012/102377_nhd_smb_web.pdf

- Nærings- og handelsdepartementet. (2017). Meld. St. 27 (2016–2017). Hentet 27. april 2020, fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-27-20162017/id2546209/>
- Nærings- og handelsdepartementet. (2018). Lanserer ny strategi for digitalisering. Hentet 27. april 2020, fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/lanserer-ny-strategi-for-digitalisering/id2609635/>
- Næringslivets Hovedorganisasjon. (udatert). Fakta om små og mellomstore bedrifter (SMB). Hentet 17. februar 2020, fra <https://www.nho.no/tema/sma-og-mellomstore-bedrifter/artikler/sma-og-mellomstore-bedrifter-smb/>
- Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B. & Weber, C. V. (1993). Capability maturity model, version 1.1. *IEEE software*, 10(4), 18–27. doi:10.1109/52.219617
- Prause, M. (2019). Challenges of Industri 4.0 Technology adoption for SMEs the case of Japan. *Sustainability*. doi:10.3390/su11205807
- Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H. & Krcmar, H. (2017). A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees.
- Rajkumar, R., Lee, I., Sha, L. & Stankovic, J. (2010). Cyber-physical systems: the next computing revolution. *Design, Automation Conference*, 731–736. doi:10.1145/1837274.1837461
- Röglinger, M., Pöppelbuß, J. & Becker, J. (2012). Maturity models in business process management. *Business Process Management Journal*, 18(2), 328–346. doi:10.1108/14637151211225225
- Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A. & Cevikcan, E. (2018). A Conceptual Framework for Industry 4.0. I *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (Kap. 1, s. 3–23). Springer Series in Advanced Manufacturing. doi:10.1007/978-3-319-57870-5_1
- Sanders, A., K. Subramanian, K. R., Redlich, T. & Wulfsberg, J. P. (2017). Industry 4.0 and Lean Management – Synergy or Contradiction? I *Advances in Produc-*

- tion Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing* (Kap. 39, s. 341–349). IFIP Advances in Information and Communication Technology. doi:10.1007/978-3-319-66926-7_39
- Schumacher, A., Erol, S. & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. doi:10.1016/j.procir.2016.07.040
- Schumacher, A., Nemeth, T. & Sihm, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 79, 409–414. doi:10.1016/j.procir.2019.02.110
- Statistisk sentralbyrå. (2020). Hentet 17. februar 2020, fra <https://www.ssb.no/virksomheter-foretak-og-regnskap/statistikker/bedrifter>
- Thomas, G. (2017). *How to do your research project: A guide for students*. Sage.
- Tortorella, G. L., Giglio, R. & van Dun, D. H. (2019). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal of Operations Production Management*, 39(6/7/8), 860–886. doi:10.1108/ijopm-01-2019-0005
- van Aken, J., Chandrasekaran, A. & Halman, J. (2016). Conducting and publishing design science research. *Journal of Operations Management*, 47-48(1), 1–8. doi:10.1016/j.jom.2016.06.004
- Wagire, A. A., Joshi, R., Rathore, A. P. S. & Jain, R. (2020). Development of maturity model for assessing the implementation of Industry 4.0: learning from theory and practice. *Production Planning and Control*. doi:10.1080/09537287.2020.1744763
- Wang, S., Wan, J., Li, D. & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1). doi:10.1155/2016/3159805

- Werner-Lewandowska, K. & Kosacka-Olejnik, M. (2019). Logistics 4.0 maturity in service industry: Empirical research results. I *Procedia Manufacturing* (Bd. 38, s. 1058–1065). doi:10.1016/j.promfg.2020.01.192
- Xu, L. D., Xu, E. L. & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. doi:10.1080/00207543.2018.1444806
- Yang, C., Huang, Q., Li, Z., Liu, K. & Hu, F. (2016). Big Data and cloud computing: innovation opportunities and challenges. *International Journal of Digital Earth*, 10(1), 13–53. doi:10.1080/17538947.2016.1239771
- Yin, Y., Stecke, K. E. & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848–861. doi:10.1080/00207543.2017.1403664

Appendiks A

Spørreundersøkelse

Modenhetsmodellevaluering

Hensikten med denne evalueringen er å finne ut av relevante og mindre relevante elementer som har blitt tatt med i vår modenhetsmodell i forhold til industri 4.0. Modenhetsmodellen er utviklet for små og mellomstore bedrifter som vil kartlegge sin nåsituasjon i forhold til digitalisering og industri 4.0.

Basert på din erfaring og forståelse av industri 4.0, så ber vi deg om å rangere relevansen til ulike elementer, hvor 1 er laveste grad av relevans og 5 er høyeste grad av relevans. Det vil komme korte beskrivelser til hvert element som skal rangeres. Din besvarelse vil være anonym og med på å vektlegge de forskjellige elementene i forhold til deres tyngde i deres dimensjon, altså at enkelte elementer vil telle mer enn andre i modenhetsmodellen.

Modenhetsmodellen er utviklet for små og mellomstore bedrifter som vil kartlegge sin nåsituasjon i forhold til digitalisering og industri 4.0. Modellen inneholder 5 dimensjoner; Strategi, mennesker og kultur, økonomi, operasjoner og produkt. I hver dimensjon er det elementer som skal vurderes på en skala fra 1 til 5 og tilsammen gjør de opp for den overordnede modenheten i sine dimensjoner i bedriften.

Strategi-dimensjonen består av elementer innenfor implementering av strategier, bærekraftig utvikling, lean produksjon, kunnskapsledelse og beslutningsstøtte.

Bærekraftig utvikling *

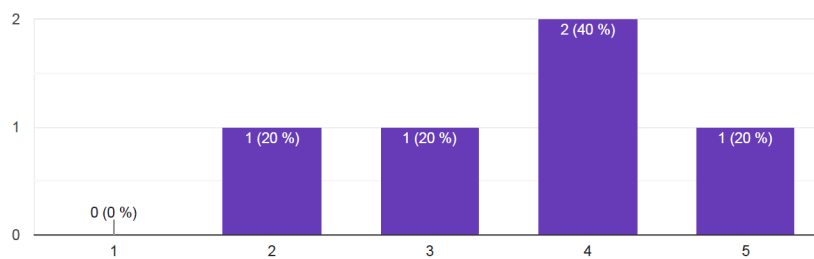
Dette elementet er tatt med for å se om bedriften er fremtidsrettet med tanke på bærekraftig utvikling og er klar over ulike støtteordninger som kan bli gitt av statlige organer (f.eks Enova) dersom de følger visse standarder. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er bedriften kjent med retningslinjer for bærekraftig utvikling?" og "I hvilken grad er bedriften kjent og jobber med konseptet sirkulær økonomi?".

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Bærekraftig utvikling

5 svar



Implementering av strategier rettet mot industri 4.0 *

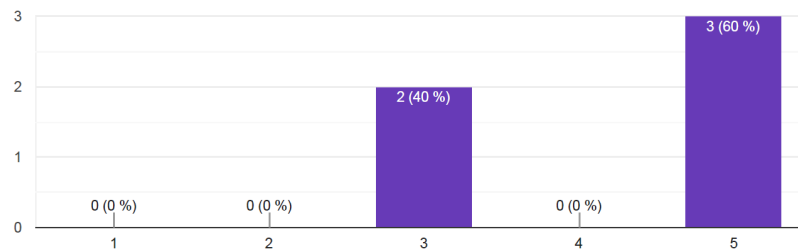
Dette elementet er tatt med for å se om bedriften har visjoner og mål rettet mot industri 4.0, og i tillegg om de tar i bruk indikatorer for å måle fremgangen av implementeringen av strategiene. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad har industri 4.0 strategier blitt implementert i bedriften?", "I hvilken grad blir indikatorer brukt til å måle implementasjonsstatus av industri 4.0 strategier?", "I hvilken grad svarer forretningsmodellen til industri 4.0 prinsippene?" og "I hvilken grad åpner virksomhetens strategi for diversifisering?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Implementering av strategier rettet mot industri 4.0

5 svar



Lean produksjon *

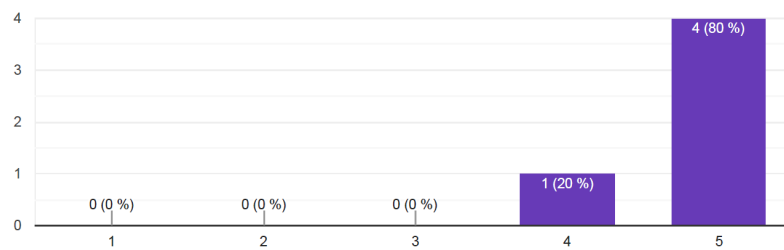
Dette elementet er tatt med for å se om bedriften følger noen av prinsippene fra lean produksjon. Prinsippene det er snakk om er 1) Identifisere verdistrøm 2) Spesifisere verdi fra kundenes synspunkt 3) Skape verdiflyt 4) Etablere pull produksjon (produsere etter etterspørsel) og 5) Kontinuerlig forbedring. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad inngår Lean produksjons prinsippene i bedriftens strategi?" og "I hvilken grad arbeides det med å redusere "7 wastes" i bedriften?".

