



# Tekoälyn hyödyntäminen rakennesuunnittelussa- mahdollisuudet ja hyödyt

Erika Mäenpää

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2024

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Talonrakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Talorakennustekniikka

### MÄENPÄÄ ERIKA

Tekoölyn hyödyntäminen rakennesuunnittelussa- Mahdollisuudet ja hyödyt

Opinnäytetyö 52 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Toukokuu 2024

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda pintapuolinen selvitys rakennusalan ammattilaisille, kuinka ottaa tekoöly käyttöön mahdollisimman turvallisesti ja tehokkaasti. Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä tietoa tekoölyn hyödyistä ja mahdollisuuksista rakennesuunnittelun apuna. Lisäksi tavoitteena oli vähentää muutosvastaisuutta rakennusalan ammattilaisten keskuudessa ja että muutokset tekoölyavusteiseen rakennesuunnitteluun otettaisiin positiivisemmin vastaan. Tällöin mahdollisimman harva menettäisi tulevaisuudessa kilpailuetuaan teknologiaposiitiivisemmille maille ja suuryrityksille.

Aineiston keruu tapahtui eri suomalaisia, että kansainvälisiä ajankohtaisia lähteitä käyttäen. Lisäksi haastattelin alan pitkäaikaista ammattilaista sekä käytin pohjatietona kahta tekoölyyn keskittynyttä yliopistokurssia. Työ itsessään toimii oppaana, joka auttaa nykyisiä ja tulevia rakennesuunnittelun ammattilaisia tutustumaan tekoölyyn pienin askelin sekä ymmärtämään sen toimintamalleja ja mahdollisuuksia paremmin.

Yleisesti tekoölyn hyödyntämisestä rakennesuunnittelussa ei ole tehty juurikaan tutkimuksia, sillä sen käyttö rakennesuunnittelun tukena on vielä varsin vähäistä. Työn haasteeksi muodostuikin tutkimusten vähäinen määrä aiheesta. Lisäksi monien lähteiden sisällöt olivat hyvin samankaltaisia keskenään, ja ainoastaan muutamista löytyi aidosti relevanttia lisätietoa tai poikkeavia näkökulmia. Kuitenkin poikkeuksetta kaikki lähteet painottivat tekoölyn tärkeää roolia tulevaisuudessa, ja rohkaisivat siihen tutustumiseen mahdollisimman pian.

Tekoölyavusteisia ohjelmia ja teknologioita kehitetään jatkuvasti, ja kehitys onkin ottanut viime vuosina isoja harppauksia. Tämän kehityksen oletetaan myös jatkuvan tulevaisuudessa. Aika tulee näyttämään, mitkä ovat tekoölyn todelliset haasteet ja hyödyt. Tämä vaatii aikaa, tarpeeksi käyttäjiä sekä pitkäaikaista ja laajaa tutkimustyötä. Huomioita tulee kiinnittää esimerkiksi siihen, että tekee itselleen ja yritykselleen selväksi, miksi haluaa ottaa tekoölyn käyttöön, kuinka paljon resursseja on valmis panostamaan, ja mitä siitä halutaan tarkalleen ottaen saavuttaa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Construction

**MÄENPÄÄ ERIKA**

Integrating Artificial Intelligence into Structural Engineering- Opportunities and Benefits

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 1 pages

May 2024

---

The purpose of this thesis was to provide a concise guide for professionals in the construction industry on how to implement artificial intelligence (AI) in their work processes safely and effectively. The desired outcome of this guide would be to instill a positive attitude towards adopting AI among construction professionals, thereby ensuring that they remain competitive in a technologically advancing landscape.

The research encountered challenges due to the scarcity of literature on the topic, with many sources offering redundant information. In the study the main sources were Internet articles about AI, and an interview with a technology professional.

The guide serves as a resource to aid both current and future professionals in understanding AI incrementally and comprehending its operational mechanisms. Key considerations for integrating AI into the design process are explored, alongside practical insights and future projections for the field.

The findings of this study indicate that it is important to use a cautious and gradual approach to AI adoption to mitigate potential risks and optimize benefits effectively. This thesis serves as a guide for construction professionals nationwide, facilitating the integration of AI into everyday practice and ultimately contributing to more robust and secure outcomes in structural engineering projects.

---

Key words: artificial intelligence      construction design      technology

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	MITÄ ON TEKOÄLY .....	7
	2.1 Tekoälyn perusteet.....	7
	2.2 Tekoälyn historia ja kehitys .....	7
	2.3 Tekoälyn kaksi luokkaa .....	8
	2.4 (Suppean) tekoälyn keskeiset osa-alueet .....	9
	2.5 Tekoälyn sovellusalueet ja rooli yhteiskunnassa.....	11
	2.6 Tekoälyn uhat ja haasteet.....	12
	2.7 Tekoäly rooli yhteiskunnassa ja tulevaisuuden näkymät.....	14
3	RAKENNESUUNNITTELU LYHYESTI .....	16
	3.1 Rakennesuunnittelun perusteet ja merkitys .....	16
	3.2 Katsaus rakennesuunnittelun tietotekniseen kehitykseen Suomessa 17	
	3.3 Rakennesuunnittelun osa-alueet ja suunnitteluprosessi .....	19
	3.4 Rakennesuunnittelun yleisimmät haasteet ja ongelmat .....	21
	3.5 Rakennesuunnittelun tulevaisuuden näkymät.....	23
4	TEKOÄLY JA RAKENNESUUNNITTELU YHDESSÄ.....	25
	4.1 Johdatus tekoälyn rooliin rakennesuunnittelutyössä .....	25
	4.2 Tekoälyn tarjoamat mahdollisuudet suunnittelutyössä.....	27
	4.3 Kriittiset näkökohdat tekoälyn käyttöönotettaessa.....	33
	4.4 Kuinka ottaa tekoäly onnistuneesti käyttöön .....	37
5	HAASTATTELU .....	40
6	POHDINTA .....	44
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET .....	52
	Liite 1. Tekoälyn haasteet-tutkimus (Harvard Business Review 2018). 52	

**ERITYISSANASTO**

AI	tekoäly
Algoritmi	yksityiskohtainen kuvaus tai ohje siitä, miten tehtävä tai prosessi suoritetaan; jota seuraamalla voidaan ratkaista tietty ongelma. Joukko askeleita, joka määrittää miten tehtävä suoritetaan.
Deepfake	Erittäin aidolta vaikuttava videoväärennös, joka on tuotettu keinotekoisesti yhdistelemällä kuvia ja videoita tekoälyn avulla.
Koneoppiminen	Tekoälyn oppimisen muoto. Koneoppiminen automatisoi analyyttisen mallinnuksen.
Neuroverkko	Koneoppimissovellus, jossa toisiinsa yhdistyneet neuronien kaltaiset yksiköt käsittelevät tietoa vastaamalla ulkoisiin syötteisiin, ja välittämällä tietoa yksiköiden kesken
Syväoppiminen	Syväoppimisessa valtavat neuroverkot tunnistavat monimutkaisia hahmoja. Yleisiä sovelluskohteita ovat kuvan- ja puheentunnistus.
Kognitiivinen tietojenkäsittely	Tekoälyn osa-alue, jolla pyritään luonnolliseen inhimilliseen kaltaiseen vuorovaikutukseen koneiden kanssa.
CAD	Computer Aided Design, eli tietokoneavusteinen suunnittelu. Tuotegrafiikkojen luomista tietokoneen avulla.
BIM	Building Information Modeling, eli tietomallinnus.
FEM	Finite Element Method, eli numeerinen menetelmä erilaisten fysikaalisten ongelmien ratkaisuun.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni tavoitteena on tutkia tekoälyn mahdollisuuksia ja hyötyjä suunnittelutyössä. Tutkimuksen keskiössä on kysymys, mitä tekoäly mahdollistaa otettaessa käyttöön suunnittelutyön apuvälineenä. Tarkastelen myös seikkoja, joita on otettava huomioon tekoälyn integroinnissa osaksi suunnitteluprosessia. Tavoitteenani on tehdä tekoälystä tutumpi aihe tuleville, sekä jo alalla työskenteleville suunnittelun ammattilaisille.

Vaikka tekoälystä yleisesti on saatavilla hyvin tietoa, aihepiiri rakennesuunnittelun näkökulmasta on suhteellisen vähän tutkittu ja tekoälyä on hyödynnetty alalla maltillisesti. Jotta tekoäly voitaisiin ottaa hyötykäyttöön rakennesuunnittelussa, vaatii se erilaisia ohjelmistoja ja sovelluksia, sekä ymmärrystä niiden toiminnasta. Pyrin luomaan opastavan ja kattavan johdatuksen siihen, miten tekoälyä voidaan hyödyntää rakennesuunnittelussa. Lisäksi tarkastelen, miten tekoälyä voitaisiin mahdollisesti käyttää tulevaisuudessa.

Työni keskeisenä päämääränä on esitellä lukijalle, miksi tekoälyn käyttöönottoa suunnittelutyössä kannattaa harkita. Haluan jakaa tietoa tekoälyn monista hyödyistä ja mahdollisuuksista, sekä tehdä aiheesta konkreettisemmän ja ymmärrettävämmän lukijalle. Tavoitteenani on käsitellä erityisesti mahdollisuuksia suunnittelutyön tehokkuuden ja turvallisuuden parantamisessa.

Toivon, että työlläni voisi olla merkitystä ja hyötyä rakennustekniikan ammattilaisille ympäri Suomen. Haluan tarjota alamme nykyisille sekä tuleville ammattilaisille opastusta tekoälyn hyödyntämiseen jokapäiväisessä työelämässä, tehden suunnittelutyöstä tehokkaampaa, ja lopputuloksesta moniulotteisempaa ja turvallisempaa.

## 2 MITÄ ON TEKOÄLY

### 2.1 Tekoälyn perusteet

Tekoälyllä tarkoitetaan koneen kykyä käyttää perinteisesti ihmisen älyyn liitettyjä taitoja, kuten päättelyä, oppimista, suunnittelemista ja luomista. MIT:n professori Thomas Malonen määritteli vuonna 2019 tekoälyn vapaasti suomennettuna seuraavasti: ”Kone käyttäytymässä niin, että se vaikuttaa älykkäältä.” Tekoälyn käsite on yleisesti ottaen epätarkka, sillä sen määrittäminen on haastavaa.

