

# **Tekoäly tuotekehityksessä**

Suunnittelun näkökulmasta

Kone- ja materiaalitekniikan laitos  
pro gradu -tutkielma

Laatija:  
Veikka Piironen

24.4.2024  
Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu  
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidatututkielma / Pro gradu -tutkielma / Lisensiaatintutkielma

**Oppiaine:** Konetekniikka

**Tekijä(t):** Veikka Piironen  
**Otsikko:** Tekoäly tuotekehityksessä  
**Ohjaaja(t):** Professori Jussi Kantola  
**Sivumäärä:** 25 sivua  
**Päivämäärä:** 24.4.2024

## Abstract

Teknologian kehittyessä ja halventuessa tekoälyä voidaan alkaa hyödyntämään laajemmin erilaisissa prosesseissa. Tuotteiden alenevan käyttöiän, teknologian nopean kehityksen ja kovan kilpailun myötä tuotekehitysprosessista on tullut suurempi kehityskohde yrityksissä. Tekoälyn kehittymisen kiihtyminen auttaa tuomaan yrityksille uusia mahdollisuuksia tuotekehitysprosessin nopeuttamiseen ja tehostamiseen. Tässä tutkielmassa kartoitetaan tärkeimpiä tekoälyn mahdollistamia työkaluja tuotekehityksen näkökulmasta. Tutkielmassa keskitytään suunnittelutyöhön, joten markkinointiin ja myyntiin keskittyvät sovellukset on rajattu pois. Tutkielma on suoritettu kirjallisuuskatsauksena. Aineistoista saatujen tietojen mukaan tekoälyllä on paljon potentiaalia tuotekehitysprosessissa. Yrityksistä 13 % käyttää tekoälyä tuotekehitysprosessissaan ja suuret yritykset ovat kehittäneet työkaluja, jotka nopeuttavat tuotekehitysprosessia huomattavasti. Tekoälyn kehittäminen toimivaksi osaksi on kuitenkin vaikeaa ja kallista, joten pienet yritykset ovat vaarassa jäädä suurten yritysten jalkoihin tuotekehitysprosessien tehokkuudessa.

**Avainsanat:** Artificial Intelligence, Product Development

# Sisällysluettelo

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Johdanto</b>                               | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Tekoäly</b>                                | <b>5</b>  |
| 2.1      | Historia                                      | 5         |
| 2.2      | Tekoälyn eri tasot                            | 6         |
| 2.3      | Koneoppiminen                                 | 7         |
| 2.4      | Data  | 9         |
| <b>3</b> | <b>Tuotekehitys</b>                           | <b>10</b> |
| <b>4</b> | <b>Tekoäly ja tuotekehitys</b>                | <b>12</b> |
| 4.1      | Ideointi ja prosessin aloitus                 | 12        |
| 4.1.1    | Tekoälyn sovelluksia ideoinnissa              | 12        |
| 4.2      | Suunnittelu                                   | 14        |
| 4.2.1    | Tekoälyn sovelluksia suunnittelussa           | 14        |
| 4.3      | Testaus ja parantaminen                       | 16        |
| 4.3.1    | Tekoälyn sovelluksia testauksessa             | 17        |
| 4.4      | Tuotannon käynnistäminen                      | 18        |
| 4.4.1    | Tekoälyn sovelluksia tuotannon käynnistämässä | 18        |
| <b>5</b> | <b>Johtopäätökset</b>                         | <b>19</b> |
| 5.1      | Tulevaisuuden näkymät                         | 19        |
|          | <b>Lähteet</b>                                | <b>21</b> |

# 1 Johdanto

Tietokoneiden laskentatehon kasvaessa tekoälyn kannattavuus organisaatioiden jokapäiväisessä työnteossa on kasvanut roimasti. Yritykset pyrkivät pysymään tekniikan trendien aallossa mukana maksimoidakseen liikevoittonsa. (Hilb, 2020) Vaikka nykyiset tekoälyn mallit ovat vielä melko kalliita on selvää, että tulevaisuudessa tekoäly tulee ottamaan isompaa ja isompaa roolia. (Holzinger, 2021) Tuotekehitysprosessiin on muotoiltu jo vuosia erilaisia malleja nopeuttamaan prosessia. Tuotekehityksellä on myös kasvava tarve olla tehokkaampi ja nopeampi sillä useiden alojen tuotteiden elinikä on ollut laskussa jo vuosikymmeniä ja uusia tuotteita ja innovaatioita tarvitaan markkinoille jatkuvasti. (Lei ym., 2022) Tekoäly toimii jo nyt hyvin toistuvien rakenteiden suunnittelussa, kun sille annetaan halutut parametrit ja lähitulevaisuudessa pelkästään piirtämiseen suuntautuneet suunnittelija käyvät tarpeettomiksi suuressa osassa koneellisuutta. (Imran Azeem & Iannucci, 2022; Nadikattu, 2016) Jatkuva kehitys tekoälyn alalla antaa sille tulevaisuudessa vielä paljon enemmän sovellusmahdollisuuksia ja tarjoaa kasvumahdollisuuksia sen käyttäjille. (Karakoylu ym., 2020)

Tämä tutkielma on suoritettu kirjallisuuskatsauksena, jossa on tutkittu aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Tutkielman tavoitteena on kertoa lukijalle minkä tyyppisissä tehtävissä tekoäly on parhaimmillaan ja miten sen hyviä ominaisuuksia voidaan soveltaa tuotekehitysprosessissa. Tutkielman tutkimuskysymykset:

1. Miten tekoälyä voidaan hyödyntää tuotekehitysprosessissa?
2. Mitä hyötyä tekoälyn käytöstä näissä sovelluksissa on?

Tutkielmassa käydään ensin läpi tekoälyn tärkeimmät puolet ja ominaisuudet. Tämän jälkeen määritellään mitä on tuotekehitys. Viimeisessä osiossa ennen johtopäätöksiä käydään läpi, miksi tekoälyn kehitys on tuotekehitysprosessin näkökulmasta kannattavaa ja minkälaisia eri sovelluksia tekoälylle on. Sovelluksia tarkkaillaan yleisen tuotekehitysprosessin mallin vaiheiden mukaan, niin että suunnittelulle relevanteimmat osiot eli konseptien kehitys, järjestelmätason suunnittelu ja yksityiskohtainen suunnittelu on yhdistetty yhdeksi vaiheeksi niiden samankaltaisuuden ja tutkielman sujuvuuden vuoksi. Tässä tutkielmassa on rajattu pois kaikki pääasiallisesti markkinointiin ja myyntiin liittyvät sovellukset ja pitäydtytty suunnittelussa. Tutkielmassa ei myöskään oteta kantaa tekoälyn eettisiin tai lainsäädännöllisiin ongelmiin. Viimeisenä tutkielmassa on johtopäätökset, johon on kerätty keskeisimmät havainnot luetun aineiston perusteella saaduista tiedoista.