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Lean produksjon

5 svar



Kunnskapsledelse *

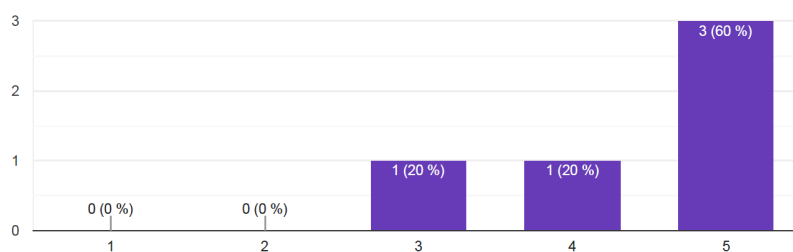
Dette elementet er tatt med for å se i hvilken grad bedriften arbeider med å gjøre kunnskap til en ressurs. Et spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad jobbes det for å gjøre kunnskap til en ressurs for virksomheten?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Kunnskapsledelse

5 svar



Beslutningsstøtte *

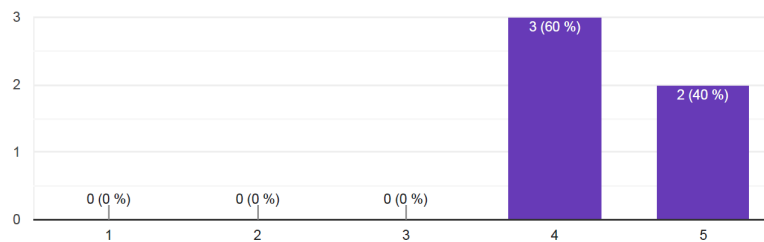
Dette elementet er tatt med for å se hvordan bedriften utnytter digitale verktøy for å forbedre beslutningstakingen. Et spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad spiller digitale verktøy en rolle når det kommer til beslutningstaking?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Beslutningsstøtte

5 svar



Noen kommentarer til Strategi dimensjonen?

2 svar

Jeg har scoret kunnskapsledelse noe lavere i modellen, da jeg mener at man på et strategisk nivå kan være godt rustet for digitalisering selv med varierende grad av kunnskapledelse. I mange tilfeller vil også automatisering og digitalisering sy mennesker og teknologi sammen på en slik måte at man i mindre grad vil være avhengig av menneskene knyttet til tradisjonelle oppgaver. Når det er sagt er det viktig at dette elementet er med, da dette vil variere i stor grad fra virksomhet til virksomhet og ikke minst hva man leverer til markedet. I tillegg er det viktig å tenke på at man kan utnytte kunnskap på en annen måte en tidligere.

Beslutningsstøtte antas inneholde et vesentlig element av datainnsamling og bruk av disse dataene for å ta beslutninger.

Hva Lean angår, er dette selvfølgelig et godt verktøy, men tradisjonelt vil metoder som Six Sigma være bedre egnet innen produksjon - nedsiden er at Six Sigma har en vesentlig høyere kompetansesetterskel enn Lean.

Mennesker og kultur-dimensjonen består av endringsvilje, opplæring og utdanning, kultur for åpen innovasjon og kjernekompetanser og kompetanse.

Endringsvilje *

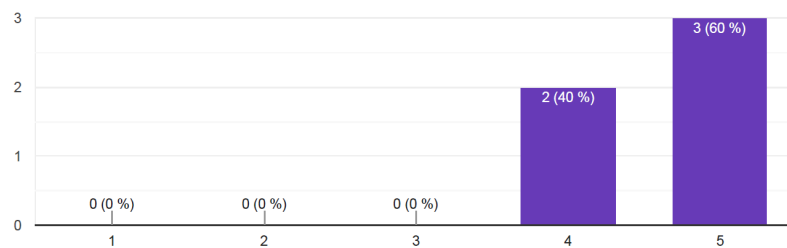
Dette elementet er tatt med for å se hvor villig de ansatte og ledelsen er til endringer i bedriften som for eksempel introduksjonen av en ny teknologi. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er de ansatte åpne for endring?" og "I hvilken grad er ledelsen motivert til å gjennomføre endringer?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Endringsvilje

5 svar



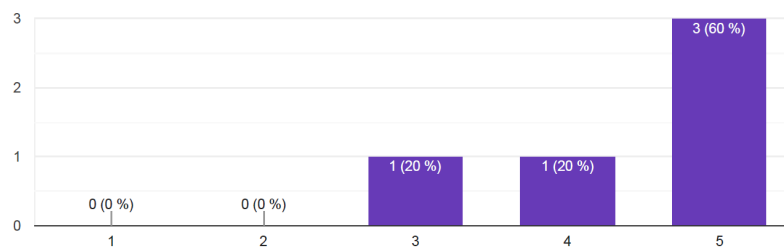
Opplæring og utdanning *

Dette elementet er tatt med for å se om bedriften har satt inn tiltak for å heve kompetansenivået innad i bedriften. Et spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er forbedring av de ansattes industri 4.0-kompetanse i fokus?".

	1	2	3	4	5	
Laveste grad av relevans	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Høyeste grad av relevans

Opplæring og utdanning

5 svar



Kultur for åpen innovasjon *

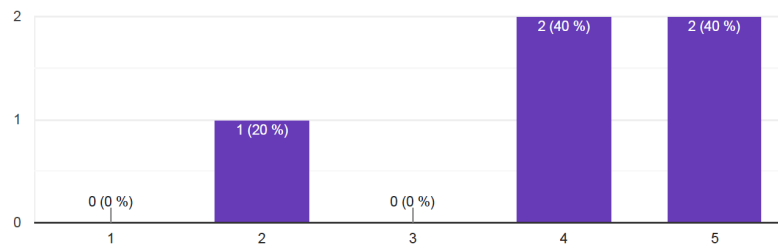
Dette elementet er tatt med for å se om bedriften har en kultur for kunnskapsdeling innad i bedriften og i tillegg ses det på om bedriften har åpen innovasjon med samarbeidspartnere. Et spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er kulturen for åpen innovasjon og kunnskapsdeling i bedriften?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Kultur for åpen innovasjon

5 svar



Kompetanse *

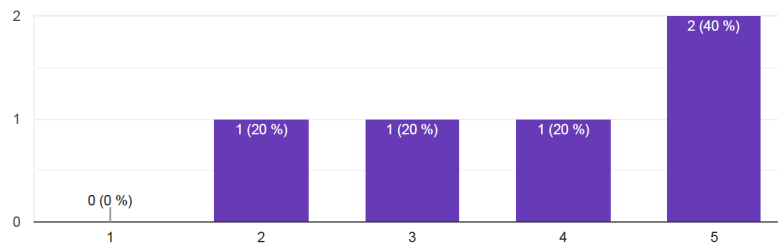
Dette elementet er tatt med for å se på hva slags kompetanse de ansatte i bedriften sitter med nå i forhold til prinsipper innenfor industri 4.0. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad svarer de ansattes kompetanse til I4.0 prinsippene?" og "I hvilken grad har virksomheten kjennskap til I4.0?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Kompetanse

5 svar



Noen kommentarer til Mennesker og Kultur-dimensjonen?

1 svar

Jeg mener at alle disse elementene er viktige for å ivareta de mye sidene på veien mot digitalisering og I 4.0. Når det er sagt har jeg scoret kompetanse og opplæring noe ned i forhold til endringsvilje og kultur, da jeg mener at sistnevnte kan være de store hindrene for en bedrift, spesielt i SMB markedet, da man er avhengig av å ha de ansatte med på laget. Kompetanse kan man erverve på sikt, da bedriften kan sies å være modne for å tilnærme seg I 4.0 og vil ikke nødvendigvis hindre bedriften på samme måte, da dette er enklere å håndtere.

Økonomi-dimensjonen ser på budsjettering, investeringer og gevinstene med industri 4.0

Budsjettering *

Dette elementet ser på hvordan bedriften anvender digitale verktøy for å utføre budsjetteringsoppgaver. I tillegg blir det sett på om bedriften sin budsjettering er i tråd med målene de har for industri 4.0.

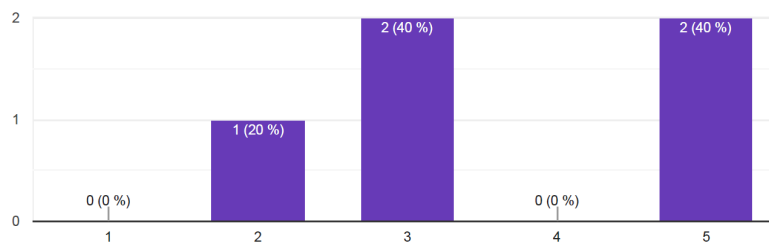
Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "På hvilken måte gjennomføres virksomhetens budsjettering?" og "I hvilken grad er virksomhetens budsjettering i tråd med forventningene til industri 4.0?".