Tekoälyn avulla tekniset järjestelmät voivat havainnoida ympäristöään, käsitellä havaintojaan, ja ratkaista ongelmia saavuttaakseen tietyn päämäärän. Tietokone vastaanottaa tietoa, jonka sen omat tunnistimet (kuten kamera) ovat keränneet. Tämän jälkeen kone käsittelee keräämänsä tiedon, ja vastaa siihen. Tekoälyjärjestelmät kykenevät muokkaamaan toimintaansa tiettyyn pisteeseen asti analysoimalla aiempien toimien vaikutuksia ja työskentelemällä itsenäisesti (Euroopan parlamentti 2023). Tekoälyn ydinajatus on luoda järjestelmä, joka pystyy tekemään itsenäisiä päätöksiä annettujen parametrien sisällä, joihin perinteisesti tarvitaan ihmistä.

### 2.2 Tekoälyn historia ja kehitys

Tekoäly mainittiin ensimmäisen kerran englanniksi jo vuonna 1956, ja termin isänä pidetään John McCarthyä. Varhainen tekoälytutkimus 1950-luvulla keskittyi ongelmanratkaisun ja symbolisten menetelmien kaltaisiin aiheisiin. Yhdysvaltain puolustusministeriö aloitti vuonna 1960 opettamaan tietokoneita jäljittelemään perustason inhimillistä ajattelua. Tämä neuroverkkojen varhainen kehitystyö herätti innostusta ”ajattelevia koneita” kohtaan (Mitä tekoäly (AI) on ja mihin sitä käytetään? n.d.) Vuonna 1956 johtavat tekoälyn tutkijat ennustivat, että jo yhden sukupolven päästä kone olisi älykkäämpi, kuin ihminen. Tämän vision toteuttamiseksi tutkijoille myönnettiin miljoonia dollareita. Pian kuitenkin kävi selväksi, että tutkijat olivat pahasti aliarvioineet projektin vaikeudet, ja rahoitus lakkautettiin vuonna 1973 (Tekoälyinfo n.d.).

1980–2010-luvulla koneoppiminen nousi suosioon, (Mitä tekoäly (AI) on ja mihin sitä käytetään? n.d.) ja syväoppiminen alkoi kasvattaa suosiotaan (Tekoälyn historia n.d.). 2010-luvulle päästyä syväoppimisen erilaiset läpimurrot vauhdittivat osaltaan tekoälybuumia (Mitä tekoäly (AI) on ja mihin sitä käytetään? n.d.). Tekoälyn kehityspolku on sisältänyt myös suvantovaiheita, joita kutsutaan tekoälyn talviksi. Näinä aikoina kehitystä ei ole edistetty esimerkiksi rahoituksen puutteen vuoksi. Lisäksi suuret odotukset ja silloisten tietokoneiden heikko kapasiteetti hidastivat huomattavasti kehitystyötä. Nykyisten tietokoneiden tehokkuus ja saatavilla olevan datan määrä ovat avaintekijöitä viimeaikaisessa tekoälyn nopeutuneessa kehityksessä ja käytössä (Tekoälyn historia n.d.).

### **2.3 Tekoälyn kaksi luokkaa**

Tekoäly jaetaan yleisesti kahteen luokkaan: heikkoon tai suppeaan tekoälyyn, sekä yleiseen tekoälyyn. Tähän mennessä kaikki kehitetyt tekoälyratkaisut ovat olleet niin sanottua suppeaa tai heikkoa tekoälyä. Nämä ovat rajoittuneita ja vain tiettyyn suppeaan käyttötarkoitukseen erikoistuneita ohjelmia, kuten esimerkiksi kielen tunnistamiseen (Juttusarja: Tekoälyn perusteet 2018). Toisin sanoen, kun puhutaan yleisesti tekoälystä, tarkoitetaan heikkoa tai kapea-alaista tekoälyä. Heikko tekoäly kykenee ratkaisemaan tai suorittamaan yhtä tehtävää kerrallaan, kuten syöpäkasvainten tunnistaminen kuvasta tai yhtäläisyyksien tunnistaminen suuresta määrästä dataa (Mitä on tekoäly? n.d.).

Yleisellä tekoälyllä tarkoitetaan ihmismäistä kykyä ajatella, oppia ja soveltaa oppimaansa monipuolisesti. Tätä tasoa ei ole vielä saavutettu, eikä tarkkoja arvioita ole pystytty esittämään siitä, milloin tähän päästään. Tekoäly pyrkii jäljittelemään ihmisaivojen tapaa hahmottaa maailmaa, mutta meiltä puuttuu ymmärrys, miten ihmisen aivot tämän tekevät (Juttusarja: Tekoälyn perusteet 2018). Tekoälyn kehitys ja ajatuksen tasolla oleva maailmanvalloitus ovat herättäneet ennakoivaa pelkoa yhteiskunnassa. Tekoälyasiantuntija Andrew Ng kiteytti asian vuonna 2015 vapaasti suomennettuna, että huolehtiminen pahoista tappajaroboteista on



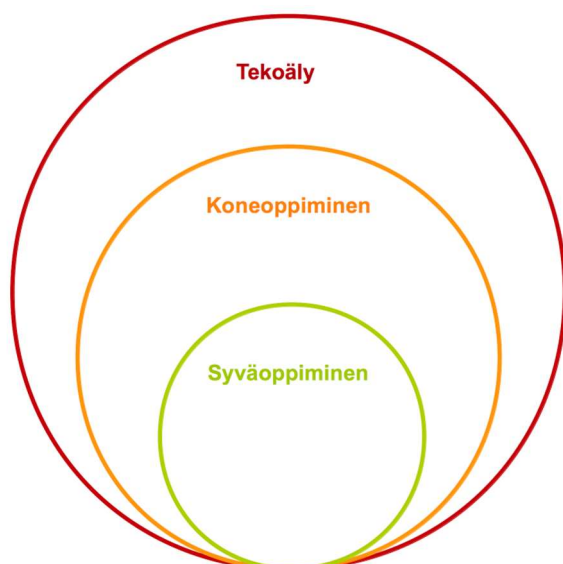
kuin murehtisi Marsin ylipopulaatiosta ennen kuin olemme edes astuneet jalallamme sinne.

## 2.4 (Suppean) tekoälyn keskeiset osa-alueet

Nykypäivän tekoäly on aina suppeaa tekoälyä. Suppea tekoäly sisältää kaksi oppimisen muotoa: koneoppimisen, sekä syväoppimisen. Syväoppimista kutsutaan toisinaan suomenkielisissäkin artikkeleissa kansainväliseen tyyliin termillä deep learning. Syväoppiminen ja koneoppiminen ovat tekoälyn keskeisimmät osa-alueet ja niin sanotut oppimisen tyylit. Näiden lisäksi sekä kone- että syväoppiminen voi sisältää niin kutsuttua ohutta oppimista, ohutta oppimista, englanniksi shallow learning. Siinä ohjeita ei tarvitse aina erikseen koodata koneeseen, jotta tekoäly oppisi muutoksista (Wikipedia 2023). Esimerkiksi tekstintuottotekoäly oppii kirjoitustyylistä jatkuvasti sitä mukaan, kun ihminen korjaa juuri tuotettuja tekstejä.

Koneoppimisessa ohjelmistolle ei ole välttämättä määritetty tarkkaa toimintamenetelmää eli algoritmia. Koneoppiminen perustuu mallien ja algoritmien kehittämiseen, jotka tunnistavat kuvioita ja tekevät ennusteita olemassa olevien tietojen perusteella (Wikipedia 2023). Käytännön esimerkki on mm. roskapostisuodatin, sekä hyvä hakukoneohjelmisto, esimerkiksi Google (Wikipedia 2023). Koneoppiminen mahdollistaa tietokoneiden perinteistä ohjelmointia tehokkaamman kouluttamisen.

Toinen tärkeä tekoälyn ja koneoppimisen muoto on syväoppiminen, eli deep learning. Syväoppiminen perustuu tekoälyn neuroverkkojen käyttöön monimutkaisten mallien luomisessa ja haastavien tehtävien ratkaisemisessa. Lisäksi sitä tarvitaan abstraktien ominaisuuksien oppimisessa. Neuroverkot ovat matemaattisia malleja, jotka matkivat ihmisten aivojen toimintaa (TIM 2019).



KUVA 1. Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue. Ohjelma oppii pohjatiedon ja käyttäjän toiminnan perusteella tunnistamaan, luokittelemaan ja ennustamaan asioita (TIM 2019). Syväoppiminen on koneoppimisen tapa, joka vie oppimisen syvemmälle ja itsenäisempään suuntaan.

Syväoppimisen haasteena on opettamiseen tarvittavan datan suuri määrä. Koska syvissä neuroverkoissa voi olla miljoonia neuroneita ja siten miljoonia muutettavia parametreja, tarvitaan opetusdataa valtavasti. Riittämättömän datan tapauksessa verkot ylioppivat helposti eivätkä yleisty uusiin ennalta tuntemattomiin havaintoihin (TIM 2019).

Koneoppimisen ja syväoppimisen merkittävin ero on datan tarvittava määrä, sekä ihmisen osallisuus. Koneoppiminen vaatii jatkuvaa ihmisen valvontaa, kun taas syväoppimismallit eivät juuri vaadi ihmisen valvontaa kehittämisen jälkeen. Koneoppimismallin määrittämiseen käytetty aika on lyhyehkö, mutta toiminta on rajallista, ja se vaatii jatkuvaa ihmisen tarkkailua parantaakseen toimintaansa. Syväoppimismallit vaativat laajan määrän dataa sekä suuren alkuinvestoinnin ihmiseltä ajan ja resurssien suhteen datan luomisessa, sekä mallien kehittämisessä ja harjoittamisessa. Kun alkuinvestointi on annettu, syväoppimismalli parantaa tarkkuuttaan itsestään ajan myötä (Unite AI 2023).