## 2 Tekoäly

Tekoäly tai AI (eng. Artificial Intelligence) on tieteen ja tekniikan alalaji, jossa pyritään valmistamaan tai suunnittelemaan tietokoneohjelmia tai koneita, jotka pystyvät joko matkimaan ihmisen tekemää työtä tai suorittamaan tehtäviä, jotka vaativat tavallisesti ihmisen älyllistä panosta. (Neelam, 2022) Keskeinen osa tekoälyä ja sen kehitystä on suunnitella järjestelmästä itseoppiva ja itsekehittyvä. Ihmisen aivojen lailla toimiva järjestelmä pystyy oppimaan uutta tietoa ja optimoimaan toimintaansa, ilman ihmisen väliintuloa, kun sille on syötetty tarpeeksi dataa. Käytännössä tekoäly on joukko matemaattisia malleja ja algoritmeja, joita muokataan ja kehitetään massiivisten datamäärien pohjalta. Tekoälyn toiminta perustuu datan analysointiin ja prosessointiin valtavalla mittakaavalla käyttäen erilaisia monimutkaisia algoritmeja. (Amazon, 2024; Holzinger, 2021)

### 2.1 Historia

Älykkäiden koneiden konsepti on peräisin vuosisatoja sitten eläneiden, filosofien ja fantasiakirjailijoiden teoksista. Jo 1600-luvulla ranskalainen filosofi Rene Descartes (1596–1650) käytti metaforaa ”mekaaninen mies” kuvaillessaan älyllisiä koneita. Jules Verne (1828–1905) kirjoitti tieteisfiktiokirjoihinsa älyllisiä ei-ihmisiä. (Neelam, 2022)

1940-luvulla tekoälyn mahdollistavilla aloilla alkoi tapahtua, kun matemaatikko John Von Neumann (1903–1957) suunnitteli ohjelmapohjaisen tietokoneen ja neurofysiologi Warren McCulloch (1898–1969) ja loogikko Walter Pitts (1923–1969) tekivät esityön neuroverkolle. (Laskowski, 2023) Ensimmäiset elektroniset tietokoneet kehitettiin 40-luvulla ja jo vuonna 1950 Alan Turing julkaisi artikkelin ”Computing Machinery and Intelligence”, joka käsittelee älyllisten koneiden luomista ja niiden testausta. Artikkelissaan Turing kuvailee muun muassa testiä, jossa selvitetään, pystyykö tietokoneen toimintaa erottaa ihmisen toiminnasta tietyillä parametreilla. Myöhemmin testi on kantanut nimeä Turing-testi. (Turing, 1950)

Itse termi ”artificial intelligence” on ensimmäisen kerran otettu käyttöön vuonna 1955, kun tietojenkäsittelytieteilijät John McCarthy (1927–2011) ja Marvin Minsky (1927–2016) käyttivät sitä kutsuessaan tutkijoita koolle konferenssiin nimeltä ”Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence”. Seuraavana vuonna järjestettyä konferenssia pidetään laajalti tekoälyn tieteenalan syntymähetkenä. (Laskowski, 2023; Neelam, 2022; Press, 2016) Ensimmäisen Turing-testin läpi

päässeen tietokoneohjelman kehitti vuosina 1964–66 Joseph Weizenbaum (1923–2008). Ohjelma oli luonnollisen kielen käsittelyjärjestelmä. (Natale, 2019)

Tietokoneiden kehittyessä ja teknologian muuttuessa edullisemmaksi pystyttiin käyttämään ja kehittämään monimutkaisempia ohjelmia. Tekoölyn tutkimus ja kehitys kukoisti 1974 vuoteen asti, kun matemaatikko James Lighthill (1924–1998) julkaisi ns. Lighthill-raporttinsa, jossa hän ilmaisi tyytymättömyyttään tekoölyn hitaaseen kehitykseen. Yhdistynyt kuningaskunta ja Yhdysvallat lopettivat tekoölyn tutkimusten rahoittamisen ja sen jälkeen sitä rahoittivat pääasiassa yksityiset tahot, paitsi Japanissa, missä valtio sijoitti paljon rahaa tekoälytutkimukseen 1980-luvulla. (Anyoha, 2017; Neelam, 2022)

Tekoäly on kehittynyt tasaisesti ja saavuttanut uusia tavoitteita matkan varrella. Esimerkiksi vuonna 1997 IBM Deep Blue -tekoäly voitti shakin maailmanmestarin Garry Kasparovin ja 2016 Googlen omistaman DeepMindin kehittämä AlphaGo voitti Gon maailmanmestarin Lee Sedolin. (Laskowski, 2023; Neelam, 2022)

Nykyään tekoäly on kehittyvä osa monessa suuremman kokoluokan yrityksessä ja on tärkeä osa niiden tulevaisuuden kehityskaarta. Tekoälyä hyödynnetään nykyään esimerkiksi älykkäässä valmistuksessa (eng. Smart Manufacturing). Tekoölyn yhdistäminen sensoreihin ja suureen määrään analyttistä dataa antaa sille mahdollisuuden prosessoida valtavia määriä tietoa tehokkaasti, missä se on selvästi ihmistä parempi. Tekoölyn tekemät havainnot auttavat ihmisiä päätöksenteossa tai ne voivat tehdä päätökset omatoimisesti laajasti robotisoidussa ympäristössä. Koneoppimisen ansiosta tekoälyä on voitu alkaa käyttämään työprosessien optimointiin sille annetun datan mukaan. (Amazon, 2024; Neelam, 2022)

Älykkään valmistuksen lisäksi tekoäly soveltuu hyvin liiketoiminnan analytiikkaan, häiriöiden ennakoimiseen ja tuotteiden suunnitteluun sekä kehitykseen. Tekoälyä voidaan käyttää jollain tapaa hyödyksi käytännössä kaikissa suurissa prosesseissa aina oikeustieteestä logistiikkaan. Erittäin pienissä prosesseissa tekoölyn käyttö on epäkäytännöllisempää sen kehittämiseen käytettävien resurssien takia. (Laskowski, 2023)

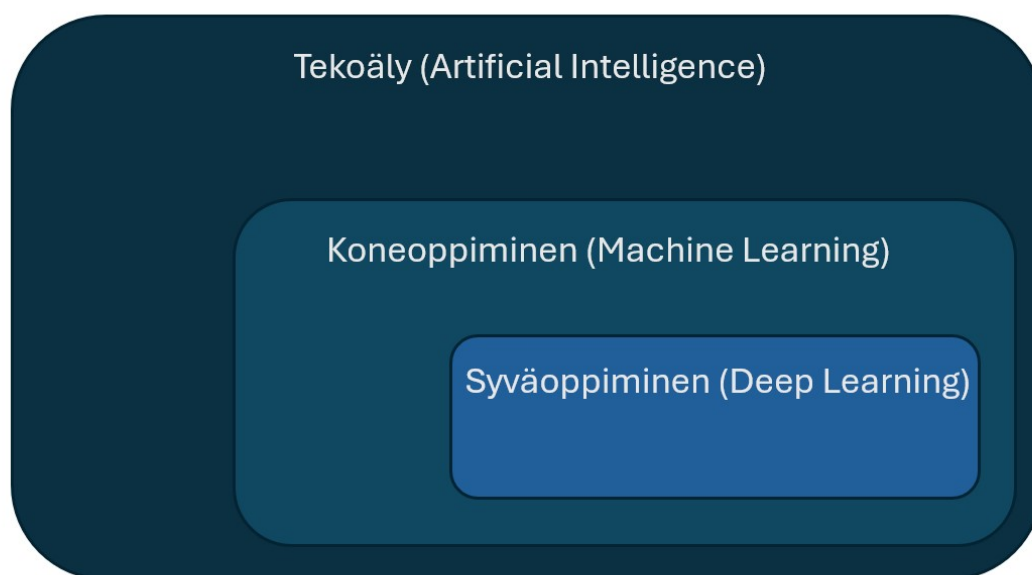
## 2.2 Tekoölyn eri tasot

Tekoäly voidaan jakaa heikkoon tekoölyyn (eng. Artificial Narrow Intelligence), vahvaan tekoölyyn (eng. Artificial General Intelligence) ja supertekoölyyn (eng. Artificial Superintelligence). Kaikki nykyinen tekoäly on tähän mennessä ollut heikkoa tekoälyä, joten vahva ja supertekoäly ovat olemassa vain teoriassa. Heikko tekoäly pystyy toimimaan vain tiettyjen parametrien mukaan siinä tarkoituksessa, mihin se on ohjelmoitu, ja se soveltuu hyvin kertautuviin ja tylsiin tehtäviin, kun taas

vahva ja supertekoäly pystyvät mukautumaan ja ymmärtämään komplekseja asioita kuten ihminen. Supertekoäly eroaa vahvasta vain siten, että se on viisaampi ja tehokkaampi kuin ihmisen aivot, kun taas vahva tekoäly on ihmisen tasolla. (Kanade, 2022)

## 2.3 Koneoppiminen

Vaikka termejä tekoäly, koneoppiminen ja syväoppiminen käytetään toisinaan vaihdellen, ne itse asiassa viittaavat tekoälyn eri ala-alueisiin (Kuva 1).