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Budsjettering

5 svar



Investeringer *

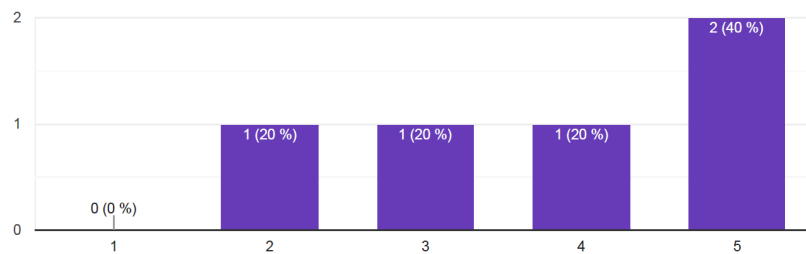
Dette elementet er tatt med for å se på hvordan bedriften utnytter digitale verktøy for å utføre investeringer. I tillegg blir det sett på hva slags investeringer som blir gjort i bedriften i forhold til industri 4.0-teknologier. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad gjøres investeringer rettet mot industri 4.0 teknologier og prinsipper?", "I hvilken grad blir investeringer vurdert ved bruk av teknologiske hjelpemidler?", "I hvilken grad finnes det investeringsvilje i bedriften?" og "I hvilken grad har bedriften investeringsmulighet?".

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Investeringer

5 svar



Forståelse av gevinster *

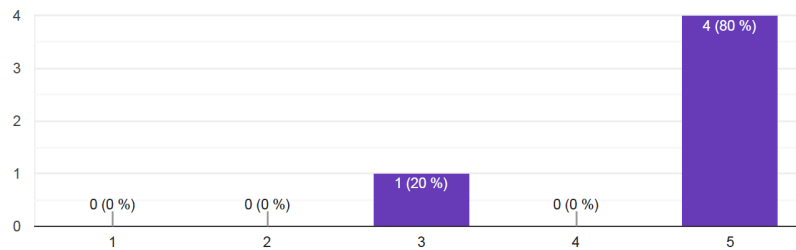
Dette elementet er tatt med for å se på om bedriften forstår de økonomiske gevinstene som potensielt kan oppstå ved å transformere seg digitalt. Et spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er bedriften kjent med gevinstene rundt I4.0 investeringer?".

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Forståelse av gevinster

5 svar



Noen kommentarer til Økonomi-dimensjonen

1 svar

Denne dimensjonen mener jeg er svært viktig og vil kunne si mye om viljen og strategien bak tilnærmingen bedriften har med hensyn på digital transformasjon p.t. Forståelse av gevinster og ikke minst realisering av disse viktig. Det er et viktig fokus, ikke minst for å støtte opp om kontinuerlig forbedring.

Operasjoner-dimensjonen består av elementene kvalitetsledelse, reparasjon og vedlikehold, planlegging, produksjonsprosess og IT-sikkerhet.

Kvalitetsledelse *

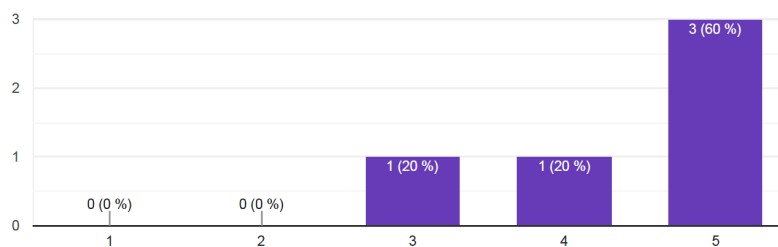
Dette elementet er tatt med for å se på hvordan bedriften fokuserer på kvalitetsledelse innenfor produksjonen og om det blir anvendt noe form for teknologiske hjelpemidler for å forbedre kvalitetsledelsen deres. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad jobbes det med å redusere variabilitet i produksjonsprosessene?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Kvalitetsledelse

5 svar



Reparasjon og vedlikehold *

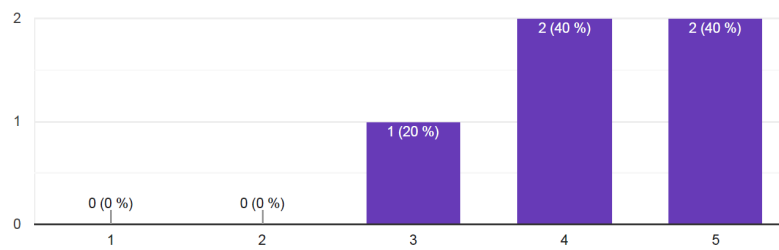
Dette elementet er tatt med for å se om bedriften samler inn data og anvender dataanalyseverktøy for å utforme planer for vedlikehold og fokuset på predikativt vedlikehold. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad planlegges reparasjon og vedlikehold?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Reparasjon og vedlikehold

5 svar



Planlegging *

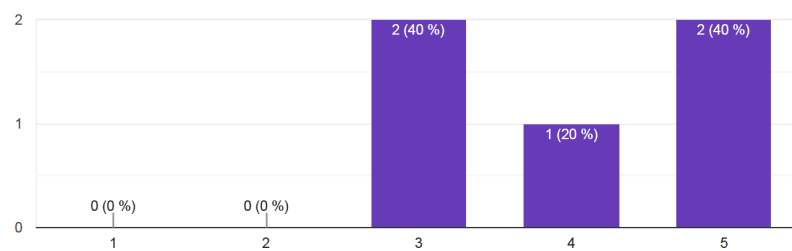
Dette elementet er tatt med for å se på bedriften sin måte å planlegge produksjonen på. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad blir planlegging utført ved hjelp av IT-systemer?".

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Planlegging

5 svar



Produksjonsprosess *

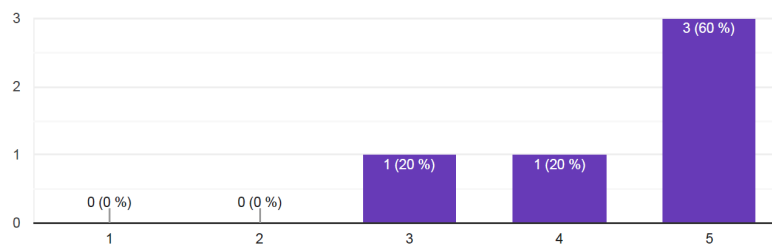
Dette elementet er tatt med for å se på hvor digitalisert produksjonsprosessen til bedriften er. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad blir maskiner og operasjoner kontrollert av IT?", "I hvilken grad er tilpasningsevnen til den eksisterende maskinparken i forhold til industri 4.0 standarder?" og "I hvilken grad blir produksjonsdata samlet inn digitalt?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Produksjonsprosess

5 svar



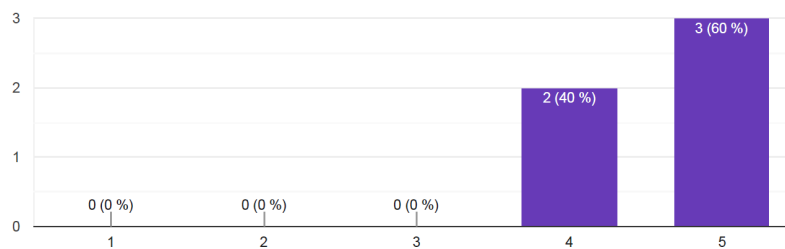
IT-sikkerhet *

Dette elementet er tatt med for å se på hvor mye fokus bedriften har på IT-sikkerhet slik at sensitiv informasjon ikke skal komme på avveie. Spørsmål som kan bli stilt her er for eksempel "I hvilken grad er det fokus på å håndtere IT-sikkerhet i bedriften?".



IT-sikkerhet

5 svar



Noen kommentarer til Operasjoner-dimensjonen?

1 svar

Dette er i mine øyne en viktig dimensjon mtp. at det dekker så mange aspekter som er viktig for at en bedrift skal lykkes med sin digitale transformasjon og strategi. Her kommer følgende viktige aspekter som arkitekturprinsipper og ikke minst GDPR inn.

Produkt-dimensjonen tar for seg digitalisering av produkter, produktutvikling, logistikk og tilbakemeldinger fra kunder.