## 2.5 Tekoälyn sovellusalueet ja rooli yhteiskunnassa

Tekoäly on yksi merkittävimmistä ilmiöistä 2010-luvun liiketoiminnassa, eikä sen merkitys näytä vähenevän lähivuosina. Vaikka tekoälyn potentiaali on tiedetty jo pitkään, nopeasti kehittyneet teknologiat ja esimerkit onnistumisista ovat vakuuttaneet yritysjohtoja siihen, että tekoäly voidaan todellakin valjastaa yritysten palvelukseen (Mitä on tekoäly? n.d.). Joitain tekoälysovelluksia on käytetty jo yli 50 vuotta, eli onnistumisia on ehditty keräämään jo pitkältikin aikaväliltä (Euroopan parlamentti 2023).

Yleisesti ottaen tekoäly toimii liiketoiminnan tukijärjestelmänä, josta on hyötyä esimerkiksi vaativien työvaiheiden automatisoinnilla ja nopeuttamisella. Tällä hetkellä tekoälyä käytetään parantamaan tuotteiden laatua, vähentämään ihmisten tekemiä virheitä, sekä mahdollistamaan kokonaan uudenlaisten liiketoimintamallien toteuttamisen kustannustehokkaasti. Tekoäly tehostaa prosesseja ja optimoi palveluita pienentäen liiketoiminnasta koituvia kustannuksia (Mitä on tekoäly? n.d.). Itsenäisen toiminnan lisäksi tekoälyohjelmia kehitetään toimimaan yhteistyössä ihmisten kanssa heidän ehdoillaan. Koneiden kyky käsitellä ja analysoida nopeasti valtavia määriä tietoa täydentää ihmisen kykyä nähdä asioiden merkityksiä ja pohtia näiden yhteyksiä. Tämä antaisi esimerkiksi lääkärille paremmat edellytykset potilaiden hoitoon (YLE 2023).

Euroopan parlamentti jakaa tekoälyn käyttökohteiden mukaan kahteen muotoon: ohjelmistoihin ja ”ruumiillistettuun” tekoälyyn. Ohjelmistot, joita tällä hetkellä käytetään, ovat esimerkiksi virtuaaliset avustajat, kuvia analysoivat ohjelmistot, hakukoneet, sekä kasvojentunnistusjärjestelmät. Ruumiillistettua tekoäly taas hyödynnetään esimerkiksi robotteihin, itseohjautuviin autoihin sekä asioiden internetiin (Euroopan parlamentti 2023). Asioiden internet on käsite, joka kuvaa kokonaisuutta laitteista, jotka ovat kytkettynä internettiin. Niillä voidaan kerätä, yhdistää ja välittää dataa (Wikiopisto 2018). Tekoälyn avulla voimme analysoida lähes mitä tahansa dataa, sekä paikallistaa toistuvia ilmiöitä. Tämä voi auttaa meitä liiketoiminnan kehittämisessä, kuten asiakaspoistuman tai sairasloman ajoitusten paikallistamisella (Mitä on tekoäly? n.d.).

Tekoälyn sovellukset ovat laajoja ja koskevat monia eri aloja, kuten terveydenhuolto-, finanssi-, kuljetus-, tuotanto- ja palvelualoja. Sen avulla voidaan parantaa

tehokkuutta, ennustaa trendejä, optimoida prosesseja ja tarjota yksilöllisiä palveluita. Kuitenkin tekoälyn käyttöön liittyy myös eettisiä ja yhteiskunnallisia kysymyksiä, kuten tietosuojaa, työpaikkojen muutos ja algoritmien läpinäkyvyys.

Kaiken kaikkiaan tekoälyllä on valtava potentiaali muuttaa tapaamme työskennellä, kommunikoida ja elää. Sen jatkuva kehitys ja sovellusten laajeneminen tarjoavat mielenkiintoisia mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Meidän on kuitenkin samalla varmistettava, että tekoälyn käyttö on vastuullista ja hyödyllistä yhteiskunnalle.

## 2.6 Tekoälyn uhat ja haasteet

Euroopan parlamentin vuonna 2023 päivitetystä artikkelista, jossa käsitellään tekoälyn mahdollisuuksia ja uhkia, mainitaan ensimmäisenä uhkana sen liian vähäinen hyödyntäminen. Tämä viittaa siihen, että tekoälyn liian vähäinen käyttö voi olla huomattavasti suurempi uhka, kuin sen kattava hyödyntäminen, riskeistä ja ongelmakohtista huolimatta. Liian vähäinen käyttö saattaa johtaa kilpailuedun menettämiseen, talouden lamaantumiseen ja kansalaisille tarjottujen mahdollisuuksien vähenemiseen. Tekoälyyn ei aina turvauduta johtuen kansalaisten ja yritysten luottamuksen, infrastruktuurin tai aloitteiden puutteesta tai vähäisistä investoinneista (Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia 2023). Liiallinen käyttö luokitellaan myös ongelmaksi, ja sen kerrotaan olevan ongelma, mikäli investoidaan sovelluksiin, jotka osoittautuvat hyödyttömiksi, tai pyritään käyttämään tekoälyä sille soveltumattomiin tarkoituksiin.

Europarlamentaarikko Miapetra Kumpula-Natri ja Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen professori Hannu Toivonen listaavat yhdeksi tekoälyn käytön uhaksi vääristymisen kilpailussa sekä taloudellisen vallan keskittymisen (YLE 2023). ”Ne, joilla on resursseja kerätä enemmän dataa, pääsevät parempaan kilpailu-asemaan”, todetaan Euroopan parlamentin verkkosivuilla 2023. Parhaiten resursoituneet yritykset saavuttavat usein parhaat lopputulemat. Tämä on arkipäivää jo, mutta voi korostua entisestään tulevaisuudessa. Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen professori Hannu Toivonen huomauttaa, että tekoälyn edut saatavat kasaantua niille, jotka sitä kehittävät, kun taas suuret massat voivat jäädä

työttömiksi tai tekoälyä avustaviin huonosti palkattuihin tehtäviin. Äärimmäisessä skenaariossa kaikista suurimmat tekoälyn kehittäjäkulttuurit, kuten Yhdysvallat ja Kiina jyräävät ne kielet ja kulttuurit, jotka eivät ole tekoälyohjelmissa yhtä hyvin edustettuina (YLE 2023).

Aalto-yliopiston tietotekniikan professori Jarkko Lehtinen pitää suurimpana tekoälyn uhkana mahdollisuuden jatkuvaan ja kaikenkattavaan valvontaan sekä kontrolliin (YLE 2023). Myös Euroopan parlamentti on ottanut tämän riskin huomioon vuonna 2023. Varsinaiset fyysiset turvallisuusriskit koskevat tekoälysovelluksia, jotka ovat suorassa kontaktissa ihmisten kanssa, tai joita käytetään ihmisten sisällä. Mikäli henkilö menettäisi kuulonsa, voisi tekoälyavusteinen kuulolaite esimerkiksi kategorisoida tarpeellisia ja epätarpeellisia ääniä, jotta kuulolaite toimisi selkeämmin ja paremmin (Analytics Insight 2021). Kyseisten sovellusten riskit liittyvät yleensä huonoon suunnitteluun, sekä hakkerointialttiuteen. Muihin uhkiin kuuluvat mm. deepfake-videot, eli erittäin realistiset tekoälyn luomat videot, joilla pyritään aiheuttamaan vahinkoa, sekä demokratian uhka, kun käyttäjille näytetään tietynlaisia poliittisia videoita (Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia 2023).

Keskeinen haaste on määrittää, kuka on vastuussa tekoälyn avulla toimivan järjestelmän aiheuttamista vahingoista. Jos esimerkiksi itseohjautuva auto ajaa kolarin, onko korvausvastuu auton omistajalla, valmistajalla vai mahdollisesti ohjelmiston kehittäjällä? Tekoälyn tulokset riippuvat siitä, miten se on suunniteltu ja millaista dataa se käyttää. Sekä suunnittelussa että käytetyssä datassa voi esiintyä tarkoituksellisia tai tahattomia vääristymiä. Huonosti suunniteltu tai väärin käytetty tekoäly voi johtaa ongelmallisiin tai kyseenalaisiin päätöksiin, jotka perustuvat esimerkiksi etniseen taustaan, sukupuoleen tai ikään. Näin voi käydä esimerkiksi palkkaustilanteessa, lainaa myönnettäessä tai rikosten käsittelyssä.

Tekoälyn eettiset kysymykset liittyvät hyvän elämän edistämiseen. Etiikka pyrkii ratkaisemaan moraalisia ongelmia määrittelemällä käsitteitä, kuten hyvä ja paha, oikea ja väärä, hyve ja pahe, oikeudenmukaisuus ja rikos. Tekoälyn etiikka on soveltavan etiikan ja teknologian alalaji, joka käsittelee tekoälyn, sen suunnittelun, kehityksen, toteutuksen ja käytön eettisiä kysymyksiä (Tulevaisuuden tekoäly ja etiikka n.d.). Kesäkuussa 2023 Euroopan parlamentti hyväksyi neuvottelu-

kantansa tekoälysäädökseen, josta on tarkoitus tulla maailman ensimmäinen kattava laki tekoälyn riskien sääntelemiseksi (Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia 2023). Laki ottaa kantaa sekä eettisiin kysymyksiin, että käytännölliseen tekoälyn käyttöön.

## **2.7 Tekoäly rooli yhteiskunnassa ja tulevaisuuden näkymät**

Tekoälyä pidetään keskeisenä osana yhteiskunnan digitaalista muutosta, ja se on nyt yksi EU:n prioriteeteista (Euroopan parlamentti 2023). Tekoälyyn ja edistyneeseen analytiikkaan vahvasti luottaneet yritykset ovat lähes poikkeuksetta suurimpia menestyjiä. Kilpailun kiristyessä ja tehokkuusvaatimusten kasvaessa paine ottaa tekoäly käyttöön kaikissa yrityksissä kasvaa entisestään (Mitä on tekoäly n.d.).