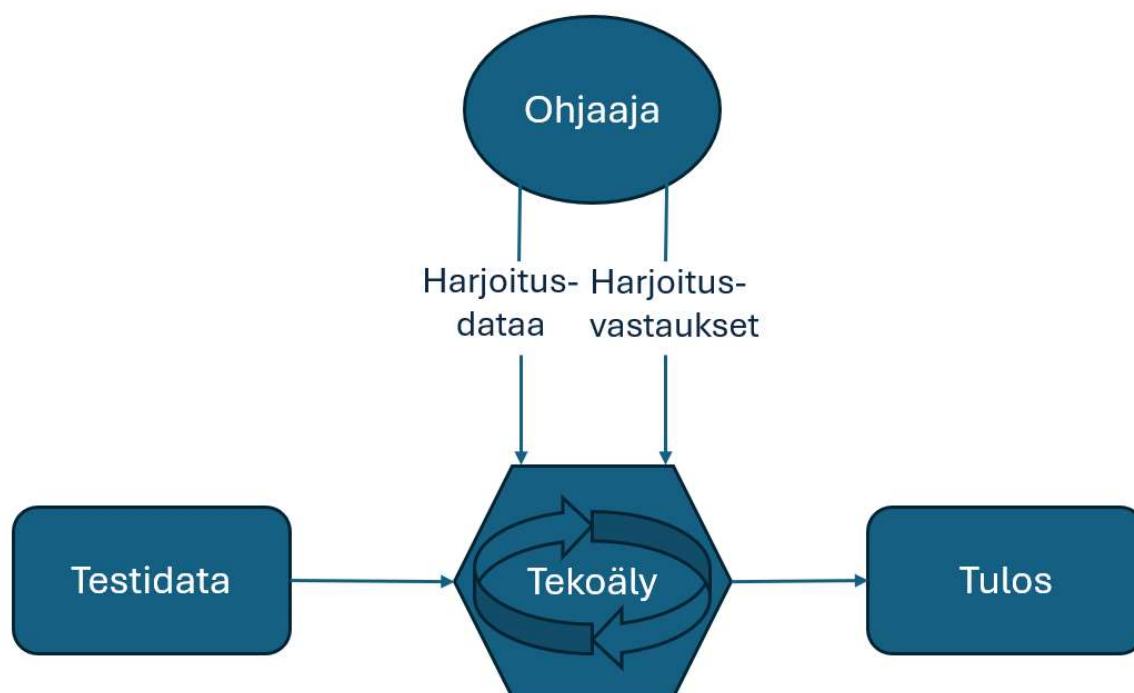
Kuva 1: Tekoälyn osa-alueita.

Koneoppimisessa pyritään kehittämään tietokoneohjelma, joka oppii ilman, että sitä tarvitsee erikseen ohjelmoida. (Laskowski, 2023) Syväoppiminen taas on koneoppimisen tekniikka, jossa algoritmit on kerrostettu mallintamaan ihmisten aivojen mukaisia neuroniverkkoja. Tällä pyritään vähentämään ihmiseltä tarvittavia korjauksia ja lopputavoite onkin, että neuroverkot eivät tarvitsisi yhtään ohjattua syötettä ihmisiltä. Syväoppiminen kuitenkin vaatii suuria määriä dataa, kun taas koneoppiminen oppii pienemmistäkin laadukkaista tietoaaineistoista. Syväoppiminen soveltuu hyvin ongelmiin, joissa pitää ottaa huomioon mahdolliset epätarkkuudet ja moniselitteisyydet, kun käsitellään suurta määrää luokittelematonta dataa. Koneoppiminen ja syväoppiminen eivät keskity käyttäytymään ihmisen

tapaan, kuten tekoäly, vaan sillä pyritään löytämään tietoaineistoista yhteyksiä ja mahdollisesti hyödynnettäviä tietoja todella nopeasti ja ilman ihmisen työstä aiheutuvia virheitä. (Coursera, 2024; Dilek ym., 2015)

Koneoppimisen erityyppiset oppimisalgoritmit voidaan jakaa kolmeen eri osaan opetusmenetelmän luonteen mukaan: ohjattu oppiminen (eng. Supervised Learning), ohjaamaton oppiminen (eng. Unsupervised Learning) ja vahvistusoppiminen (eng. Reinforced Learning). Ohjattu oppiminen (Kuva 2) suoritetaan syöttämällä tekoälylle manuaalisesti luokiteltua dataa, jossa on mukana oikeat vastaukset. Tekoäly oppii yhdistämään datasta ja oikeista vastauksista samankaltaisuuksia siten kehittää toimintaansa, jotta antaisi itse myös aina oikean vastauksen. (Nasteski, 2017)

Ohjattua oppimista kehittyneempi opetusmenetelmä on ohjaamaton oppiminen, jossa luokittelematonta dataa syötetään algoritmillemme eikä sille anneta oikeita vastauksia, vaan annetaan ohjelman itse etsiä mielenkiintoisia osia datasta sen perusteella, mitä sille on aikaisemmin annettu tehtäväksi. Ohjaamatonta oppimista käytetään pääasiassa suurien data-aineistojen ryhmittämisessä eli klusteroinnissa. (Bi ym., 2019)



Kuva 2: Yksinkertaistettu malli ohjatusta oppimisesta.

Vahvistusoppiminen on muuten samanlaista kuin ohjaamaton oppiminen, mutta siinä ohjelmalle annetaan palautetta tehtävän onnistumisen perusteella. Siten algoritmi oppii välttämään tiettyjä virheitä. Vahvistusoppimisella voidaan pitkän ajan saatossa saavuttaa parempi suorituskyky kuin ihmisellä. Vahvistusoppimisella pystytään kouluttamaan tekoäly suorittamaan myös



monimutkaisempia tehtäviä, kuten videopelien pelaamista tai autolla ajamista, vaikkakin opettaminen on vielä melko hidas prosessi. (Bi ym., 2019; Botvinick ym., 2019; Mahesh, 2019)

Nykyään teollisuudessa käytetään enimmäkseen ohjattua oppimista, mutta pyrkimys on vaihtaa ohjaamattomaan oppimiseen, koska siinä tarvitaan vähemmän ihmisen väliintuloa. Eri opetusmenetelmiä käytetään usein myös yhdessä. (Mahesh, 2019)