Tilbakemeldinger fra kunder *

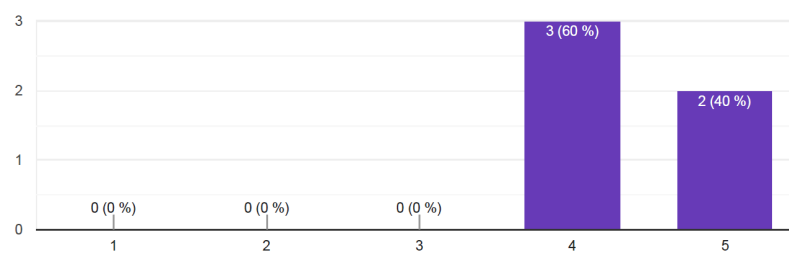
Dette elementet er tatt med for å se på om bedriften tar i bruk digitale verktøy for å samle inn kundedata for å videre forbedre produktene sine og ende opp med skreddersydde produkter. Spørsmål som kan komme her er for eksempel "I hvilken grad brukes kundedata på å forbedre produkter og operasjoner?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Tilbakemeldinger fra kunder

5 svar



Digitalisering av produkter *

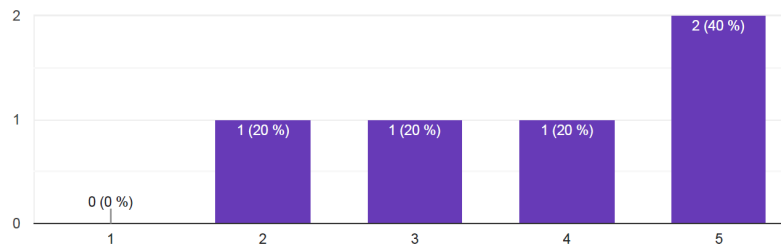
Dette elementet er tatt med for å se om bedriften tar i bruk teknologi i sine produkter, i tillegg ses det på om bedriften har åpnet for diversifisering. Spørsmål som kan komme her er for eksempel "I hvilken grad er produktene digitaliserte?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Digitalisering av produkter

5 svar



Produktutvikling *

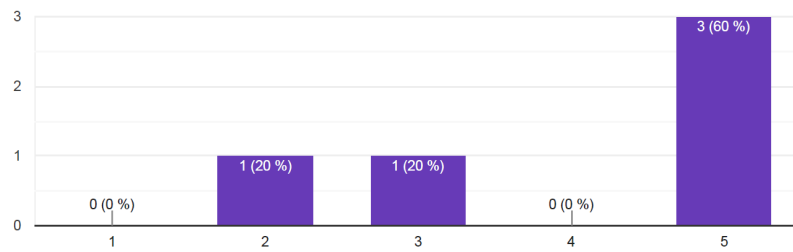
Dette elementet er tatt med for å se på bedriften sin anvendelse av digitale verktøy, som for eksempel CAD eller 3D-printing, for å utvikle nye produkter. Spørsmål som kan komme her er for eksempel "I hvilken grad er produktutviklingen digitalisert?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Produktutvikling

5 svar



Logistikk *

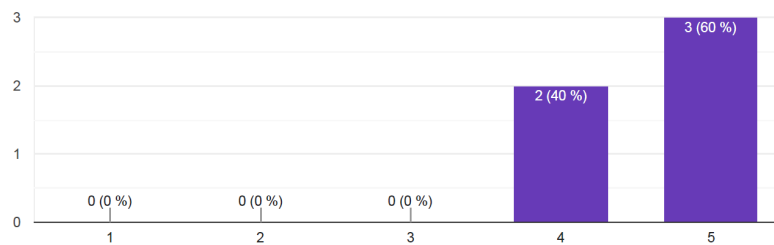
Dette elementet er tatt med for å se på anvendelsen av digitale hjelpemidler for å kontrollere og forbedre logistikken i bedriften. Spørsmål som kan komme her er for eksempel "I hvilken grad brukes digitale hjelpemidler og teknologi for å forbedre logistikken til bedriften?"

1 2 3 4 5

Laveste grad av relevans ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Høyeste grad av relevans

Logistikk

5 svar



Andre kommentarer

Kommentarer, innspill, tilbakemeldinger

1 svar

Jeg synes dette ser bra ut. I sin helhet mener jeg at dere dekker det som er nødvendig for å se på modenhet i SMB markedet. Nå kommer jo jeg fra den tekniske siden, og har nok sikkert litt annen tilnærming enn hva de som fokuserer på governance og strategi har, men det kan være greit å se det opp mot hverandre. Stort sett er mener jeg at de viktige tingene er med i deres modenhetsvurdering. Ellers har dere jo fått mine kommentarer tidligere :-)

Appendiks B

Spørreskjema

Velkommen til modenhetsundersøkelse.

Målet med denne selv-evalueringen er å få en oversikt av bedriften sin fremgang relatert til digitalisering og industri 4.0. Modenhetsmodellen består av 5 dimensjoner: **Strategi, Mennesker og Kultur, Økonomi, Operasjoner og Produkter.**

Den som evaluerer er oppfordret til å lese beskrivelsen til hvert punkt for å oppnå et nøyaktig resultat. Under hvert punkt kommer det en kort forklaring etterfulgt av eksempler på hva som kan regnes som høy grad av modning og lavere grad av modning. Gjerne bruk eksemplene som et utgangspunkt når du evaluerer din bedrift.

Modenhetsundersøkelse: Strategi-dimensjon

Første dimensjon som skal bli vurdert er Strategi-dimensjonen. Strategi-dimensjonen blir beskrevet av implementerte strategier rettet mot industri 4.0, lean prinsipper, kunnskapsledelse, beslutningstaking og forretningsmodeller.

I hvilken grad er bedriften kjent med retningslinjer for bærekraftig utvikling?

Det finnes statlige organer som for eksempel Enova som gir støtte til bedrifter som jobber mot bærekraftig utvikling og klimautslippsreduksjon.

Laveste grad - Bedriften er ikke kjent med noen retningslinjer for bærekraftig utvikling og det er ikke eksisterende i bedriften strategi

Lav grad - Bedriften er kjent med retningslinjer for bærekraftig utvikling, men det jobbes ikke med.

Middels grad - Bedriften er kjent med retningslinjer for bærekraftig utvikling og det jobbes med, men er ikke kjent med insentivene.

Høy grad - Bedriften er kjent med og jobber i forhold til retningslinjer for bærekraftig utvikling og insentiver, men mottar ikke de ønskede insentivene.

Høyest grad - Bedriften er godt kjent med retningslinjer for bærekraftig utvikling og har fått insentiver for arbeidet.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad er bedriften kjent og jobber med konseptet sirkulær økonomi?

Konseptet sirkulær økonomi fokuserer på å minimere bruken av begrensede ressurser og endre på den lineære økonomimodellen (ta, lage, kaste).

Sammenhengen mellom industri 4.0 og sirkulær økonomi ligger i de muliggjørende teknologiene som simulering, stordata og internet of things. Det er mulig at disse teknologiene kan fungere som en katalysator for sirkulær økonomi i bedriften.

Laveste grad - Bedriften er ikke kjent med konseptet sirkulær økonomi

Lav grad - Bedriften er ikke kjent med konseptet sirkulær økonomi, men kjenner seg igjen omkring noen av tiltakene innenfor konseptet (avfallsreduksjon, gjenbruk, materialgjenvinning).

Middels grad - Bedriften er i noen grad kjent med konseptet sirkulær økonomi og jobber med å gjøre tiltak for å oppnå målene innenfor konseptet.

Høy grad - Bedriften er kjent med konseptet sirkulær økonomi og har gjort tiltak som f.eks å bruke ting om igjen, lage mindre avfall og energigjenvinning.

Høyest grad - Bedriften er godt kjent med konseptet sirkulær økonomi og har gjort

endringer i den lineære økonomimodellen ved å f.eks fjerne miljøfarlige materialer, bruke fornybar energi, bruke gjenvunnet materiale.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad har industri 4.0 strategier blitt implementert i bedriften?

Strategier skal gjøre rede for bedriften sine mål og visjoner, og hvordan de skal realiseres. I sammenheng med industri 4.0 kan noen eksempler på visjoner være å ta i bruk elektroniske hjelpemidler (f.eks CAD) for produktutvikling eller å ta i bruk elektroniske hjelpemidler for å samle inn nok data for å utføre prediktiv vedlikehold (f.eks ved bruk av sensorer, Internet of Things, dataanalyseverktøy, MATLAB).

Laveste grad - Det er ikke noen strategi for industri 4.0 i bedriften.

Lav grad - Det har blitt planlagt å utforme en strategi for industri 4.0.

Middels grad - Det har blitt påbegynt et arbeid for strategier for industri 4.0.

Høy grad - Det finnes allerede strategier for industri 4.0 på visse områder i bedriften.

Høyeste grad - Det finnes allerede en strategi for industri 4.0 i bedriften som aktivt benyttes og forbedres.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad blir indikatorer brukt til å måle implementasjonsstatus av industri 4.0 strategier?

Indikatorene skal være en måte for bedriften å måle sin fremgang i forhold til målene bedriften har satt for seg selv i sin industri 4.0 strategi. Indikatorene bør derfor være intuitive og enkle for bedriften å måle. For eksempel kan dette være å bruke en modenhetsmodell der indikatorene blir de forskjellige dimensjonene modellen tester for. Bedriften bruker modenhetsnivået som et mål på fremgang og tester seg på nytt etter nye implementasjoner.

Laveste grad - Finnes ingen indikatorer.

Lav grad - Arbeides med å lage indikatorer.