Tekoäly lisää älykkyyttämme tarjoamalla enemmän laskentatehoa, mahdollistaen paremmat ennusteet ja parantaen anturilaitteitamme. Tästä seuraa ihmisten ja koneiden toimiva hybridi. Ihmiset ja koneet tekevät kognitiivista (ajattelu) ja episteemistä (tieto) yhteistyötä sekä yksilötasolla että kollektiivisella tasolla. Näin syntyy systeemisiä ominaisuuksia (Euroopan parlamentti 2023). Vuonna 2017 61% eurooppalaisista suhtautuu myönteisesti tekoälyyn ja robotteihin, mutta 88% on sitä mieltä, että uusia teknologioita tulee valvoa tarkasti (Eurobarometri 2017, EU28).

Euroopan parlamentin nopea toiminta antaa EU-maille vahvan aseman digitaalisessa taloudessa ja yritysten välisessä kaupassa. Laadukas digitaalinen infrastruktuuri ja lainsäädäntö, joka suojelee yksityisyyttä ja sananvapautta, voivat tehdä EU:sta maailmanlaajuisen datatalouden ja sen sovellusten johtajan (Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia 2023). Kysyttäessä tekoälyn suurimpia mahdollisuuksia tekoälymaailman mullistajalta GhatGPT:ltä, vastaa se kysymykseen seuraavasti: ”Vapauttaa ihmisiä rutiinitehtävistä ja mahdollistaa keskittymisen luovaan ja arvokkaaseen työhön”.

Tekoälyn yleiset hyödyt ovat lisääntyneet tehokkuus ja turvallisuus. Kansalaiset voisivat hyötyä paremmasta terveydenhuollosta, turvallisemmista autoista, edullisemmista ja henkilökohtaisemmista tuotteista ja palveluista. Tekoäly helpottaa tiedonsaantia ja auttaa kouluttautumisessa lisäämällä mm. etäopiskelun mahdollisuuksia. Työpaikoista voi tulla turvallisempia, kun robotit suorittaisivat vaarallisimpia tehtäviä, sekä uusia työpaikkoja voi syntyä tekoälyn käyttöönoton seurauksena (Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia 2023).

Yrityksille tekoäly voi mahdollistaa uuden sukupolven tuotteiden ja palveluiden kehittämisen, esimerkiksi kiertotalouden alalla sekä koneiden valmistuksessa. Tekoälyn avulla voidaan optimoida logistiikkaa, parantaa koneiden huoltoa, tehostaa tuotantoa ja laatua sekä parantaa asiakaspalvelua ja säästää energiaa (Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia 2023). Vuonna 2020 Euroopan parlamentin Think Tankissa arvioitiin työn tuottavuuden nousevan 11–37% tekoälyn seurauksena vuoteen 2035 mennessä (Artificial Intelligence: Threats and Opportunities 2023).

Kuten Euroopan parlamentti kommentoi, tekoälyn yksi suurimpia haasteita ja ongelmia tulee olemaan sen liian vähäinen hyödyntäminen, joka voi johtaa kilpailuedun menettämiseen sekä taloudelliseen lamaantumiseen. Tämän vuoksi tekoälystä tulee puhua avoimesti, ja tehdä siitä tuttu jokapäiväinen apuväline eri aloille. Näin tekoäly voidaan valjastaa parhaalla mahdollisilla tavalla, ja välttää virheitä esimerkiksi investoimalla väärin tekoälyihin.

### 3 RAKENNESUUNNITTELU LYHYESTI

#### 3.1 Rakennesuunnittelun perusteet ja merkitys

Rakennesuunnittelun päätehtävänä on tuottaa suunnitelmat, joilla voidaan toteuttaa sekä ylläpitää kokonainen rakennus, tai yksittäinen rakenne. Rakennustekniikasta ja -suunnitelmista käytetään tunnusta RAK. Rakennesuunnittelu on kokonaisuutena äärimmäisen laaja. Yksinkertaisuudessaan rakennesuunnittelu tarkoittaa suunnitelmaa, jossa suunnitellaan rakenteet, jotka kestävät rakennusten ja infrastruktuurin painoa sekä siihen kohdistuvia voimia. Rakenteiden tulee kestää erilaisia kuormituksia, kuten painovoiman vaikutusta, tuulta, lumikuormia ja mahdollisia maanjäristyksiä (Rakennesuunnittelu 2022). Tässä opinnäytetyössä käsittelemme rakennesuunnittelua hyvin yleismaailmallisesti.

Rakennesuunnitteluun sisältyy uudis- ja korjauskohteiden rakennesuunnittelu, runkojärjestelmien ja -materiaalien valinnat, lujuustarkastelut, rakenteiden suunnittelu, valmisosien tuotantosuunnitelmien laadinta sekä erilaiset rakennusfysiikaaliset käyttöikään liittyvät selvitykset. Lisäksi rakennesuunnitteluun voi sisältyä myös määrälaskentapalveluita (RIL 2006). Jotta onnistuisimme tekemään turvallisia rakenteita, rakennesuunnittelua ohjataan erilaisin säädöksin. Suomessa käytämme rakennesuunnittelun ohjeena Eurokoodia, eli kantavien rakenteiden suunnittelustandardia. Eurokoodit antavat rakenteelliset suunnitteluperusteet rakennuksille sekä maa- ja vesirakenteille. Niihin sisältyy pohjarakenteiden suunnittelu, palosuunnittelu, maanjäristyssuunnittelu sekä toteutuksen ja työnaikaiset rakenteet (Eurokoodi 2023).

Suunnittelijan tulee ymmärtää laajasti koko kokonaisuutta, joka sisältyy hyvään ja ammattimaiseen rakennesuunnitteluun. Suunnittelijan tulee ymmärtää eri käytettävien materiaalien ominaisuuksia, sekä esimerkiksi syvällä tasolla fysiikkaa ja matematiikkaa. Suunnittelijan tulee ottaa lisäksi huomioon rakenteen toimintaympäristö, suunnittelun tarkoitus sekä voimassa olevat rakennusmääräykset ja standardit. Hyvä rakennesuunnittelu luo rakenteita, jotka kestävät aikaa ja säilyvät hyväkuntoisina ilman suurempia korjaustarpeita (Ympäristöministeriö n.d.).



Rakennesuunnittelun merkitys korostuu erityisesti turvallisuuden ja kestävyiden näkökulmasta. Huolellisella suunnittelulla varmistetaan, että rakennukset ja rakenteet ovat turvallisia niin käyttäjilleen kuin ympäristölleenkin. Turvallisuusnäkökulma tulee olla prioriteettina koko rakennuksen elinkaaren ajan. Lisäksi hyvin suunnitellut rakenteet ovat taloudellisia ja kestäviä, mikä vähentää ylläpitokustannuksia ja pidentää rakenteiden elinkaarta. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/199) määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta. Olennaiset tekniset vaatimukset koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa, ääniosuhteita sekä energiatehokkuutta (Ympäristöministeriö n.d.).

Rakennesuunnittelu ei ole pelkästään teknistä laskentaa ja suunnittelua, vaan se vaatii myös luovuutta ja innovatiivisuutta, jotta lopputulos olisi mahdollisimman käyttäjäystävällinen, sekä kestävä. Hyvin suunniteltu rakennus ja rakenteet tarjoavat optimaalisen käyttökokemuksen, mahdollistaen tilojen tehokkaan ja joustavan käytön. Suunnittelijan tulee löytää tasapaino rakenteen toimivuuden, esteettisyyden ja kestävyiden välillä. Lisäksi nykypäivänä rakennesuunnittelussa korostuvat merkittävästi kestävä kehityksen periaatteet, kuten ympäristöystävälliset materiaalivalinnat ja energiatehokkuus.

Kaiken kaikkiaan rakennesuunnittelu on olennainen osa rakennusprosessia, joka varmistaa rakennusten ja infrastruktuurin turvallisuuden, kestävyiden ja toimivuuden. Toimiva kokonaisuus on taloudellisesti kannattava, tinkimättä laadusta tai turvallisuudesta. Laadukas rakennesuunnittelu luo vakaan pohjan aikaa kestäväälle rakennetulle ympäristölle.

### **3.2 Katsaus rakennesuunnittelun tietotekniseen kehitykseen Suomessa**

1960-luvulla rakennesuunnittelija oli perinteisesti mieshenkilö, työasunaan valkoinen lääkärintakki. Korvan takaa löytyi lyijykynä, jolla tehtiin laskutikun avustamana laskelmat. Laskelmat rakennesuunnittelija muutti piirustuspöydällä suunnitelmiksi. Matemaattisilla taidoilla pääsi erityisesti loistamaan, sillä tietokoneiden

avustuksesta ei ollut tietoaakaan (Rakennuslehti 2021). Käsittelen tässä kappaleessa rakennesuunnittelun tietotekniikan historian oleellisinta aikaa, eli viimeisintä 60 vuotta.

Suunnittelutoimistossa insinöörit laskivat ja piirsivät kaiken itse vielä 1950-luvulla. Suunnittelijan työvälineisiin kuului laskutikku, laskulehtiö, betonirakenteiden laskentaa varten betonitikku, sekä piirustuslaudalla ollut piirustuskoje ja viivoittimet. Tarkempia laskutoimituksia varten tuli 1960-luvulla välineistöön mukaan käsin veivattava Facit-laskukone. Tuolloin alettiin toimistoihin myös palkata avuksi rakennuspiirtäjiä, jotka tekivät lopulliset kuvat tussilla kuultopaperille tai muoville. Muutokset piirustuksiin tehtiin raaputtamalla tussin jälki pois partakoneen terällä (Rakennuslehti 2021).