## 2.4 Data

Datan määrä maailmassa on kasvanut valtavaa vauhtia. Dataa tulee lisää, joka sekunti esimerkiksi internetsivujen ”kekseinä”, liikuntasovellusten suoritteina tai kissavideoina. Pelkästään vuodesta 2018 vuoteen 2023 datan tallentamiseen tarvittavien laitteiden kokonaiskapasiteetti on kaksinkertaistunut. Maailman datasta 80–90 % on luokittelematonta, minkä takia siitä on vaikea hyötyä. Tekoälyä voidaan kouluttaa tunnistamaan datasta tietynlaisia osia, joita se pystyy kokoamaan tarkoituksenmukaisempaan muotoon. (Davis, 2019) Datan prosessoinnilla tekoälyn avulla yritykset voivat säästää rahaa datakäsittelyssä ja saada parempaa ja tarkempaa tietoa esimerkiksi markkinatilanteesta tai asiakkaidensa käytöksestä. Suurien datamäärien nopea käsittely voi myös auttaa pelastamaan henkiä, kuten luonnon katastrofeja ennustaessa sää tietojen tai maankuoren mittausten perusteella. (Feinleib, 2014; Marr, 2021) Laadukas data on tärkeää tekoälyn opettamisessa, sillä jos data ei ole tarpeeksi tarkkaa tai se on vaikeassa muodossa, kärsii tekoälyn opetusnopeus tai pahimmassa tapauksessa se oppii vääriä asioita ja toimintoja, mikä tekee sen käyttökelvottomaksi. (Feinleib, 2014; Satpathy ym., 2021)

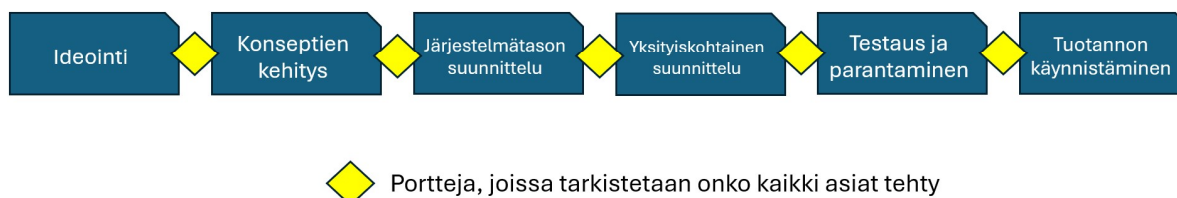
### 3 Tuotekehitys

Tuotekehitys on prosessi, jonka tavoitteena on kehittää vanhoja tuotteita tai kokonaan uusi tuote. Kehitysprosessin taustalla on tavoite kasvattaa yrityksen kannattavuutta ja tuotteiden myyntiä sekä pitää ne kilpailukykyisinä. Nopeasti kehittyvä tekniikka ja vaihtelevat asiakastarpeet motivoivat yrityksiä kehittämään tuotteitaan ja palveluitaan. Yleisesti ottaen tuotteiden elinikä on useilla aloilla alkanut lyhentyä, mikä suurentaa tuotekehityksen merkitystä nykytaloudessa. (Jokinen, 2001; Unger & Eppinger, 2011)

Tuotekehitysprosesseja on monia erilaisia ja yritykset pyrkivätkin kehittämään omiaan jatkuvasti. Erilaiset tuotekehitysprosessit sopivat paremmin tietyille aloille kuin toiset ja prosessin suunnittelussa tulee miettiä, mikä olisi paras lähestymistapa kyseiselle yritykselle riskit ja yrityksen liiketoimintamalli huomioon ottaen. Innovatiiviset ideat tuotteille eivät riitä vaan yritykset tarvitsevat tehokkaan ja sopivan tuotekehitysprosessin tukemaan innovaatioita eteenpäin prosessissa kohti onnistunutta markkinoille tuloa. (Unger & Eppinger, 2011)

Yleinen tuotekehitysprosessi (Kuva 3) koostuu kuudesta vaiheesta, joiden välissä on portit, jotka kuvaavat edellisen vaiheen tarkastelua ja seulontaa sekä seuraavan vaiheen suuntaamista. Vaiheet ovat ideointi, konseptien kehitys, järjestelmätason suunnittelu, yksityiskohtainen, testaus ja parantaminen ja tuotannon käynnistäminen. Kuten kappaleessa kaksi mainittiin, on tässä tutkielmassa konseptien kehitys, järjestelmätason suunnittelu ja yksityiskohtainen suunnittelu yhdistetty yhteen. Yhdistetty vaihe on nimetty niissä tehtävän päätehtävän mukaan yksinkertaisesti suunnitteluksi. (Ulrich & Eppinger, 2016)

## Yleinen tuotekehitysprosessi



Kuva 3: Yleinen tuotekehitysprosessi. (Muokattu lähteestä Ulrich & Eppinger 2016)

Useimmat tuotekehitysprosessit ovat tämän yleisen tuotekehitysprosessin muunnoksia, joissa on esimerkiksi muokattu vaiheiden järjestystä tai lisätty iterointia vaiheiden välillä tai sisällä. Vaiheiden

ja porttien sisäiset prosessit voivat vaihdella paljon eri yritysten ja eri alojen välillä. (Ulrich & Eppinger, 2016; Unger & Eppinger, 2011)

## 4 Tekoäly ja tuotekehitys

Tekoälyn kehitys tulee muuttamaan tulevaisuudessa paljon ja tuotekehitys ei ole poikkeus. Nykyiset tuotekehitysmallit ovat pysyneet samankaltaisina melko pitkään. Tekoälyn integrointi tuotekehitysprosessiin muuttaa tuotekehitysprosessia pysyvästi, mutta sen rakenteen uskotaan pysyvän pitkälti samana. Integroinnin aloittaneet yritykset, kuten GE ja Nestlé, ovat saaneet positiivisia tuloksia tekoälyn käytöstä ja todenneet, että sille löytyy lukuisia käyttötarkoituksia. Nämä yritykset ovat huomanneet, että tekoälyn tehokkaalla hyödyntämisellä on pystytty huomattavasti nopeuttamaan tuotekehitysprosessia. Vuonna 2023 tehdyn tutkimuksen mukaan 13 % yrityksistä käyttävät tekoälyä tuotekehitysprosessissa, mutta luvun odotetaan nousevan, sillä tekoälyä käyttävät yritykset ovat osoittaneet, että sen käyttö on tuonut huomattavia hyötyjä nopeudessa, tarkkuudessa ja innovaatioiden määrässä. (Cooper, 2024)

### 4.1 Ideointi ja prosessin aloitus

Ideoinnin vaiheesta käytetään joskus myös nimeä suunnittelu tai ”phase zero”. Tässä tutkielmassa käytetään kuitenkin sanaa ideointi selvyden vuoksi. Ideointi edeltää itse tuotekehitysprosessin hyväksymistä ja aloitusta. Yrityksessä aloitetaan yritysstrategian, liiketoiminnan ja teknologian kehityksen ohjaama kartoitus uusista mahdollisuuksista kasvaa yrityksenä. Ideoinnin aikana kehitetään kehitysprojektille missio. Missiosta käy ilmi kehitettävän tuotteen kohderyhmä, projektin tärkeimmät oletukset, taloudelliset tavoitteet ja taloudelliset sekä teknologiset rajoitteet. (Ulrich & Eppinger, 2016)

#### 4.1.1 Tekoälyn sovelluksia ideoinnissa

Tuotekehitysprosessin alkuvaiheessa tehtävänä on uusien teknologisten innovaatioiden kartoittaminen ja arvioiminen sekä uuden tuotteen alustan ja arkkitehtuurin suunnittelua. (Ulrich & Eppinger, 2016)