Middels grad - Finnes indikatorer på enkelte emner.

Høy grad - Finnes indikatorer på de fleste ønskede implementasjoner.

Høyeste grad - Finnes gode, intuitive indikatorer som svarer til strategien for å måle implementasjonsstatus.

- ☐ Laveste grad

- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad svarer forretningsmodellen til industri 4.0 prinsippene?

Forretningsmodeller fungerer som en plan for å blant annet

- 1) Identifisere hovedpartnere
- 2) Identifisere hovedaktiviteter (Dataanalyse, produksjon, problemløsning, overvåking, kontinuerlig forbedring)
- 3) Identifisere verdiløfter (Skreddersydd, optimalisert, pris)
- 4) Identifisere kundeforhold (Personlig assistanse, selv-service, automatiserte tjenester)
- 5) Identifisere kundesegmenter (Massemarked, nisjemarked, diversifisert)
- 6) Identifisere hovedressurser (Kunnskap, ettersalg-tjenester, Internet of Things, sensorer, patenter)
- 7) Identifisere kanaler (tilbakemeldinger fra kunder, kjøp av produkter og tjenester, levering av verdiløfter til kundene, assistanse etter salg)
- 8) Identifisere kostnader
- 9) Identifisere inntektsstrøm

Laveste grad - Bedriften har ingen klar forretningsmodell.

Lav grad - Bedriften sin forretningsmodell svarer ikke til industri 4.0 prinsipper og bedriften er ikke klar over hva slags endringer som kan gjøres for å få forretningsmodellen til å svare til industri 4.0 prinsipper.

Middels grad - Bedriften sin forretningsmodell svarer ikke til industri 4.0 prinsipper, men er klar over og har planlagt endringer som kan gjøres for å få forretningsmodellen til å svare til industri 4.0 prinsippene.

Høy grad - Bedriften sin forretningsmodell er fleksibel og bedriften har allerede gjort endringer for at noen elementer i forretningsmodellen svarer til industri 4.0 prinsipper.

Høyeste grad - Bedriftens forretningsmodell svarer til industri 4.0 prinsipper i form av kundeforhold, kommunikasjonskanaler, verdiskaping, kostnader og inntekter.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad åpner virksomhetens strategi for diversifisering?

Diversifisering som en del av strategien kan være en måte for en bedrift til å ha flere "ben å stå på". Det har også blitt nevnt som en katalysator mot industri 4.0 for små og mellomstore bedrifter. Diversifisering går ut på å ekspandere markedet bedriften leverer til med evt. nye produkter eller forbedrede og mer allsidige produkter.

Laveste grad - Diversifisering er ikke en del av bedriftens strategier.

Lav grad - Det jobbes med å implementere diversifisering som en del av strategien

Middels grad - Det er en diversifisering i produktene som leveres, men det finnes ingen

klar strategi.

Høy grad - Diversifisering er en del av strategien, men bedriften oppnår ikke ønskede resultater på grunn av manglende innsikt, kunnskap, rutiner og teknikker for å utvikle diversifiseringsstrategier

Høyeste grad - Diversifisering er en del av bedriftens strategi og bedriften har innsikt, kunnskap, rutiner og teknikker for å utvikle diversifiseringsstrategier.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad inngår Lean produksjons prinsippene i bedriftens strategi?

Prinsippene fra lean produksjon består av 1) Identifisere verdistrøm 2) Spesifisere verdi fra kunden synspunkt 3) Skape verdiflyt 4) Etablere pull produksjon (produsere etter etterspørsel) og 5) Kontinuerlig forbedring

Laveste grad - Prinsipper fra lean produksjon inngår ikke i bedriftens strategi.

Lav grad - Det er planlagt å jobbe med og implementere prinsippene fra lean produksjon i bedriften.

Middels grad - Noen av prinsippene fra lean produksjon er en del av bedriftens strategi, men det er ikke i fokus.

Høy grad - Prinsippene fra lean produksjon er i fokus og noen av prinsippene inngår i bedriftens strategi.

Høyeste grad - Prinsippene fra lean produksjon er en del av bedriftens strategi og det jobbes aktivt med å samle inn data for å jobbe videre med de.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad arbeides det med å redusere "7 wastes" i bedriften?

Med "7 wastes" menes det å redusere 1) Defekter 2) Overproduksjon 3) Venting 4) Unødvendig bevegelse 5) Lager 6) Transport og 7) Overprosessering (Mer enn kunden forventning).

Laveste grad - Det arbeides ikke med å redusere "7 wastes" i bedriften.

Lav grad - Det planlegges å samle inn data for å arbeide med å redusere noen av de "7 wastes" i bedriften.

Middels grad - Det arbeides med å samle inn relevant data for å redusere de "7 wastes" i bedriften.

Høy grad - Det arbeides med å redusere de "7 wastes" i bedriften, men det er også mangel på relevant data.

Høyeste grad - Det arbeides og fokuseres mye på å samle inn data og redusere de "7 wastes" i bedriften og i tillegg svarer det til bedriftens strategier.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad jobbes det for å gjøre kunnskap til en ressurs for virksomheten? endringsledelse adkar

I motsetning til store bedrifter har små og mellomstore bedrifter ofte ikke store mengder data tilgjengelig når beslutninger skal tas. Små og mellomstore bedrifter har allikevel ansatte med mangfoldig ekspertise som kan brukes og integreres med tilgjengelige data for å ta bedre avgjørelser.

Laveste grad - Det finnes ikke noen form for organiserte metoder for å bruke de ansattes kunnskaper i beslutningstaking.

Lav grad - Det finnes systematiske metoder for å ta avgjørelser i bedriften, men de ansattes tidligere erfaringer og kunnskaper blir lite brukt.

Middels grad - De ansattes kunnskaper kan bli brukt til å ta bedre beslutninger ved bruk av systematiske metoder, men kun hvor ledelsen ser at det passer.

Høy grad - På visse områder i bedriften blir det systematisk brukt de ansattes kunnskap brukt for å ta bedre avgjørelser

Høyeste grad - De ansattes kunnskap fra flere områder blir brukt systematisk og integrert med støttende data (som for eksempel fra informasjonssystemer) for å ta bedre beslutninger.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad spiller digitale verktøy en rolle når det kommer til beslutningstaking? beslutningsstøtte

Industri 4.0-teknologier kan bli brukt til å forbedre beslutningstaking i den forstand at beslutninger tas ved bruk av dataanalyseverktøy.

Laveste grad - Beslutninger blir hovedsakelig tatt ved bruk av magesølgelse og bedriften er ikke klar over noen teknologier som kan bli brukt for beslutningstaking.

Lav grad - Det finnes ikke teknologier i bedriften som blir brukt for beslutningstaking, men bedriften er klar over teknologier som kan bli brukt til dette formålet.

Middels grad - Bedriften er kjent med og har tilgang til teknologier som kan hjelpe med beslutningstaking, men det blir ikke/lite brukt.

Høy grad - Bedriften tar i bruk teknologier for å hjelpe med beslutningstaking, men det er kun på visse områder i bedriften.

Høyeste grad - Bedriften bruker aktivt teknologier som dataanalyseverktøy for å ta beslutninger i store deler av bedriften.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

Modenhetsundersøkelse: Mennesker og kultur-dimensjon

Denne dimensjonen består av forskjellige faktorer som omhandler menneskers kunnskapsnivå, endringsvilje, kompetanseutvikling i tillegg til bedriftens kultur for åpen innovasjon og kunnskapsdeling.

I hvilken grad er de ansatte åpne for endring?

I diskusjonen rundt Industri 4.0 er det ofte en felles enighet om viktigheten av endringsvilje. Dette fordi mange av prinsippene ofte kan være store kontraster til den tradisjonelle måten å drive produksjon. Se på tidligere gjennomføring av endringer, hvordan var mottakelsen?

Laveste grad - Liten grad av endringsvilje

Lav grad - Noe grad av endringsvilje, men blir ofte dårlig mottatt

Middels grad - En viss grad av endringsvilje, blandet mottakelse.

Høy grad - Stort sett god grad av endringsvilje

Høyeste grad - De ansatte er motiverte for endringer

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad er ledelsen motivert til å gjennomføre endringer?

I diskusjonen rundt Industri 4.0 er det ofte en felles enighet om viktigheten av endringsvilje. Dette fordi mange av prinsippene ofte kan være store kontraster til den tradisjonelle måten å drive produksjon. Har bedriftens ledere aktivt letet etter alternative løsninger? Og implementert alternative løsninger?

Laveste grad - Ledelsen har gjort svært få endringer

Lav grad - Ledelsen har sett på og vurdert noen endringer, men mangel på endringsvilje

Middels grad - Ledelsen har gjennomført endringer, men i liten grad og sjeldent

Høy grad - Ledelsen har stort sett god grad av endringsvilje.