Tietotekniikan mullistus käynnistyi, kun Suomen Kaapelitehtaan, eli Nokian laskentakeskus hankki vuonna 1960 Englannista Elliot 803 A-tietokoneen. Kesti kuitenkin vuosia ennen kuin tietokoneita päästiin hyödyntämään insinööritoimistossa. Edut olivat kuitenkin selvät. Kun kokeneella insinööriä meni harjapalkin laskemiseen kahdesta kolmeen päivää, teki tietokone saman 15 minuutissa (Rakennuslehti 2021). 1960-luku oli rakennesuunnittelun kulta-aikaa, kertoi Finnmapin toimitusjohtaja Lars-Olav Sebbas Rakennuslehden haastattelussa vuonna 2002. 60-luvulla elementtirakenteet ja tietokoneavusteinen suunnittelu olivat vasta tulossa.

Tietokone teki kaikesta suunnittelutyöstä huomattavasti nopeampaa, ja osa suunnittelutyöstä, kuten kehärakenteen suunnittelu, ei olisi onnistunut lainkaan ilman sitä. Ensimmäisen kehärakenteen suunnittelutyö tehtiin Nokian laskentapalvelun tietokoneella, eikä työ onnistunutkaan kerrasta. Insinööritoimisto Bertel Ekengren perusti vuonna 1965 tietokoneosaston helpottamaan rakennusalan laskentatehtäviä. Samaan aikaan Tampereella oli vasta aloitettu tietokonealan korkeakouluopetus (Rakennuslehti 2021).

Tietokoneet olivat aluksi niin hintavia, ettei jokaisella suunnittelutoimistolla ollut varaa ostaa omaansa. Tämän vuoksi yhdeksän toimistoa päättivät yhdistää voimansa, ja perustivat vuonna 1966 Tekninen Laskenta Oy:n, eli Teklan. Suunnit-

telija kirjoitti kaavakkeelle käsin lähtöarvot, jonka jälkeen lähtöarvokaavake postitettiin Teklan pääkonttorille. Aluksi edes Teklalla ei ollut omaa tietokonetta, vaan he hyödynsivät Nokian omaa tietokonetta. Laskutoimituksessa tiedot lävistettiin ensiksi reikäkortille. Sen jälkeen tietokoneeseen luettiin oikeat ohjelmat ja suoritettiin niin kutsutut "ajot". Moniin ongelmiin, kuten tuhansien piirustusten järjestyksessä pysymiseen on saatu ratkaisu tietokoneen avulla. Tietokone on paljolti myös poistanut suunnittelutoimistosta matemaattiseen kyvykkyyteen pohjautuvan hierarkian (Rakennuslehti 2021).

Tietomallinnusta kehitettiin 1990-luvun lopulla Suomen yhdessä merkittävimmistä rakennusyhtiöstä, YIT:ssä asti. Tällöin ensimmäisiä 3D-malleja tehtiin Cove-mallintamisjärjestelmässä. YIT oli myös mukana VTT:n, eli valtion teknillisen tutkimuslaitoksen 4D-kehityshankkeessa, jossa malli muuttuu automaattisesti liikuttaessa aika-akselilla. Covesta oli tulossa vuonna 2000 kolmas versio, joka oli Archicad-pohjainen. Siihen oli mahdollista lisätä lähestulkoon mitä tahansa visualisointikeinoja, joka oli mullistava keksintö siihen aikaan (Rakennuslehti 2021).

Nykyään kaikessa rakennesuunnittelussa laskelmat tehdään tietokoneen avulla, hyödyntäen erilaisia laskentaohjelmia ja FEM-ohjelmia, eli Finite Element Method ohjelmia. FEM-ohjelmat ovat lujuusopin teoriaan perustuvia numeerisia ratkaisumenetelmiä. Rakennesuunnitelmista tehdään piirustussuunnitelmat CAD-ohjelmalla. CAD on lyhenne sanoista Computer Aided Design, tarkoittaen tietokoneavusteista suunnittelua. Lisäksi lähtökohtaisesti kaikista rakenteista tehdään tietomallinnus, lyhennettynä Building Information Modeling BIM-malli. Tietomallinnuksella tarkoitetaan rakennuksen tai rakenteen visualisointia ohjelman avulla. Tietomallit auttavat hahmottamaan rakennuksen toiminnallisuuden ja ulkonäön jo projektin alkuvaiheissa. Tällöin suunnitelmia on helpompi tarkistaa ja materiaali- vaihtoehtoja harkita uudelleen.

### **3.3 Rakennesuunnittelun osa-alueet ja suunnitteluprosessi**

Rakennesuunnittelua tekevät rakennusalan insinöörit sekä diplomi-insinöörit. Rakennesuunnittelussa huomioidaan rakennuksen vakaus, suunniteltu käyttöikä,

terveellisyys sekä kestävän kehityksen mukaiset tavoitteet, kuten kiertotalous ja materiaalitehokkuus (Rakennesuunnittelu n.d.). FISEn laatimat suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset määrätään mm. materiaalin ja suunnittelutehtävän vaativuuden mukaan. Ne on merkitty nähtäville Suomen rakentamismääräyskokoelmaan (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen suunnittelijoista ja suunnitelmista 2002). FISE on voittoa tavoittelematon yritys, jonka tavoitteena on rakentamisen laadun parantaminen, rakennusalaalla olevien henkilöiden kehittymisen edistäminen ja henkilöpätevyysiin liittyvän yhdenmukaisen informaation tuottaminen toimialalle. Se on perustettu rakennus- ja kiinteistöalan järjestöjen toimesta vuonna 2023 (Tietoa FISEstä n.d.). Rakennesuunnittelu on tärkeä osa rakennusalan prosesseja, sillä se muodostaa perustan rakennusten kestävyydelle, turvallisuudelle ja toimivuudelle.

Rakennesuunnitteluprosessi alkaa yleensä alkukartoituksesta ja esiselvityksestä, jossa arvioidaan hankkeen vaatimukset ja rajoitukset. Tämän jälkeen seuraa esisuunnittelu, jossa luodaan alustavia konsepteja ja ratkaisuja. Seuraavassa vaiheessa, tarkennetussa suunnittelussa, kehitetään ja tarkennetaan valittua konseptia teknisesti ja taloudellisesti. Lopuksi toteutussuunnittelussa valmistellaan kaikki tarvittavat piirustukset ja dokumentaatio rakennusprosessin toteuttamiseksi.

Rakennetyyppejä ja materiaaleja on erilaisia, ja jokainen vaatii omaa osaamistaan. Rakenteiden materiaaleilla on merkittävä vaikutus rakennuksen kestävyteen, kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin. Rakennesuunnittelija arvioi eri materiaalien ominaisuuksia ja sovellusalueita sekä tekee päätöksiä niiden käytöstä ottaen huomioon rakennuksen tarkoituksen, sijainnin ja käyttöolosuhteet. Eri vaihtoehdot ovat teräs-, betoni-, betonielementti-, puu-, liitto-, sekä erikoisrakenteet kuten liukuvalut ja jännitetyt rakenteet, sekä kallioon liittyvät maanalaiset rakenteet (Rakennesuunnittelu n.d.). FISE myöntää pätevyksiä mm. sekä materiaalien, että vaativuustasojen suunnittelun osa-alueilta, esimerkiksi betoni-, puu- tai terässuunnittelusta (FISE n.d.).

Rakennustekniseen suunnitteluun kuuluvat perustus-, runko-, ja rakenneratkaisujen kehittäminen, rakenteiden mitoitus sekä rakennuksen toteutettavuudesta ja rakennusteknisestä toimivuudesta huolehtiminen. Rakennesuunnittelun pohjaksi

selvitetään useimmiten erillisenä toimeksiantona perustamisolosuhteet. Rakennesuunnitelmaan sisältyy lujuuslaskelmat ja piirustukset. Lujuuslaskelmissa osoitetaan kantavien rakenteiden kestävyys, kun taas piirustuksissa esitetään rakenteiden mitat ja leikkauskuvat. Rakennuksen on kestävä erilaisia ulkoisia ja sisäisiä kuormituksia. Rakennesuunnittelija käyttää erilaisia laskentamenetelmiä ja standardeja varmistaakseen, että rakenteet ovat riittävän vahvoja ja turvallisia kaikissa olosuhteissa. Lisäksi piirustuksissa esitetään detaljeja, joissa voidaan kuvata esimerkiksi rakenteiden liitoksia sekä lämmön-, kosteuden- ja vedeneristysratkaisuja (RIL 2006).

Rakennesuunnittelussa vaaditaan nykyään paljon tietoteknisiä taitoja. Mallintamisesta käytetään lyhennettä BIM, ja mallintamisen tarkoituksena on saada rakennushankkeesta ulos kaikki määrä, hinta, massa yms. tieto samasta suunnitelmasta (RIL 2006). Rakennesuunnittelun kokonaisuuteen kuuluu FEM-laskenta, BIM-tietomallintaminen, valmisosasuunnittelu, rakennuksen vaipan rakenteiden suunnittelu, lisä- ja täydennysrakentaminen, turvaluokiteltujen rakenteiden suunnittelu, sekä rakennusteollisuuden tuotekehitys (Rakennesuunnittelu n.d.).

Koko suunnitteluprosessin ajan rakennesuunnittelijan on otettava huomioon paitsi tekniset ja toiminnalliset vaatimukset myös taloudelliset ja aikataululliset näkökohdat. Rakennesuunnittelu on yksinkertaisimmillaankin laaja ja monimutkainen kokonaisuus, joka vaatii ison kokonaisuuden hallintaa. Lisäksi vuorovaikutus muiden suunnittelijoiden, kuten arkkitehtien ja talotekniikan suunnittelijoiden, kanssa on tärkeää kokonaisvaltaisen ja toimivan lopputuloksen varmistamiseksi.

### **3.4 Rakennesuunnittelun yleisimmät haasteet ja ongelmat**

Jokainen onnistunut rakennusprojekti alkaa hyvästä suunnittelusta. Useimmille asiakkaille valmiin projektin visuaalinen estetiikka ja käytännöllinen toimivuus on yhtä tärkeää. Suunnittelijoiden voi olla vaikeaa löytää oikea tasapaino näiden kahden välillä. Useimpien projektien suunnitelmat ovat äärimmäisen monimutkai-

sia. Lisäksi piirustukset eivät ole pelkästään visuaalisia suunnitelmia rakennuksen tai rakenteen ulko- tai sisäarkkitehtuurista, vaan ne määrittävät myös käytännön elementtien, kuten sähkön ja putkiston sijainnit sekä sisältävät kaikki tarkat mitat toteutusta varten. Useimmissa tapauksissa suunnitteluvirheet johtuvat epäselvyydestä, virhearvioista ja puuttuvista tiedoista, jotka unohtuvat hallinnoidessa isoa ja monimutkaista kokonaisuutta (Design Problems Affecting the Construction Industry 2022).