Yleiset tekoälyt, kuten ChatGPT tai MidJourney voivat toimia inspiraation lähteenä uusille ideoille. Kohdistetun ja hyödyllisemmän ideoinnin saralla tällaiset tavalliset generatiiviset tekoälyt ovat vielä alkutekijöissä, sillä algoritmien on vaikea ns. keksiä mitään uutta ja järkevää ideaa vain pienillä määrillä rajoitteita ja parametrejä. (Cooper, 2024) Tähän vaiheeseen tarvittaisiin yleistä tekoälyä, mikä on vielä tänä päivänä saavuttamattomissa. Jos tekoälylle kuitenkin antaa enemmän rajoituksia voi se ”tarkastaa” ja tukea ihmisen antamia ideoita. Ihmisen tekemässä ideoinnissa on heikkoja kohtia,

kuten kehittymättömät ja liian alaspesifit mielikuvat, rajoitettu kognitiivinen teho ja ennakkoluulot, jotka haittaavat hyvän abduktiivisen päättelykyvyn sarjaa. Tekoälyn ja sen suorittamalla datalouhinnalla voitaisiin paikkailla näitä epäkohtia sekä tuoda esiin tekoälyn löytämiä poikkeuksellisia havaintoja, joita ihminen ei olisi edes voinut huomata omassa ideointi prosessissaan. (Cooper, 2024; Garbuio & Lin, 2021; Kanade, 2022)

Datalouhinnalla tarkoitetaan hyödyllisen tiedon etsimistä suuresta tietolähteestä. (M.-S. Chen ym., 1996) Tekoälyn suorittamaa datalouhintaa voidaan hyödyntää myös tuotteen tarpeiden selvittämisessä. Tekoäly käy läpi myyntitietoja, myyntistrategioita ja asiakaspalautetta, joista se selvittää mitä asiakkaat tuotteesta haluavat ja mikä on heille tärkeää. Siten yritykset tietävät mitä heidän pitää kehittää tuotteessa, jotta saavat suuremman osan markkinoista itselleen. Tekoälyn pitää osata ottaa huomioon monia eri asioita, jotta kuvasta tulee mahdollisimman selvä. Esimerkiksi se, että yhtä tuotetta on ostettu paljon ei välttämättä tarkoita, että se on paras tai tyydyttävä vaan se saattaa yksinkertaisesti olla ainoa vaihtoehto siinä hintahaarukassa tai sillä maantieteellisellä alueella. (Bae & Kim, 2011) Esimerkkinä tekoälyn datalouhinnasta voidaan ottaa Unilever nimisen yrityksen lanseeraama uusi ihonhoitotuotesarja. Tekoäly tutki sosiaalisen median väyliä ja tunnisti kasvavia trendejä, asiakkaiden preferenssejä ja paikansi mahdollisuuden uudelle tuotteelle. Tekoälyn löytöjen perusteella Unilever kehitti uuden tuotesarjan, joka vastasi asiakkaiden tarpeisiin. Nestlé on soveltanut tätä teknologiaa vielä pidemmälle ja kehittänyt tekoälyn, joka markkinaskannauksen lisäksi tekee suoran konseptiesityksen tuotteesta. (Cooper, 2024)

Aloilla, joissa suunnittelu on pääasiassa visuaalista, kuten muotiteollisuudessa voidaan tekoälyllä toimivia visuaalisia generaattoreita hyödyntää isommalla kapasiteetilla. Tekoälyn luovuutta imitoivassa prosessissa on kaksi keskeistä vaihetta: divergenssi ja konvergenssi. Ensin tulee divergenssivaihe, jossa tekoäly keskittyy vaihtoehtojen luomiseen ja kehittää monta erilaista ratkaisua tai ulostuloa annetulle syötteelle. Algoritmille sopii hyvin ohjaamattoman oppimisen algoritmi, joka tuottaa tuloksia vapaammin. Konvergenssivaiheessa ohjatulla oppimisella koulutettu algoritmi kokoaa divergenssivaiheen parhaat tulokset kokoon oman oppimansa mukaan ja antaa ne käyttäjälle. Tekoäly periaatteessa laittaa lukuisia olemassa olevia kuvia yhteen ihmisen syötteestä improvisoituneena. Nämä usein sekasortoiset kuvat puolestaan innoittavat ihmistä keksimään niille jatkoa tai hiomalla niitä paremmiksi. (L. Chen ym., 2019; Griebel ym., 2020)

## 4.2 Suunnittelu

Konseptin suunnittelussa arvioidaan ja kehitetään erilaisia tuotekonsepteja sekä kehitetään yksinkertaistettuja prototyyppejä mahdollisesta tuotteesta. Tuotteelle määritellään käyttötarkoitus, kohderyhmä ja tietyt suuntaa antavat spesifikaatiot. Järjestelmäsuunnittelussa tuote jaetaan erilaisiin osajärjestelmiin ja suunnitellaan tarkemmin. Vastuu osajärjestelmien tarkemmasta suunnittelusta voidaan jakaa niin yrityksen sisäisille kuin ulkoisille ryhmille. Järjestelmäsuunnittelun vaiheessa suunnitellaan myös alustava suunnitelma tulevalle tuotantoprosessille. Suunnittelun viimeiseen vaiheeseen eli yksityiskohtaiseen suunnitteluun kuuluu tuotteen tarkemman geometrian määrittely, materiaalien valinta ja uusien osien toleranssien selvitys sekä vanhojen tai yrityksen ulkopuolelta hankittavien osien selvitys. Myös tuotteen tuotantoprosessiin tarvittavat suunnitelmat ja tuotannossa käytettävät työkalut kehitetään. (Ulrich & Eppinger, 2016)

### 4.2.1 Tekoälyn sovelluksia suunnittelussa

Suunnittelussa tähän mennessä tärkein tekoälyn sovellus on generatiivinen suunnittelu. Generatiivinen suunnittelu muuttaa sitä, miten suunnittelemme tuotteita tulevaisuudessa. Lisäävän valmistuksen kehittyessä kannattavammaksi ja luotettavammaksi antaa se mahdollisuuden generatiivisille työkaluille nousta suurempaan asemaan. (Wang ym., 2020)

Generatiivisessa suunnittelussa tekoäly opetetaan jäljittelemään luonnossa tavattavia vahvoja rakenteita, sillä ne ovat kehittyneet evoluution aikana optimaalisiksi käyttötarkoituksiinsa, ja niitä voidaan hyödyntää myös ihmisten suunnittelemissa tuotteissa. Generatiivisessa suunnittelussa yhdistetään tekoälyn nopea iterointikyky sekä syötetyt lähtöparametrit, kuten materiaalin ominaisuudet, tuotteen mitat, kustannusrajoitukset ja valmistustekniikat. (McKnight, 2017) Käyttäjä syöttää ohjelmalle halutut lähtöparametrit ja tekoäly ohjaa suunnitteluohjelmiston, pilvilaskennan siivittämänä, käymään läpi tuhansia eri kokoonpanoja ja malleja täyttämään lähtöparametrien vaatimukset. Tekoäly oppii jokaisella läpikäynnillä optimoimaan suunnitteluprosessiaan nopeammaksi ja tarkemmaksi. Ulostulona on lukuisia, usein rakenteellisesti monimutkaisia rakenteita, joista suunnittelijat valitsevat sen, joka palvelee parhaiten käyttötarkoitusta. Ohjelmiston suunnittelemat osat ovat kevyempiä, kestävämpiä ja käyttävät vähemmän materiaalia kuin ihmisen suunnittelemat kappaleet, mutta ne on syytä arvioida tarkasti, sillä tekoäly ei ole välttämättä ottanut huomioon kaikkia mahdollisia jännitteitä ja rasitteita kappaleessa, ellei sille ole erikseen niitä käsketty tai opetettu. (McKnight, 2017; Wang ym., 2020) Koska osat ovat evolutiivisesti muotoiltuja on niiden

koneistaminen usein hankalaa tai jopa mahdotonta ja muiden tuotantotapojen, kuten muottien käyttö olisi usein epäkannattavaa. Generatiivinen suunnittelu kehittyikin käsikädessä lisäävän valmistuksen (3D-printtaus) kanssa, millä pystytään valmistamaan monimutkaisempia muotoja helposti, mutta valmistus on vielä hidasta. Ohjelmistolla voidaan suunnitella myös taloudellisempia ja helpommin valmistettavia muotoja, parametrejä vaihtaen. (Wang ym., 2020)