Høyeste grad - Lederene er motiverte for å gjennomføre endringer, og er proaktive med endringer. Aktive diskusjoner om eventuelle endringer.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad er forbedring av de ansattes industri 4.0-kompetanse i fokus?

Når ny teknologi introduseres i bedriften kreves det også nye kunnskaper blant de ansatte. I industri 4.0-sammenheng kan alle de nye teknologiene, prinsippene og endringene som introduseres medføre kunnskapshull blant de ansatte. Industri 4.0 er et konsept under utvikling, og krever derfor oppdaterte arbeidstakere og ledere. Opplæring og kursing er derfor en måte å forsikre seg om dette.

Laveste grad - Ingen fokus på kompetanseforbedring

Lav grad - Noe, men manglende fokus på kompetanseforbedring. Ingen rutiner eller strategi for kompetanseforbedring

Middels grad - En viss grad av fokus på kompetanseforbedring i relevante industri 4.0 prinsipper. Bedriften oppfordrer til kompetanseforbedring, men lav deltagelse i kursing.

Høy grad - Fokus på kompetanseforbedring, men manglende rutiner for forbedringen.

Høyeste grad - Stort fokus på opplæring og kursing innenfor relevante industri 4.0 prinsipper. Bedriften har rutiner på forbedring av kompetanse de ansatte og ledelsen og deltar ofte på workshops, kurs og seminarer.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad er kulturen for åpen innovasjon og kunnskapsdeling i bedriften?

Dette er noe som både gjelder innad i bedriften mellom avdelinger og eksterne samarbeidspartnere. Disse samarbeidspartnere kan være andre bedrifter, universiteter osv.

Laveste grad - Ingen kultur for åpen innovasjon og kunnskapsdeling

Lav grad - Noe kultur for kunnskapsdeling innad i bedriften. Ingen felles strategi for kunnskapsdeling i bedriften.

Middels grad - God kultur for kunnskapsdeling innad i bedriften, men mangel på kunnskapsdeling med eksterne samarbeidspartnere

Høy grad - God kultur for kunnskapsdeling innad i bedriften, noe kultur for kunnskapsdeling med eksterne samarbeidspartnere

Høyeste grad - En god kultur for kunnskapsdeling og åpen innovasjon både innad i

bedriften og med eksterne samarbeidspartnere. Det blir arrangert samarbeidsmøter og seminarer mellom samarbeidspartnere på en regelmessig basis. Bedriften har enkel tilgang både for å dele og hente inn informasjon fra samarbeidspartnere.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad svarer de ansattes kompetanse til I4.0 prinsippene?

Mange av prinsippene og teknologiene assosiert med Industri 4.0 kan bli komplekse, og krever derfor visse kjernekunnskaper og kompetanse som svarer til kompleksiteten.

Laveste grad - Stor mangel på kjernekunnskaper rettet mot industri 4.0 blant de ansatte.

Lav grad - Noen få av de ansatte har kjernekunnskaper rettet mot industri 4.0, resten av de ansatte er avhengige av.

Middels grad - Kjernekunnskaper i noen av prinsippene og elementene assosiert med industri 4.0, men lite fokus på utvikling av kjernekunnskaper blant de ansatte.

Høy grad - Kjernekunnskaper i de fleste prinsipper og elementer assosiert med industri 4.0, noe fokus på utvikling av kjernekunnskaper blant de ansatte.

Høyeste grad - Gode kjernekunnskaper i prinsipper og elementer assosiert med industri 4.0, gjerne kurset eller utdannet personal i relevante emner. Høyt fokus på videreutvikling av kjernekunnskaper.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad har virksomheten kjennskap til I4.0?

Det er viktig at en bedrift som har et mål om å implementere industri 4.0 prinsipper kjenner godt til begrepet og hva det omhandler. Uten kjennskapen hos ledelsen og de ansatte vil det være vanskelig å redegjøre for eventuelle endringer, se goder eller lage en implementasjonsstrategi. Det er også viktig å holde seg oppdaterte på emnet, siden det fortsatt er i utvikling.

Laveste grad - Ingen kjennskap til Industri 4.0

Lav grad - Kun ledelsen kjenner til noe om Industri 4.0

Middels grad - Kjennskap og forståelse av industri 4.0 er spredt innad i bedriften men en mangel felles forståelse

Høy grad - De fleste kjenner til Industri 4.0, men lite fokus på å holde seg oppdaterte på emnet.

Høyeste grad - De fleste eller samtlige kjenner godt til Industri 4.0 og et fokus på å holde seg oppdaterte på emnet.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

Modenhetsundersøkelse: Økonomi-dimensjon

Utfordringen med mangel på økonomiske ressurser er et likhetstrekk for mange små og mellomstore bedrifter. Å utnytte tekniske hjelpemidler for å håndtere økonomiske arbeidsoppgaver kan styrke bedriften. Økonomi-dimensjonen blir beskrevet av hvordan arbeidsoppgaver relatert til økonomi blir utført, som for eksempel hvordan budsjettering og investering blir gjennomført og lagret. I tillegg blir det sett på hvor mye fokus det er på industri 4.0 når det kommer til økonomiske ressurser.

På hvilken måte gjennomføres virksomhetens budsjettering?

For å nøyaktig evaluere seg selv på dette punktet burde en se på om budsjettering blir gjort på f.eks papir, lokalt på datamaskin eller via skytjenester som f.eks Google Drive, OneDrive.

Laveste grad - Budsjettering blir utført på papir og bedriften har ikke kjennskap til relevante elektroniske hjelpemidler.

Lav grad - Budsjettering blir for det meste utført på papir, men bedriften har tilgang til og kjennskap til elektroniske hjelpemidler.

Middels grad - Budsjettering blir utført elektronisk, men det blir lagret lokalt på datamaskinen og

Høy grad - Budsjettering blir utført elektronisk, men det er ikke noen klare retningslinjer på hvor det skal lagres og hvordan andre som krever tilgang på det skal gå frem.

Høyeste grad - Budsjettering blir utført elektronisk og lagret på skytjenester som Google Drive eller OneDrive slik at de som krever tilgang til informasjonen har mulighet til å hente det uavhengig av enhet (mobil, datamaskin, iPad) og lokasjon.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad er virksomhetens budsjettering i tråd med forventningene til industri 4.0?

Teknologiaspektet i industri 4.0 kan være dyrt å implementere, det er derfor viktig at virksomheten budsjetterer inn investeringer i tråd med hva de selv ønsker å oppnå med sin industri 4.0 strategi

Laveste grad - Det blir ikke budsjettert midler i tråd med deres forventninger til industri

4.0

Lav grad - Det blir budsjettet midler til svært få implementasjoner i forhold til bedriftens forventninger.

Middels grad - Det blir budsjettet til noen implementasjoner, men mangel på ressurser gjør at de målene som blir satt ikke blir fullstendig oppnådd.

Høy grad - Bedriften har budsjettet til enkelte implementeringer knyttet til industri 4.0, men ikke i god nok grad til å oppnå deres mål.

Høyeste grad - Bedriften har en god oversikt over hva de ønsker å implementere og budsjettet i forhold til dette.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad gjøres investeringer rettet mot industri 4.0 teknologier og prinsipper?

I industri 4.0 er det noen prinsipper som står sentralt. Disse begrepene er Internet of Things (IoT), skytjenester, RFID teknologier, automasjon, ERP, CAD, datasikkerhet, mobile teknologier, maskin til maskin (M2M), stordata og kunstig intelligens. Felles for disse begrepene er at de tilsammen danner en høy grad av teknologisk og operasjonell modenhet, men at de samtidig gjerne innebærer store investeringer fra bedriften

Laveste grad - Ingen investeringer gjort knyttet til Industri 4.0 teknologier og prinsipper

Lav grad - Det er planlagt investeringer i enkelte av begrepene beskrevet ovenfor.

Middels grad - Det er gjennomført enkelte investeringer i tråd med disse begrepene, men fortsatt en mangel på koordinasjon og flyt mellom teknologiene.

Høy grad - Gjennomført investeringer i en større grad og planer om videre investeringer innenfor industri 4.0 teknologier og prinsipper.

Høyeste grad - Store investeringer gjort mot industri 4.0 teknologier og prinsipper. Mye er implementert, og det foregår et kontinuerlig arbeid med videreutvikling og forbedring av eksisterende og fremtidige investeringer

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad blir investeringer vurdert ved bruk av digitale hjelpemidler og analyser?

Hvilke hjelpemidler og teknikker benytter bedriften seg av når den skal velge en investering?

For å nøyaktig evaluere seg selv på dette punktet burde en se på om bedriften tar i bruk dataanalyseverktøy som f.eks, eller gjøres det på papir og hvilke analyser som gjøres.

Laveste grad - Investeringer blir ikke utført ved bruk av noen spesifikke metoder, men ved magesfølelse og tidligere erfaringer

Lav grad - Det blir manuelt samlet inn en begrenset mengde data som brukes i vurderingen av fremtidige investeringer.