Viestintäongelmat ovat yksi yleisimmistä rakennusongelmista. Samassa projektissa saattaa työskennellä useita eri suunnittelijoita sekä tiimejä, ja viestintätyylien erilaisuus ja monimuotoisuus jättää tilaa virheille (Design Problems Affecting the Construction Industry 2022). Ongelmat voivat johtua kielimuureista, kulttuurieroista tai ymmärryksen puutteesta rakennustiimin ja rakennuksen omistajan välillä. Viestintäongelmat eivät välttämättä ole tahallisia, vaan voivat yksinkertaisesti johtua siitä, että kaikkia tarvittavia tietoja ei ole tarjolla, tai niitä ei ole huomattu kysyä (Top 12 Construction Issues & Challenges n.d.).

Yleisimpiin virheisiin kuuluu pääsääntöisesti inhimilliset virheet, kuten puuttuvat tai virheelliset tiedot sekä väärinkäsitykset. Suunnittelija saattaa unohtaa sisällyttää kriittisiä tietoja tai laskea virheellisesti tärkeitä mittauksia. Esimerkiksi sähkösuunnitteluvirheet ovat hyvin yleisiä. Silloin on unohdettu sisällyttää tiettyjä elementtejä, kuten sähköpaneeli piirustuksiin ja niille on luotava tila myöhemmin. Myös muita rakenteellisia ja käytännön elementtejä saattaa unohtua piirustuksista, kuten esimerkiksi IT-kaapit ja palohälytinpaneelit (Design Problems Affecting the Construction Industry 2022).

Epäkäytännölliset tai ristiriitaiset tilaratkaisut kuuluvat myös inhimillisiin virheisiin. Suunnittelija saattaa esimerkiksi sisällyttää suunnitelmiinsa ristiriitaisia ominaisuuksia- kuten ovia, jotka avautuvat toistensa päälle. Jotkut tilat saattavat olla myös ali- tai ylimitoitettuja tarkoitettuun käyttöönsä nähden. Lisäksi jotkut suunnittelijat saattavat käyttää symboleja tai lyhenteitä, jotka tulkitaan väärin muun rakennustiimin jäsenten toimesta, jolloin toteutus menee väärin (Design Problems Affecting the Construction Industry 2022).

Hyvä kommunikaatio eri osajien välillä ratkaisee useimmat ongelmat ja virheet myös suunnittelutyössä. Kun suunnittelija kommunikoi avoimesti asiakkaiden, sisäisten sidosryhmien ja kenttäryhmien kanssa, suunnitteluvirheiden riski vähenee. Tällöin suunnittelija antaa myös itselleen runsaasti mahdollisuuksia korjata virheet ennen kuin ne vaikuttavat merkittävästi työmaalla tehtävään työhön. Lisäksi piirustukset ja suunnitelmat tulisi aina tarkastaa ennen niiden lähettämistä kentälle toteutettaviksi, jotta turhilta ja ylimääräisiltä virheiltä vältyttäisiin. Vastuu kommunikoinnista tulisi olla myös muilla sidosryhmillä, kuten työnantajilla ja projektinjohtajilla (Design Problems Affecting the Construction Industry 2022).

### **3.5 Rakennesuunnittelun tulevaisuuden näkymät**

Rakennusala on perinteisesti ollut muutosvastarintainen. Koko ala on kuitenkin tällä hetkellä murroksen partaalla, ja muutosta johtaa uudet teknologiset innovaatiot, huoli ympäristöstä sekä yhteiskunnalliset muutokset. Nämä muutokset vaativat uuden joukon taitoja alalla työskenteleviltä ammattilaisilta (The Future of Construction: Skills You'll Need in the Next Decade 2023).

Tulevaisuudessa digitaalinen osaaminen tulee olemaan yksi tärkeimmistä ominaisuuksista rakenneteollisuudessa. BIM, eli Building Information Modeling tarjoaa digitaalisen esityksen rakennuksen fyysisistä ja toiminnallisista ominaisuuksista, mahdollistaen tehokkaamman suunnittelun ja hallinnan. ”Digitaaliset kaksoset”, eli virtuaalimallit mahdollistavat fyysisten varojen reaaliaikaisen seurannan ja simuloinnin, ennustaen vikoja ja varmistaen optimoidut toiminnot. Näiden ”digitaalisten kaksosten” tulkitseminen ja oppiminen antavat rakennusalan ammattilaisille kilpailuetua (The Future of Construction: Skills You'll Need in the Next Decade 2023).

Rakennusalan yksi keskeisimmistä trendeistä on kestävä kehitys ja sen priorisointi. Rakennesuunnittelussa pyritään entistä enemmän vähentämään ympäristövaikutuksia ja resurssien käyttöä. Tämä voi esimerkiksi sisältää uusien materiaalien kehittämistä, kuten hiilineutraaleiden betoniseoksien, kestävästi tuotettujen puumateriaalien tai kokonaan uusien rakennemateriaalien innovointia. Uusin kotimainen merkittävä innovaatio on vuoden 2023 linnanjuhlissakin nähty Block

Solutions. He ovat kehittäneet Lego-palikoita muistuttavia moduuleja kierrätettävästä materiaalista, joiden avulla pystytään rakentamaan kestäviä ja turvallisia koteja paikallista hyvinvointia edistäen. Erityisen hyvä nosto moduuleilla rakentamisen ympäristöystävällisyydestä onkin sähkön tarpeettomuus, sillä talon rakentaminen Block-palikoista ei vaadi sähköä lainkaan. Näin ollen on helppoa rakentaa taloja nopeasti, myös esimerkiksi kriisialueille (Block Solutions n.d.). Painotus on toimia kestävien arvojen mukaisesti kokonaisvaltaisesti, joka onkin onneksi yleisesti vallitseva trendi länsimaisessa rakennesuunnittelussa.

Vihreät arvot sekä digitalisaatio ovat kaksi pääteemaa tämän hetken ja tulevaisuuden rakennesuunnittelussa. Oikein toteutettu tietomallinnus voi olla merkittävä tekijä rakennus- ja kiinteistöalan ilmastojalanjäljen pienentämisessä. Tietomallinnuksen avulla työmaalle toimitettavien Pre Cut, eli mittaansa ja muotoonsa valmiiksi tehtyjen osien, moduulien ja elementtien valmistaminen on entistä helpompaa. Teollinen tuotanto tuottaa vähemmän jätettä, koska tietomallinnus vähentää virheiden määrää (BIM eilen, tänään ja huomenna n.d).



## 4 TEKOÄLY JA RAKENNESUUNNITTELU YHDESSÄ

### 4.1 Johdatus tekoälyn rooliin rakennesuunnittelutyössä

McKinseyn tutkimuksen mukaan rakennusteollisuus on maailmanlaajuisesti suurin teollisuudenala, ja se kattaa 13% koko maailman bruttokansantuotteesta (The future of construction in 2023 and beyond 2023). On kuitenkin yleisesti tiedossa rakennusteollisuuden olevan yksi vähiten digitalisoituneista aloista, ja omaksuvan uusia teknologioita hitaasti (Science Direct 2021). McKinseyn mukaan rakennusteollisuus kärsii vuosittain 1,38 biljoonan euron tuottavuuserosta, verrattaessa keskimääräiseen muuhun teollisuudenalan tuottavuuteen. Maailmanlaajuinen työn tuottavuuden kasvu on keskimäärin ollut vain 1 prosenttia vuodessa rakennusosalalla viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Koko maailmantaloudessa kasvu on ollut 2,8 prosenttia ja valmistusteollisuudessa 3,6 prosenttia (The future of construction in 2023 and beyond 2023). Varovaisuus uusien teknologioiden käyttöönotossa johtuu todennäköisesti erittäin virheherkstä alasta, jossa pienetkin virheet aiheuttavat usein valtavia seurauksia (Science Direct 2021).

Rakennusteollisuudella on alhaisin digitaalinen läpäisyindeksi, sillä teollisuus sijoittaa tuotostaan vain 1,5% IT-järjestelmiin. Maailmanlaajuisesti keskimääräinen teollisuuden yritys käyttää 3% tuotostaan IT-järjestelmiin. Testatut digitaaliset työkalut ovat jo osoittaneet lisäävänsä tuottavuutta 20% rakennustyömaalla ja säästäneen 5-10% CAPEX, eli suuremmista investoinneista ja järjestelmäkustannuksista - yksinkertaisesti helpottamalla olemassa olevan henkilöstön ja resurssien tehokasta käyttöä ymmärrettävästi. Arvioiden mukaan virheellisten tai väärin toteutettujen projektien uudelleentöiden kustannukset muodostavat lähes kolmanneksen kaikista rakennusteollisuuden kustannuksista. Yksi asia on varma: rakennusprojekti, olipa kyseessä sitten asuin- tai liikekiinteistö, on täynnä haasteita. On myös tärkeää huomata, että todellinen kestävä kehitys ulottuu kauas pelkistä energiatodistuksista (The future of construction in 2023 and beyond 2023). Vaikka rakennusala omaksuukin uusia teknologioita hitaasti, trendejä kohti teknologiapohjaisempaa lähestymistapaa rakennushankkeissa on havaitta-

vissa. Kaksi merkittävintä tekniikan ryhmää rakennusalalla tällä hetkellä, ovat rakennustiedon hallinta (BIM) ja rakennushallinnan ohjelmistot (The future of construction in 2023 and beyond 2023).