Generatiivinen suunnittelu antaa insinööreille mahdollisuuden tutkia monia eri vaihtoehtoja nopeasti ja nopeuttaa suunnitteluprosessia huomattavasti. Yhteistyössä Teollisuus 4.0 muiden innovaatioiden kanssa, kuten lisäävän valmistamisen, jauhepölytuotuksen ja pilvilaskennan, generatiivisella suunnittelulla voidaan mahdollistaa lähes ääretön kappaleiden kustomointi, helpompi tie suunnitteluun ja suuria hyppäyksiä suorituskyvyssä. Ongelmia generatiivisella suunnittelulla on vaikeiden ja kalliiden työstötapojen lisäksi, esimerkiksi tekoälyn piilossa olevilla taipumuksilla, mitkä ovat voineet syntyä oppimisvaiheessa tai lähtöparametrien annossa. (Krish, 2011; Lutkevich, 2024)

Auto- ja lentokoneiteollisuudessa generatiivisella suunnittelulla on selvä paikka suorituskykyisempien ja taloudellisempien osien kehittämisessä, mutta sitä voidaan käyttää myös arkkitehtuurin puolella kestävämpien talojen suunnitteluun sekä kulutustavateollisuudessa pienemmän kulutustavaran muotoilussa taloudellisempaan ja suorituskykyisempään muotoon. (di Filippo, 2021; Lutkevich, 2024)



Kuva 4: Esimerkki generatiivisesti suunnitellusta kappaleesta. (Sprovieri, 2019)

Suunnittelun loppuvaiheessa tekoälyä voidaan hyödyntää myös muuhun kuin taloudellisempien tai suorituskykyisempien tuotteiden suunnitteluun. Kauniimpien ja ergonomisempien tuotteiden suunnittelussa tekoälylle voi antaa erilaisia malleja ja se generoi tuotteelle mahdollisimman ergonomisen kuoren. (Cooper, 2024)

### 4.3 Testaus ja parantaminen

Testauksen ja parantamisen vaiheen tehtävä on valmistaa tuotteesta lukuisia versioita ennen itse tuotantoa. Tavallisesti tässä vaiheessa valmistetaan tuotetta kahdessa eri vaiheessa. Ensin ns. Alpha-prototyyppi valmistetaan samanlaiseksi kuin tähän mennessä kehitetty tuote. Prototyypillä on sama geometria ja se on samoista materiaaleista valmistettu kuin on suunniteltu, mutta sitä ei välttämättä ole valmistettu lopullisella valmistusprosessilla, mikä otetaan käyttöön myöhemmin. Prototyypillä testataan, toimiiko se suunnitelman mukaisesti ja tekeekö se asiakkaan tyytyväiseksi. Toisen vaiheen prototyyppi eli ns. Beta-prototyyppi on koottu oikealla tuotantoprosessilla valmistetuista osista. Beta-prototyyppejä testataan yrityksessä sisäisesti ja annetaan asiakkaille testattavaksi. Erityisesti huomiota tässä vaiheessa kiinnitetään tuotteen suorituskykyyn ja luotettavuuteen. Tuloksien perusteella lopullista tuotetta kehitetään, kunnes siitä tulee tarpeeksi hyvä tuotannon käynnistämistä varten.



(Ulrich & Eppinger, 2016) Kun tekoälyä alkaa sovittamaan testaukseen ja parantamiseen, pystytään osa työstä tehdä jo aikaisemmin. Osa varhaisista testeistä pystytään suorittamaan virtuaalisesti. Jos tuote on tässä vaiheessa pidemmälle paranneltu säästää se iterointikertoja ja samalla resurssien käyttöä. (Cooper, 2024)

### 4.3.1 Tekoälyn sovelluksia testauksessa

Vielä suunnitteluvaiheessa ennen fyysistä testausta voidaan suunniteltuja tuotteita parantaa testaamalla. Rapid, Iterative Product Testing tai RIPT on digitaalinen tapa testata tuotteiden sopivuutta ja kehittää niitä. Korkealaatuiset digitaaliset prototyypit syötetään tekoälylle, joka testaa prototyyppiä 3D-testausympäristössä sille annetuilla tarkoituksenmukaisilla parametreilla. Tekoäly saattaa testata esimerkiksi tuotteen rakenteellista kestävyyttä tai lämmön kehittymistä rakenteisiin kovan stressin aikana. Tekoälyn antamien tuloksien mukaan tuotetta voidaan kehittää paremmaksi ja myös selvittää, kuinka sitä olisi helpompi työstää ja valmistaa myöhemmin tuotekehitysprosessissa. Pilvilaskennan avulla ohjelmisto pystyy käsittelemään lukuisia prototyyppiä samanaikaisesti ja nopeuttaa prosessia moninkertaisesti. RIPT toimii hyvin generatiivisen suunnittelun kanssa iteratiivisena työkaluna, joka etsii generoiduista malleista parhaimmat. (Cooper, 2024; Nieto-Rodríguez & Vargas, 2023)

General Electric käyttää testauksessa apuna teknologiaa nimeltä digital twin. Digital twin-teknologiassa fyysisestä tuotteesta, palvelusta, prosessista tai ympäristöstä tehdään digitaalinen versio. Digitaaliselle versiolle syötetään dataa fyysisessä ympäristössä tehdyistä kokeista ja havainnoista, jotta digitaalisessa ympäristössä pystytään simuloimaan ja ennakoimaan tuotteen toimintakykyä. Koska ympäristö on nyt digitaalisessa muodossa, pystytään siellä tehdä testejä ja simulaatioita, jotka voisivat olla muuten vaarallisia tai kalliita ennen tuotteen tarkempaa optimointia. Esimerkiksi uusien ajoneuvojen koeajot aloitetaan digitaalisessa ympäristössä. (GE, 2024; Jayaraman & Gopalakrishnan, 2024) Digital twin- teknologia on ollut konseptina olemassa jo melko pitkään, mutta tekoälyn kehityksen myötä siitä on pystytty tekemään intuitiivisempaa. Datan keräys, analysointi ja niistä optimointiin liittyvien johtopäätösten tekeminen ovat tekoälyn integroinnin myötä helpottunut ja nopeutunut. Digital twin-teknologia soveltuu hyvin vanhempien tuotteiden kehitykseen ja niihin lisättyjen moduulien testaukseen. General Electricin mukaan digital twin-teknologia on tuonut yritykselle ja se asiakkaille yli 1 miljardin dollarin tuotot. Kaikki uudet Teslan sähköautot lähettävät jatkuvasti tietoa lukuisista sensoreistaan digitaaliselle kaksoselleen, minkä avulla voidaan kehittää uusia autoja paremmiksi ja arvioida nykyisten toimintaa. (Cooper, 2024; GE, 2024)

## 4.4 Tuotannon käynnistäminen

Tuotekehitysprosessin viimeisessä vaiheessa tuotetta valmistetaan sitä varten kehitetyllä valmistusprosessilla ja koulutetaan työntekijät valmistustehtäviin. Samalla pyritään tunnistamaan mahdolliset ongelmat valmistusprosessissa. Ensimmäiset tuote-erät annetaan usein tietyille asiakkaille, jotka antavat siitä mielipiteensä. Tällä pyritään selvittämään mahdolliset virheet tuotteessa ennen itse lanseerausta. Valmistuksen alussa tuotteita testataan paljon. Valmistus siirtyy pikkuhiljaa kohti massatuotantoa ja tuote lanseerataan, jossain vaiheessa tätä siirtymää. Tuotekehitysprosessin viimeinen tehtävä on arvioida prosessin tehokkuus taloudellisesta ja teknillisestä näkökulmasta. Arvioinnin perusteella kehitetään tulevia tuotekehitysprosesseja. (Ulrich & Eppinger, 2016)