Middels grad - Investeringer gjøres knyttet til data bedriften selv har anskaffet. Dette ved for eksempel å analysere produksjonsflyt og ledetid.

Høy grad - Investeringer gjøres etter gode datagrunnlag ved hjelp av digitale hjelpemidler

Høyeste grad - Det blir brukt digitale hjelpemidler som for eksempel skytjenester og dataanalyseverktøy for å vurdere og lagre informasjon om investeringer sammen med nytte-kostnadsanalyser.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad finnes det investeringsvilje i bedriften?

Investeringsvilje er viktig på samme nivå som endringsvilje. Konseptet industri 4.0 knytter seg rundt teknologier som kan være kostbare og implementere, som fører til at bedriften behøver å gjennomføre investeringer.

Laveste grad - Liten grad av investeringsvilje

Lav grad - Noe grad av investeringsvilje

Middels grad - En moderat grad av investeringsvilje

Høy grad - Stort sett god grad av investeringsvilje

Høyeste grad - Høy grad av investeringsvilje

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad har bedriften investeringsmulighet?

Investeringsmulighet sier noe om bedriftens økonomiske situasjon. Finnes det tilgjengelige midler nok til å gjennomføre investeringer? Investeringsmulighet er viktig i forhold til bedriftens videre arbeid mot industri 4.0.

Laveste grad - Ingen investeringsmulighet.

Lav grad - Liten grad av investeringsmulighet. Små investeringer.

Middels grad - Moderat grad av investeringsmulighet. Muligheter for å gjennomføre moderate investeringer.

Høy grad - Høy grad av investeringsmulighet. Gode muligheter for å gjennomføre investeringer.

Høyest grad - Høyeste grad av investeringsmulighet. Bedriften har store muligheter for å gjennomføre investeringer. Få økonomiske hindringer.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad er bedriften kjent med gevinstene rundt I4.0 investeringer?

Det blir nevnt at et problem for små og mellomstore bedrifter at de ikke er kjent med de potensielle gevinstene rundt det å investere i industri 4.0 teknologier og prinsipper.

Laveste grad - Ikke kjent med potensielle gevinster knyttet til industri 4.0 investeringer

Lav grad - Kjenner til noen potensielle gevinster, men ikke hvordan de skal gangne bedriften.

Middels grad - Kjenner til noen kortsiktige og langsiktige potensielle gevinster, og jobber mot å investere i industri 4.0 teknologier og prinsipper slik at det skal gagne deres bedrift.

Høy grad - Kjenner til både kortsiktige og langsiktige potensielle gevinster knyttet til industri 4.0 investeringer, men har ikke erfart de potensielle godene.

Høyeste grad - Kjenner godt til både kortsiktige og langsiktige potensielle gevinster knyttet til industri 4.0 investeringer, og har erfart de potensielle godene.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad har bedriften fokus på gevinstoppfølging og gevinstrealisering?

En definisjon av begrepet 'gevinster' er at de er målbare forbedringer gjennom endringer som anses som positive for en eller flere interessenter og som bidrar til å nå virksomhetens mål. Når det gjennomføres en investering har gjerne bedriften en plan på hvordan investeringen skal gagne bedriften. Gevinstene knyttet til investeringen kan være, reduserte kostnader, økt effektivitet og lignende. Oppfølgingen av gevinstene er svært viktige for å forsikre seg om at investeringene ga den uttellingen som var ment eller ønsket.

Gevinstoppfølgingen bør være et kontinuerlig arbeid målt med KPIer, for å maksimere ønskede gevinster.

Et eksempel kan være en investering i en ny og moderne maskin med mer funksjonalitet enn maskinen den erstattet for å øke effektivitet, men som brukes på samme måte som den gamle. Her realiseres altså ikke gevinstene i forhold det som var planlagt.

Laveste grad - Ingen form for gevinstoppfølging eller fokus på gevinstrealisering.

Lav grad - Prøver å ta i bruk investeringer som planlagt, men manglende oppfølging.

Middels grad - Følger opp investeringer, påbegynt arbeid med KPIer.

Høy grad - Arbeider med gevinstrealisering. Bruker KPIer for å følge opp investeringene

Høyest grad - Bedriften bruker gode, målbare KPIer og arbeider kontinuerlig med oppfølging og gevinstrealisering for å nå sine ønskede mål.



Laveste grad



Lav grad



Middels grad



Høy grad



Høyeste grad

Modenhetsundersøkelse: Operasjoner-dimensjon

Operasjoner-dimensjonen tar for seg emnene kvalitetsledelse, reparasjoner og vedlikehold, produksjonsprosess og IT-sikkerhet.

I hvilken grad jobbes det med å redusere variabilitet i produksjonsprosessene?

Et viktig punkt i kvalitetsledelse er å redusere defekter ved å fjerne variabilitet. Digitale verktøy kan være til stor hjelp ved å automatisere disse oppgavene og oppnå et mer nøyaktig resultat.

Laveste grad - Det er ikke noen klare retningslinjer for hvordan kvalitetsledelse skal foregå i produksjonsprosessene.

Lav grad - Det arbeides mot å redusere variabilitet i produksjonsprosessene, men ikke basert på informasjon og analyser

Middels grad - Det arbeides mot å redusere variabilitet i produksjonsprosessene basert på informasjon og analyser.

Høy grad - Bedriften bruker kontrollskjema og six sigma som en del av kvalitetsledelsen for å redusere defekter

Høyeste grad - Det blir tatt i bruk Big Data (Stordata) og dataanalyseverktøy når det jobbes med kvalitetsledelse for å sikre kontinuerlig forbedring og reduisering av variabilitet i produksjonsprosessene.



Laveste grad



Lav grad



Middels grad



Høy grad



Høyeste grad

I hvilken grad planlegges reparasjon og vedlikehold?

Ved bruk av data og elektroniske verktøy er det mulig å å nøyaktig forutse når maskineri trenger vedlikehold. Å planlegge reparasjon og vedlikehold kan arbeids- og materialkostader reduseres.

Laveste grad - Det er ikke en klar plan på når reparasjon og vedlikehold skal foretas.

Lav grad - Det er en plan på når reparasjon og vedlikehold skal foretas, men den er ikke alltid nøyaktig og ikke basert på data.

Middels grad - Det blir brukt noen elektroniske hjelpemidler for å utforme planlegging av reparasjon og vedlikehold og baseres på en blanding av data, magesfølelse, tidligere erfaringer. I tillegg skjer alt manuelt og er ikke alltid nøyaktig.

Høy grad - Det blir manuelt samlet inn data fra produksjonsprosessene og maskinene som skal være til hjelp for å utforme en plan for prediktivt reparasjon og vedlikehold.

Høyeste grad - Det blir automatisk samlet inn data ved bruk av f.eks sensorer fra produksjonsprosessene og maskinene som brukes til proaktiv reparasjon/vedlikehold.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad blir planlegging utført ved hjelp av IT-systemer?

Beslutningene om hva som skal lages, når det skal lages og hvor det skal lages er en del av planleggingen i bedriften for eksempel arbeidsoppgaveplanlegging eller produksjonsplan. Bedrifter kan planlegge hele produksjonen manuelt, men ved hjelp av digitale verktøy og data er det mulig å optimalisere planene. Dataanalyseverktøy kan bruke den innsamlede dataen for å optimalisere planene

Laveste grad - All planlegging blir utført manuelt

Lav grad - Det blir brukt elektroniske hjelpemidler til en viss grad, men det kreves fortsatt manuell justering.

Middels grad - Det blir lagret data for dokumentasjon, men dataen blir i liten grad analysert for å optimalisere planleggingen.

Høy grad - Det brukes digitale verktøy og algoritmer på lagret data som kan hjelpe å optimalisere planene.

Høyeste grad - Data fra flere områder (produksjon, lager, kunder) blir samlet inn og analysert automatisk. IT-systemene gir mulighet for proaktiv og agil planlegging.

- ☐ Laveste grad
- ☐ Lav grad
- ☐ Middels grad
- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad

I hvilken grad blir maskiner og operasjoner kontrollert av IT?

IT-systemer som kontrollører av maskiner og operasjoner er nødvendige for at en bedrift skal få oppfylt sin vision om industri 4.0. Mange av teknologiene er avhengige av at maskinene og operasjonene knyttes sammen og kommuniserer med hverandre. Det er et viktig aspekt i forhold til å automatisere produksjonsprosessene så mye som mulig.

Laveste grad - Ingen maskiner og operasjoner blir kontrollert av IT-systemer, og alt

opereres manuelt av de ansatte.

Lav grad - Et begrenset antall av maskiner og operasjoner blir kontrollert av IT-systemer, og resten opereres manuelt.

Middels grad - En stor andel av maskiner og operasjoner blir aktivt kontrollert av IT-systemer.

Høy grad - En stor andel av maskiner og operasjoner blir aktivt kontrollert av IT-systemer, og kommuniserer med hverandre.

Høyeste grad - Alle maskiner og operasjoner kan og blir kontrollert av IT-systemer. Det blir en brukt en stor mengde samtidssdata for å skape en digital tvilling.