Rakennusteollisuudessa digitaalisen osaamisen puute ja toiminnallinen luonne tekevät projektinhallinnasta monimutkaisempaa. Siksi useimmissa rakennusalan projekteissa kohtaamme samoja toistuvia ongelmia. Projekteissa ilmenee usein kustannustehottomuutta, valmistumisen viivästymisiä, yleistä heikkoa laatua valmiissa kokonaisuudessa, faktatietoon perustumatonta päätöksentekoa sekä tuotavuuden, terveellisyyden ja turvallisuuden järjestelmien heikkouksia. Kaikki edellä mainitut epäkohdat voidaan suurelta osin ratkaista tekoälyn avulla (The future of construction in 2023 and beyond 2023). Innovaatioyrityksen toimitusjohtaja James Barret kertoi tekoälyn muuttavan rakennusteollisuutta seuraavan 10 vuoden aikana enemmän, kuin mikään muu rakennusteknologia viimeisten 100 vuoden aikana. Barret korostaa digitaalisten teknologioiden ja tekoälyn omaksumisen tärkeyttä rakennusprosessin parantamisessa (AI in Construction- How Artificial Intelligence is Paving the Way for Smart Construction 2024).

Tekoäly rakennusalalla voi tuoda mukanaan valtavia muutoksia ja edistää innovaatiota sekä luovuutta laajassa mittakaavassa. Voimme sanoa liioittelematta tämän kehittyneen teknologian takaavan nopeat ja tarkat tulokset. Äskettäisen tutkimuksen mukaan 92% rakennusyrytyksistä ilmoitti käyttävänsä tai aikovansa käyttää tekoälyä. Kuitenkin heidän onnistumisprosenttinsa tekoälyn käytössä oli vain 65% - yksi alhaisimmista kaikista tutkituista aloista (AI in Construction. 2023). Tekoälyn ja automaation vaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle, kuin vain rutiiniprosessien automatisointiin. Projektinjohtajat voivat tulevaisuudessa hyödyntää automaatiota suorittaakseen haastavimpia tehtäviä, kuten aikataulusta, datan visualisointia sekä raporttien generointia. (Future of Construction Industry. 2023). Koneoppimishjelma voi esimerkiksi seurata ja arvioida projektin edistymistä tunnistaakseen aikatauluriskit jo varhaisessa vaiheessa. Algoritmit voivat 'kysyä kysymyksiä' leikkaus- ja täyttötilavuuksista, laitteen käyttöaika- ja seisonta-ajoista, aiemmista projekteista tai mistä tahansa muusta riskipistemäärän luomiseksi ja määrittääkseen, milloin varoitusilmoitus lähetetään projektin vastaavalle (The Benefits of Ai In Construction 2022). Automatisaatio ja tekoäly

voivat säästää arvioiden mukaan rakennuskustannuksia jopa 20 prosenttia. Tekoäly voi suunnitella esimerkiksi putki- ja sähköjärjestelmien järkevää asettelua nykyaikaisissa rakennuksissa (Future of Construction Industry 2023). Lisäksi virtuaalisten mallinnustyökalujen käyttö on jatkuvassa kasvussa. Näiden avulla pystymme visualisoimaan rakennusprojektin ennen sen käynnistämistä todellisessa maailmassa (The future of construction in 2023 and beyond 2023).

Mielipidetutkimusten mukaan vastaajat arvioivat tekoälyn saattavan aiheuttaa yleisiä negatiivisia vaikutuksia työpaikoille. Pew-tutkimuksen vuonna 2023 tekemän kyselyn mukaan 32% Yhdysvaltain työntekijöistä uskoo tekoälyn vahingoittavan enemmän, kuin edesauttavan työvoimaa ja työllistymistä. Vain 13% vastaajista uskoo vaikutusten olevan positiivisia (The Rise of Ai in Construction 2023). Vaikkakin joissain tutkimuksissa ennustetaan massiivisia työpaikkojen menetyksiä, tekoäly ei todennäköisesti tule korvaamaan ihmistyövoimaa lähivuosikymmeninä. Sen sijaan tekoäly muuttaa rakennusteollisuuden liiketoimintamalleja, vähentää kalliita virheitä ja tekee kokonaisuudessaan työstä tehokkaampaa (The Benefits of Ai In Construction 2022).

## **4.2 Tekoälyn tarjoamat mahdollisuudet suunnittelutyössä**

Tekoälyn avulla on mahdollista käyttää valtavia tietomääriä nanosekunnin murto-osassa, ja sillä on potentiaalia merkittävästi parantaa suunnittelua ja mullistaa arkkitehtuuria (The Future of Construction Industry; 2024 and Beyond 2023). Vaikka rakennesuunnitteluun tekoälyn todellinen vaikutus ei ole vielä täysin nähtävissä, koetaan se silti jo käännteentekeväksi alan "digitaalisella matkalla". Lisääntyvä tehokkuus, tarkempi 3D-mallinnus ja paremmat käyttäjäkokemukset ovat vain muutamia esimerkkejä, joilla tekoäly hyödyttää suunnittelijaa (Forbes 2023). Parannetun syvän koneoppimisen kautta tekoälyä voidaan valjastaa hyödyntämään olemassa olevia tietoaaineistoja sekä tuotetietoja nopeamman ja tehokkaamman rakennussuunnitteluprosessin aikaansaamiseksi. Se voi lisäksi auttaa automatisoimaan arkkitehtien ja suunnittelijoiden visualisointia suunnittelusta, sekä muuttaa niitä sisällyttämällä kestävämpiä materiaaleja annettujen

raamien sisällä, näin parantaen rakennusten tehokkuutta elinkaaren aikana (Forbes 2023).

Tekoälyn hyötykäyttö voi myös vähentää riskejä. Ohjelma voisi esimerkiksi tunnistaa, milloin tietyt tuotteet tai materiaalit eivät ole yhteensopivia tiettyjen annettujen lähtötietojen kanssa. Lisäksi järjestelmät voisivat ilmoittaa suunnittelijoille tuotteen ominaisuuksista tai saatavuudesta varmistaen, että he ovat ajan tasalla viimeisimmän tuotetiedon kanssa (Forbes 2023). Koneoppimisen avulla voidaan tunnistaa ristiriitoja ja päällekkäisyyksiä, jotta arkkitehdit, insinöörit, mekaanikot, sähköasentajat ja putkiasentajat voivat tehdä keskenään mahdollisimman laadukasta yhteistyötä. Näiden ongelmien ehkäiseminen varhaisessa suunnitteluvaiheessa vähentää korjaustyön riskiä (AI in Construction – How Artificial Intelligence is Paving the Way for Smart Construction 2024). Kaiken kaikkiaan erilaiset tekoälyavusteiset työkalut kuten ChatGPT parantavat kokonaispäättökentekoprosessia (Forbes 2023).

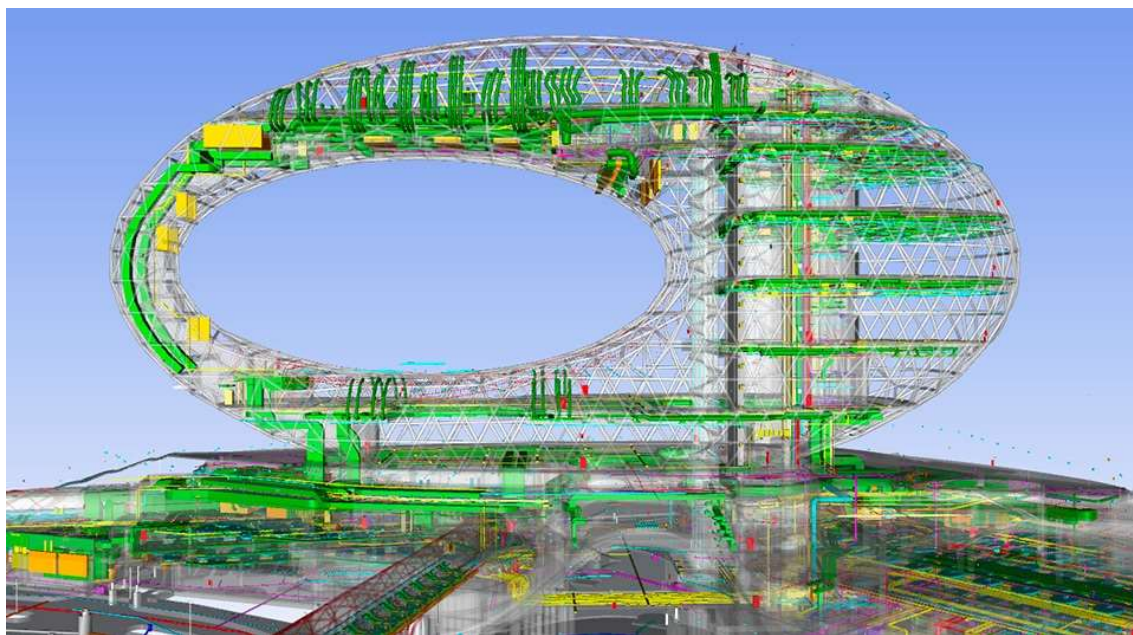
Tietomallinnus (BIM) on yleisesti käytössä nykyajan rakennusteollisuudessa lisäämässä varmuutta kustannus- ja aikatauluarvioihin. Huolimatta tietomallinnuksen valtavista hyödyistä, aikataulutuksen automatisointi tällä menetelmällä perustuu vain mallissa olevaan tietoon. Kuitenkaan ulkoisia subjektiivisia tekijöitä, lisämateriaaleja ja resursseja ei voida sivuuttaa aikataulutuksessa (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023). Tekoäly ja koneoppimisalgoritmit voisivat hyödyntää BIM-tietoja ennakoivaan analyysiin ja optimointiin. Analysoimalla tietomalleihin (BIM) tallennettua projektidataa viimeisiltä vuosilta, tekoälyalgoritmit voivat tarjota näkemystä mahdollisista riskeistä, projekti aikatauluista ja resurssien jakamisesta (Smart Construction; Comprehensive Guide 2023). Tähän tarkoitukseen on olemassa ohjelmistoja, jotka käyttävät koneoppimisalgoritmeja tarkastelemaan kaikkia ratkaisuja tarjoten optimaalisimpia vaihtoehtoja. Käyttäjän asetettua suunnittelutarpeet, ohjelmisto tuottaa optimaaliset suunnitelmat annettujen raamien sisässä. Koneoppimisalgoritmien ja toistuvan datan avulla vastaukset johtavat koko ajan todennäköisemmin ihanteellisempiin malleihin (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

Useimmat laajat projektit kärsivät aikataulusongelmista, sekä ylittävät useimmiten suunnitellut taloudelliset budjetit. Tekoälyä voidaan hyödyntää projekteissa ennustamaan esimerkiksi kustannusten ylitystä, jotta epäkohtiin osataan puuttua tarpeeksi ajoissa. Esimerkiksi projektin koko, sopimustyyppi ja projektijohtajien pätevyystaso vaikuttavat todennäköisesti aikataulun paikkansapitävyyteen. Kerättyä tietoa vuosien ajoilta, kuten suunnitellut aloitus- ja päättymispäivät, käytetään ennustavien mallien avulla realististen aikataulujen hahmottamiseen tuleville projekteille (The Benefits of Ai In Construction Industry 2022).