### 4.4.1 Tekoälyn sovelluksia tuotannon käynnistämässä

Tekoälyn käyttö lanseerausvaiheessa keskittyy pitkälti markkinointiin, myyntiin ja hinnoitteluun. Tuotteen valmistusprosessille löytyy myös joitain sovelluksia tekoälylle. (Cooper, 2024) Tekoälyn integrointi valmistusprosessiin syöttämällä sille aikaisemmista iteraatioista saatua dataa auttaa ennakoimaan koska valmistuslaitteisto tarvitsee huoltoa tai rikkoutuu seuraavaksi. Tämä pitää laitteiston käytössä pidempään ja pitkällä aikavälillä tuottaa enemmän tuotteita. Tekoälystä on myös hyötyä toimitusketjun hallinnassa. Tekoäly pystyy, aikaisemmista lanseerauksista kerätyn datan perusteella auttamaan kysynnän arviointia. Tämä auttaa yrityksiä lisäämään tuotantoa oikeaan aikaan ja hallitsemaan varastotilannettaan tehokkaammin. (Marr, 2023)

## 5 Johtopäätökset

Tekoälyn muovautuessa entistä käyttökelpoisempaan muotoon antaa se uusia mahdollisuuksia yrityksille hyödyntää sitä uusiin tarkoituksiin. Isommat yritykset ovat alkaneet korvaamaan toistuvia ja aikaa vieviä tehtäviä tekoälyn mahdollistamilla työkaluilla. Tässä tutkielmassa tutkittiin tärkeimpiä tekoälyn sovelluksia tuotekehitysprosessissa kirjallisuuskatsauksena.

Tekoäly on vahvasti osa tulevaisuuden tuotekehitysprosessia. Sen avulla pystytään kehittämään tuotteita nopeammin ja laadukkaammin. Tämä antaa työntekijöille aikaa tehdä muita tekoälylle sopimattomampia tehtäviä, kuten monimuotoisia ja luovia tehtäviä, joihin tekoäly olisi vaikea opettaa. Nopeampien tuotekehitysaikojen myötä myös innovaatioiden määrä kasvaa. Tekoäly tekee myös vähemmän virheitä kuin ihminen, kun se on opetettu oikein tehtävänsä. Se on kuitenkin vielä melko uusi työkalu teollisuudessa ja siksi sitä käytetään usein ihmisen tukena eikä täysin autonomisena. Tekoäly tarjoaa myös halvemman ja turvallisemman tavan testata prototyyppisiä tietokoneilla tehdyissä simulaatioissa.

Tekoälyn taloudelliset hyödyt ovat merkittävät perinteisiin malleihin nähden, mutta sen kehitys on erittäin kallista erityisesti pienemmille yrityksille. Tekoälyn käytöstä on tultava halvempaa, että pienemmät yritykset pystyvät haastamaan suurempia yrityksiä. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta voidaan päätellä, että yrityksillä, jotka eivät siirry käyttämään tekoälyä tuotekehitysprosessissaan saattavat jäädä sitä käyttävien yritysten jalkoihin melko pian. Tekoälyä käyttävien ja perinteisiä keinoja käyttävien yritysten eroa markkinoilla kasvattaa myös tuotekehityksen kiihtyvä tarve, sillä tuotteita täytyy kehittää koko ajan nopeammin niiden käyttöä lyhentyessä ja teknologian kehittyessä.

### 5.1 Tulevaisuuden näkymät

Tekoälyn tarjoamat hyödyt ovat tulevaisuuden tuotekehitysprosessille ovat laajuudeltaan ja tehokkuudeltaan suuret. Tulevaisuudessa suurten ja pienten yritysten on molempien pakko alkaa hyödyntämään tekoälyä niin tuotekehitysprosessissaan kuin muissa tärkeissä prosesseissa. Muutos tekoälyn tukemaan tuotekehitysprosessiin tulee olemaan kuitenkin hidasta sillä jo nyt IT-alan toimijoilla on kädet täynnä tekoälyn integrointia odottelevilla asiakkailla.

Tekoälyn integrointi tuotekehitysprosessiin tulee vähentämään siihen tarvittavien työntekijöiden määrää, ja yritykset tulevat siirtämään heidät muihin tehtäviin tai poistamaan organisaatiosta. Jo nyt pystytään automatisoimaan monia tuotekehitysprosessiin liittyviä tehtäviä uusien tuotteiden

suunnittelusta asiakastarpeiden analysointiin. Teknologian nopea kehitys tulee varmasti lisäämään uusia tapoja ja sovelluksia hyödyntää tekoälyä tulevaisuuden prosessien automatisoinnissa pidemmälle kohti kokonaan itsenäistä kehitysprosessia. Näillä näkymin tuotekehitysprosessi tulee pysymään vielä pitkälti samanlaisena, kun mitä se on ollutkin ja tekoäly tulee työntekijän rinnalle tehostamaan ja auttamaan prosessissa.

Tekoälyllä on myös suuria haasteita tulevaisuuden osalta. Kun tekoälyt kehittyvät entisestään ja niistä tulee monimutkaisempia, on niiden päätöksiä vaikeampi arvioida. Sitä monimutkaisempi ohjelmisto on sitä helpommin siellä voi olla piileviä virheitä, joita ei huomata tekoälyn antamassa ulostulossa. Virheet voivat olla pieniä, mutta valppauden herpaantuessa niiden merkitys voi kasvaa valtavasti. Tekoälyn vaikutusta itse työntekijään on vaikea arvioida. Mahdollinen haittavaikutus voi olla, että ihmiset tukeutuvat liikaa tekoälyyn ja alkavat tuottaa tarkastamatonta työtä tai menettämään omia taitojaan ja luovuuttaan niiden näennäisen tarpeen vähentyessä tekoälytyökalujen myötä. Tekoäly tuo mukanaan myös omat ongelmansa esimerkiksi tietoturvan, etiikan ja lainsäädännön näkökulmista. Ne ovat tärkeä pitää mielessä tekoälyn käyttöönottoa miettiessä, mutta ovat tämän tutkielman rajauksen ulkopuolella.

Tekoälyllä on potentiaalia muuttaa tuotekehitysprosessia huomattavasti tehokkaammaksi lähiaikoina, mutta sen kanssa tulee olla varovainen tulevaisuudessa, jotta siihen ei tukeuduta liian tiukasti.