Laveste grad



Lav grad



Middels grad



Høy grad



Høyeste grad

I hvilken grad er tilpasningsevnen til den eksisterende maskinparken i forhold til industri 4.0 standarder?

Mange av industri 4.0 teknologiene krever en moderne maskinpark. Dette for å gi støtte for maskin-til-maskin-kommunikasjon, Internet of Things (IoT), innsamling av stordata og muligheter for å benytte seg av kunstig intelligens.

Laveste grad - Maskinparken er utdatert, og det er ikke mulig å oppgradere noe av de eksisterende maskinene i bedriften.

Lav grad - Finnes enkelte maskiner som kan styres gjennom IT-systemer

Middels grad - Finnes maskiner som er kompatible for å styres gjennom IT-systemer, og maskiner kan oppgraderes.

Høy grad - De fleste maskinene har ansees som å mulig kunne adaptere ny teknologi.

Høyeste grad - Alle maskinene som blir sett på som relevante er mulige å adaptere til industri 4.0 teknologier.



Laveste grad



Lav grad



Middels grad



Høy grad



Høyeste grad

I hvilken grad blir produksjonsdata samlet inn digitalt?

I industri 4.0 vil hele produksjonsprosessen være tilgjengelig digitalt (digital tvilling), dermed trengs det tilgang til produksjonsdata. Produksjonsdata kommer i mange former avhengig av hva som produseres som f.eks mengde, temperatur, overflater, kvalitet,

Laveste grad - Det blir ikke samlet inn produksjonsdata

Lav grad - Det blir manuelt samlet inn produksjonsdata fra visse områder som blir loggført lokalt på datamaskinen.

Middels grad - Det blir manuelt samlet inn produksjonsdata fra de fleste områder og loggført ved bruk av skytjenester (Google Drive, OneDrive)

Høy grad - Det blir både automatisk og manuelt samlet inn produksjonsdata og loggført ved bruk av skytjenester og blir i en viss grad brukt til videre analyse av produksjonsprosessene.

Høyeste grad - All produksjonsdata blir automatisk samlet inn og loggført ved bruk av skytjenester som videre blir brukt til for eksempel prediktivt vedlikehold og optimering av prosesser.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad er det fokus på å håndtere IT-sikkerhet i bedriften? Mulig bytte ut til IT-arkitektur? Mer utfyllende og IT-sikkerhet blir gjerne et resultat. Kontinuerlig oppfølging av målbildet

Når en bedrift blir mer digital innebærer det risikoen for datainnbrudd og sensitiv informasjon som kan komme på avveie. Dermed er IT-sikkerhet et viktig aspekt innenfor industri 4.0.

Laveste grad - IT-sikkerhet har ikke vært diskutert i bedriften

Lav grad - Viktigheten med IT-sikkerhet er kjent i bedriften, men det har ikke blitt utarbeidet rutiner eller retningslinjer for å forsikre seg om at sensitiv informasjon ikke skal gå på avveie.

Middels grad - Bedriften planlegger retningslinjer og rutiner om hvordan sikker lagring av informasjon og sikker kommunikasjon skal foretas.

Høy grad - Bedriften er i prosessen med å implementere retningslinjer og rutiner om sikker lagring og kommunikasjon.

Høyeste grad - Det har blitt utarbeidet og implementert retningslinjer og rutiner for hvordan sikker lagring av informasjon lokalt og på skytjenester skal foretas og hvordan sikker kommunikasjon innad og utad i bedriften skal foretas.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

Modenhetsundersøkelse: Produkt-dimensjon

Produkt-dimensjonen tar for seg emnene digitalisering av produkter og produktutvikling, logistikk og tilbakemeldinger fra kunder.

I hvilken grad brukes kundedata på å forbedre produkter og operasjoner?

Å være kundeorientert er et sentralt tema i industri 4.0-sammenheng. Bedrifter kan bruke kundedata i form av tilbakemeldinger til å forbedre for eksempel produkter som selges.

Laveste grad - Bedriften tar ikke i bruk noen form for kundedata.

Lav grad - Bedriften har ikke noen rutiner for hvordan kundedata skal behandles, men tar i mot muntlige/skriftlige tilbakemeldinger.

Middels grad - Bedriften har manglende rutiner for analysering og behandling av kundedata, men tar i mot tilbakemeldinger og tilpasser produkter etter dette.

Høy grad - Bedriften har gode rutiner på å analysere kundedata og tilbakemeldinger, og jobber mot å skreddersy produkter basert på kundeønsker.

Høyeste grad - Bedriften har kontinuerlig kontakt med kunder gjennom digitale kanaler, har rutiner på hvordan kundedata skal behandles, tar i bruk digitale verktøy for å analysere kundedata og jobber mot skreddersyde produkter basert på kundens krav.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad er produktene digitaliserte? gdpr pii

Muliggjørende teknologier kan gjøre tradisjonelle produkter mer digitaliserte og skape nye forretningsmodeller for bedriften. Digitalisering av produkter kan også være for å holde kontroll på produktene gjennom produksjonsprosessen med for eksempel RFID

Laveste grad - Det blir ikke brukt noen digitale komponenter i produktene.

Lav grad - Finnes digitale systemer på produktet, men det blir ikke brukt i noen verdiskapende grad.

Middels grad - Noen av produktene består av innbakte, intelligente systemer og den innsamlede dataen fra systemene kan bli brukt av bedriften for verdiskaping.

Høy grad - Produktene består av innbakte systemer som automatisk samler inn data i produksjonsprosessen (f.eks defekter) og blir videre analysert av IT-systemer for å forbedre produktene og prosessene.

Høyeste grad - Produktene består av innbakte systemer som kan automatisk samle inn data til bedriften og videre bli analysert. Dette gir grunnlag for diversifisering og nye inntektskilder gjennom data-drevne tjenester.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

Digitalisering av produktutvikling

Å hente inn kundenes ønsker, gjøre det om til krav, designe og teste produktet er

oppgaver som muliggjørende teknologier kan effektivisere og gjøre lettere som for eksempel ved bruk av design- og simuleringsverktøy (f.eks CAD), visualiseringsteknologier (f.eks Virtual Reality) og 3D-printing.

Laveste grad - Produktutviklingen skjer på papir og det finnes ikke noen digitale verktøy for produktutvikling i bedriften.

Lav grad - Produktutviklingen skjer i en kombinasjon mellom digitale og ikke-digitale verktøy, grunnet for eksempel mangel på kunnskap eller felles strategi for produktutvikling.

Middels grad - Produktutviklingen er basert på kundenes krav og definisjoner som videre blir designet ved bruk av digitale verktøy, men det er mangel på funksjonaliteter som simulering, 3D-tegninger og prototyping.

Høy grad - Produktutviklingen er basert på kundenes krav som er lett tilgjengelige (f.eks ved bruk av skytjenester), og bli videre designet ved bruk av digitale verktøy (f.eks CAD).

Høyeste grad - Produkter blir designet og kjørt i simulasjoner ved bruk av digitale hjelpemidler (f.eks CAD). Støtte for visualisering ved hjelp av Augmented Reality/ Virtual Reality/ Mixed Reality (AR/VR/MR). Prototyping ved hjelp av 3D-printing.

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

☐ Høy grad

☐ Høyeste grad

I hvilken grad brukes digitale hjelpemidler for å forbedre logistikken til bedriften?

Å kontrollere pakking, lager, utsending og innhenting av varer kan effektiviseres og optimaliseres ved bruk av muliggjørende teknologier som for eksempel sensorer, stordata og autonome maskiner.

Laveste grad - Digitale hjelpemidler blir svært lite brukt innenfor logistikk.

Lav grad - På noen få områder blir det brukt digitale hjelpemidler for å utføre logistikkoppgaver. Større oppgaver (f.eks bevegelse av alle varer) er fortsatt utført manuelt av ansatte og ikke av autonome systemer.

Middels grad - Det er en blanding av oppgaver som utføres manuelt og oppgaver som utføres automatisk ved bruk av digitale verktøy. For eksempel kan bevegelsen av varer i bedriften være automatisert av maskiner, men håndtering av de inngående og utgående varene bli utført manuelt.

Høy grad - De fleste logistikkoppgavene i bedriften gjøres ved anvendelse av digitale verktøy. Bedriften har innført lean-prinsipper (f.eks redusering av lager, Just-in-Time, redusering av bevegelse) og tar i bruk digitale verktøy for å oppnå lean produksjon.

Høyeste grad - Ved bruk av stordataanalyse kan bedriften håndtere inngående og utgående varer på en predaktiv måte. Det blir brukt sensorer for å kontrollere lokasjon på varene og det er fokus på å redusere transport (forhåndsplanlagte ruter, optimalisere navigering) og bevegelse (autonome systemer).

☐ Laveste grad

☐ Lav grad

☐ Middels grad

- ☐ Høy grad
- ☐ Høyeste grad