## Lähteet

- Amazon. (2024). *What is Artificial Intelligence (AI)? - Artificial Intelligence Explained - AWS*. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/what-is/artificial-intelligence/>
- Anyoha, R. (2017). The History of Artificial Intelligence. *Science in the News*.  
<https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>
- Bae, J. K., & Kim, J. (2011). Product development with data mining techniques: A case on design of digital camera. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9274–9280.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.030>
- Bi, Q., Goodman, K. E., Kaminsky, J., & Lessler, J. (2019). What is Machine Learning? A Primer for the Epidemiologist. *American Journal of Epidemiology*, 188(12), 2222–2239. <https://doi.org/10.1093/aje/kwz189>
- Botvinick, M., Ritter, S., Wang, J. X., Kurth-Nelson, Z., Blundell, C., & Hassabis, D. (2019). Reinforcement Learning, Fast and Slow. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(5), 408–422. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.02.006>
- Chen, L., Wang, P., Dong, H., Shi, F., Han, J., Guo, Y., Childs, P. R. N., Xiao, J., & Wu, C. (2019). An artificial intelligence based data-driven approach for design ideation. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 61, 10–22.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2019.02.009>
- Chen, M.-S., Han, J., & Yu, P. S. (1996). Data mining: An overview from a database perspective. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 8(6), 866–883.  
<https://doi.org/10.1109/69.553155>
- Cooper, R. G. (2024). The Artificial Intelligence Revolution in New-Product Development. *IEEE Engineering Management Review*, 1–21.  
<https://doi.org/10.1109/EMR.2023.3336834>

Coursera. (2024). *Deep Learning vs. Machine Learning: A Beginner's Guide*. Coursera.

<https://www.coursera.org/articles/ai-vs-deep-learning-vs-machine-learning-beginners-guide>

Davis, D. (2019). *AI Unleashes the Power of Unstructured Data*. CIO.

<https://www.cio.com/article/220347/ai-unleashes-the-power-of-unstructured-data.html>

di Filippo, A. (2021). *Generative Design for project optimization* (s. 115).

<https://doi.org/10.18293/DMSVIVA21-014>

Dilek, S., Cakır, H., & Aydın, M. (2015). Applications of Artificial Intelligence Techniques to

Combating Cyber Crimes: A Review. *International Journal of Artificial Intelligence*

*& Applications*, 6(1), 21–39. <https://doi.org/10.5121/ijaia.2015.6102>

Feinleib, D. (2014). *Big Data Bootcamp: What Managers Need to Know to Profit from the*

*Big Data Revolution*. Apress.

Garbuio, M., & Lin, N. (2021). Innovative idea generation in problem finding: Abductive

reasoning, cognitive impediments, and the promise of artificial intelligence. *Journal of*

*Product Innovation Management*, 38(6), 701–725. <https://doi.org/10.1111/jpim.12602>

GE. (2024). *Industrial AI | GE Research*. <https://www.ge.com/research/initiative/industrial-ai>

Griebel, M., Flath, C., & Friesike, S. (2020). *AUGMENTED CREATIVITY: LEVERAGING*

*ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR IDEA GENERATION IN THE CREATIVE*

*SPHERE*.

Hilb, M. (2020). Toward artificial governance? The role of artificial intelligence in shaping

the future of corporate governance. *Journal of Management and Governance*, 24(4),

851–870. <https://doi.org/10.1007/s10997-020-09519-9>

Holzinger, A. (2021). The Next Frontier: AI We Can Really Trust. Teoksessa M. Kamp, I.

Koprinska, A. Bibal, T. Bouadi, B. Frénay, L. Galárraga, J. Oramas, L. Adilova, Y.

Krishnamurthy, B. Kang, C. LARGERON, J. Lijffijt, T. Viard, P. Welke, M. Ruocco, E.

- Aune, C. Gallicchio, G. Schiele, F. Pernkopf, ... G. Graça (Toim.), *Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases* (ss. 427–440). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93736-2\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93736-2_33)
- Imran Azeem, O., & Iannucci, L. (2022). *A machine learning assisted preliminary design methodology for repetitive design features in complex structures*. <https://doi.org/10.47330/DCIO.2022.CAXL3310>
- Jayaraman, V., & Gopalakrishnan, K. (2024). *Digital Twin: Innovate the way to Test - Wipro*. <https://www.wipro.com/engineering/digital-twin-innovate-the-way-to-test/>
- Jokinen, T. (2001). *Tuotekehitys* (2001. p., Vsk. 2010).
- Kanade, V. (2022). Narrow AI vs. General AI vs. Super AI. *Spiceworks*. <https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/narrow-general-super-ai-difference/>
- Karakoylu, P. E., Kural, A. G., & Gulden, S. (2020). The Effect of Artificial Intelligence (AI) on New Product Development (NPD): A Future Scenario. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 960(2), 022026. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/960/2/022026>
- Krish, S. (2011). A practical generative design method. *Computer-Aided Design*, 43(1), 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2010.09.009>
- Laskowski, N. (2023). *What is Artificial Intelligence and How Does AI Work? | Definition from TechTarget*. Enterprise AI. <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>
- Lei, Y., Vyas, S., Gupta, S., & Shabaz, M. (2022). AI based study on product development and process design. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(1), 305–311. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01404-4>

- Lutkevich, B. (2024). *What is Generative Design? Ultimate Guide* | TechTarget. TechTarget.  
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/generative-design>
- Mahesh, B. (2019). *Machine Learning Algorithms -A Review*.  
<https://doi.org/10.21275/ART20203995>
- Marr, B. (2021). *Data Strategy: How to Profit from a World of Big Data, Analytics and Artificial Intelligence*. Kogan Page Publishers.
- Marr, B. (2023). *The Future Of Manufacturing: Generative AI And Beyond*. Forbes.  
<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/07/25/the-future-of-manufacturing-generative-ai-and-beyond/>
- McKnight, M. (2017). Generative Design: What it is? How is it being used? Why it's a game changer. *KnE Engineering*, 176–181. <https://doi.org/10.18502/keg.v2i2.612>
- Nadikattu, R. R. (2016). *THE EMERGING ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MODERN SOCIETY*. 4(4).
- Nasteski, V. (2017). An overview of the supervised machine learning methods. *HORIZONS.B*, 4, 51–62. <https://doi.org/10.20544/HORIZONS.B.04.1.17.P05>
- Natale, S. (2019). If software is narrative: Joseph Weizenbaum, artificial intelligence and the biographies of ELIZA. *New Media & Society*, 21(3), 712–728.  
<https://doi.org/10.1177/1461444818804980>
- Neelam, M. (2022). *Neelam MahaLakshmi (2021) Aspects of Artificial Intelligence In Karthikeyan.J, Su-Hie Ting and Yu-Jin Ng (eds), "Learning Outcomes of Classroom Research" p:250-256, L' Ordine Nuovo Publication, India. 978-93-92995-15-6.*
- Nieto-Rodriguez, A., & Vargas, R. V. (2023, helmikuuta 2). How AI Will Transform Project Management. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2023/02/how-ai-will-transform-project-management>



- Press, G. (2016). *A Very Short History Of Artificial Intelligence (AI)*. Forbes.  
<https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/12/30/a-very-short-history-of-artificial-intelligence-ai/>
- Satpathy, R., Choudhury, T., Satpathy, S., Mohanty, S. N., & Zhang, X. (2021). *Data Analytics in Bioinformatics: A Machine Learning Perspective*. John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/kutu/detail.action?docID=6461960>
- Sprovieri, J. (2019). *Generative Design Software Is Transforming the Design Process | 2019-05-13 | ASSEMBLY*. <https://www.assemblymag.com/articles/94984-generative-design-software-is-transforming-the-design-process>
- Turing, A. M. (1950). I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. *Mind*, *LIX*(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product design and development* (Sixth edition). McGraw-Hill Education.
- Unger, D., & Eppinger, S. (2011). Improving product development process design: A method for managing information flows, risks, and iterations. *Journal of Engineering Design*, *22*(10), 689–699. <https://doi.org/10.1080/09544828.2010.524886>
- Wang, Y., Zheng, P., Peng, T., Yang, H., & Zou, J. (2020). Smart additive manufacturing: Current artificial intelligence-enabled methods and future perspectives. *Science China Technological Sciences*, *63*(9), 1600–1611. [https://doi.org/10.1007/s11431-020-1581-](https://doi.org/10.1007/s11431-020-1581-2)