Tekoäly, tai tarkemmin sanottuna koneoppiminen, voi parantaa suunnitelmia kokonaisuutena tekemällä tiloista parempia ihmiskäyttäjille. Esimerkiksi WeWork-yritys halusi kokoushuoneidensa vastaavan ihmisten tapaa käyttää tiloja. Työtiloja tarjoava startup-yritys käytti koneoppimista auttaakseen ymmärtämään ja ennustamaan näiden kokoushuoneiden käyttöiheyttä, ja yritys pystyi suunnittelemaan tilan parhaiten ihmisten tarpeisiin ennen sen rakentamisen aloittamista. Tekoälyn hyödyt suunnittelussa eivät rajoitu tähän. Koneoppiminen voi myös auttaa työntekijöitä havaitsemaan virheitä ja puutteita, jotka saattavat olla läsnä suunnittelussa ennen rakentamisen aloittamista. Sen sijaan, että käytettäisiin tunteja virheiden tunnistamiseen, voidaan se toteuttaa koneoppimisen avulla, mikä lopulta säästää aikaa ja vapauttaa resursseja tuottavampiin tehtäviin. Oikean tekoälyteknologian avulla voidaan jopa testata erilaisia ympäristöolosuhteita ja tilanteita mallissa. Teknologia voi auttaa määrittämään, onko tietty suunnittelelementti optimaalinen tai ennustaa, voiko se aiheuttaa ongelmia tulevaisuudessa (The Rise of Ai in Construction 2023).

Tekoälyn avulla on mahdollista suunnitella jotain paljon mielenkiintoisempaa ja monimutkaisempaa, kuin perinteiseen tyyliin. Tästä erinomainen esimerkki on Dubaissa sijaitseva Museum of Future, joka on taidonnäyte huippuammattimaisesta suunnittelutyöstä uusimman teknologian avulla. Suunnittelun järkeistäminen ja generatiivinen suunnittelu ovat keskeisessä roolissa iteratiivisessa, eli lyhyesti ilmaistuna toistavassa analyysiprosessissa, jota käytetään projektin monimutkaisten elementtien optimoimiseen. Esimerkiksi, kun Museum of Future-projektissa oli kyse monimutkaisesta teräsdigridigeometriasta, teräsurakoitsijat perustivat iteraatiot, eli niin sanotusti toistuvat käskyt liitoksen suunnitteluun, raken-

nettavuuteen, elementin pituuteen, kulmiin ja solmuihin, jotka tarvittiin lujuusanalyysiin ja palvelukelpoisuusvaatimuksiin. Generatiivinen suunnittelu auttoi luomaan räätälöityjä skriptejä, eli niin kutsuttuja ohjeita tai käskyjä monimuuttujien optimointiin, sekä lisäämään määrittelyä ja ennakoitavuutta. Diagridigeometria luotiin sisäisellä parametrisella skriptillä, joka mahdollisti tiimin nopean manipuloinnin ja lukuisien iteraatioiden tutkimisen arkkitehtonisten ja rakenteellisten vaatimusten mukaisesti. Skriptejä käytettiin myös jäsenten ja solmujen nimeämis-konventioiden määrittämiseen, sekä geometrian luomiseen piirustustuotantoa varten (Museum of the Future highlights innovation in Dubai 2017).



KUVA 2. Museum of Future Dubaissa (Autodesk 2017). Rakennuksen suunnitelmapiirustus.

Ongelmat rakennusalan projekteissa johtuvat yleensä suunnittelun ja tarjousvaiheen virheistä - epätarkoista kustannusarvioista, liian optimistisista aikatauluista sekä riskien ja eri vaihtoehtojen analyysin puutteesta. Tekoäly ja automatisoitu analytiikka voivat auttaa suunnittelun tarkastusprosessissa esimerkiksi automatisoimalla layoutin. Tarjousprosessissa apua saadaan ennakoivista malleista raaka-ainehintojen kehityksessä, ja jälkiarvioinnissa luonnollisen kielen prosessin avulla vertailtavien työtehtävien tunnistamiseksi. Analysoimalla valtavia määriä sisäistä rakenteetonta dataa kuten tarjousasiakirjoja ja ulkoista dataa kuten hyödykkeiden hintoja, voi tekoäly tarjota uusia näkemyksiä perustuen aiempiin projekteihin. Tällä tavoin kulujenhallinnan ja aikataulutuksen vastuuhenkilöt

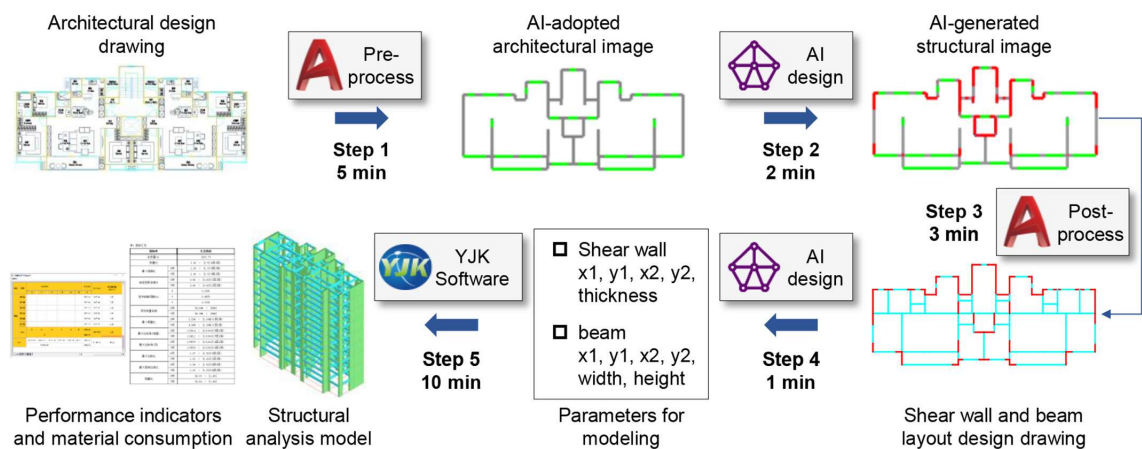
voivat luoda tarkempia arvioita, vähentäen budjetti- ja aikataulupoikkeamia arviolta 10-20% ja tehostaen insinöörien tehokkuutta vähentämällä 10-30% arviointiin kuluvaan aikaan. Ajan ja rahan säästämisen lisäksi tämä auttaa rakennusyrityksiä parantamaan projektien kokonaislaatua (The Age of With... AI in Construction and Infrastructure n.d.).

Lyhentääkseen tarjouskilpailujen kierroksia ja vähentääkseen tarjouskustannuksia ConXtech-teknologiayritys työskenteli Autodesk-teknologiayrityksen Research-osaston, eli tutkimusryhmän kanssa kehittääkseen prototyypitarjousalustan, joka käyttää tekoälyä löytääkseen kustannustehokkaimman rakenteellisen teräsuunnitteluratkaisun perustuen materiaalien hankinnan, valmistuksen ja rakentamisen kustannuksiin. Nämä kustannukset vaikuttavat projektiin valittuihin toimittajiin ja aliurakoitsijoihin sekä vaihtelevat projektin sijainnin mukaan (Vision Setting and Problem Solving: AI in Architecture Is Changing Design 2023).

Pohjapiirroksia käytetään rakennuksen layoutin, eli tarkan suunnitelman luomiseen. Layout ei tarkoita ainoastaan karkeaa pohjapiirustusta, vaan riippuen kohteesta voi sisältää esimerkiksi rakenteiden maasto-olosuhteet, ja niiden sijoitukset. Käyttämällä generatiivisia vastakkainasetteluverkostoja (GAN), rakennesuunnittelijat voivat luoda pohjapiirroksia rakennuksen mittojen ja ympäristöolosuhteiden perusteella, mikä vähentää tarvetta manuaaliselle piirtämiselle. Lisäksi koneoppimismallit voivat sopeutua rakennesuunnittelijan tapoihin ja menetelmiin ajan myötä, mikä jälleen parantaa työnkulkua. Tämän lisäksi virtuaalitodellisuus (VR) voi auttaa syventämään arkkitehtien asiakkaiden ja muiden sidosryhmien osallistumista suunnitteluprosessiin. Käyttämällä VR-laseja he voivat tutkia tilaa yksityiskohtaisesti ja nähdä esimerkiksi miltä erilaiset materiaalit näyttävät ennen fyysistä rakentamista (Itransition 2023).

Science Direct antoi älykkäälle suunnitteluohjelmalle käskyn toteuttaa jäykistysseinärakenteiden suunnitelmat, jotka täyttivät tarjousprosessin vaatimukset. Vaatimukset sisälsivät mukaan lukien jäykistysseinien sijoittelusuunnittelun ja optimoinnin, osakomponenttien poikkipinta-alan suunnittelun, sekä rakenteellisten analyysimallien automaattisen rakentamisen. Kokeilun avulla saavutettiin älykäs ja pitkälle automatisoitu prosessi, aina arkkitehtonisista rakennesuunnitelmista

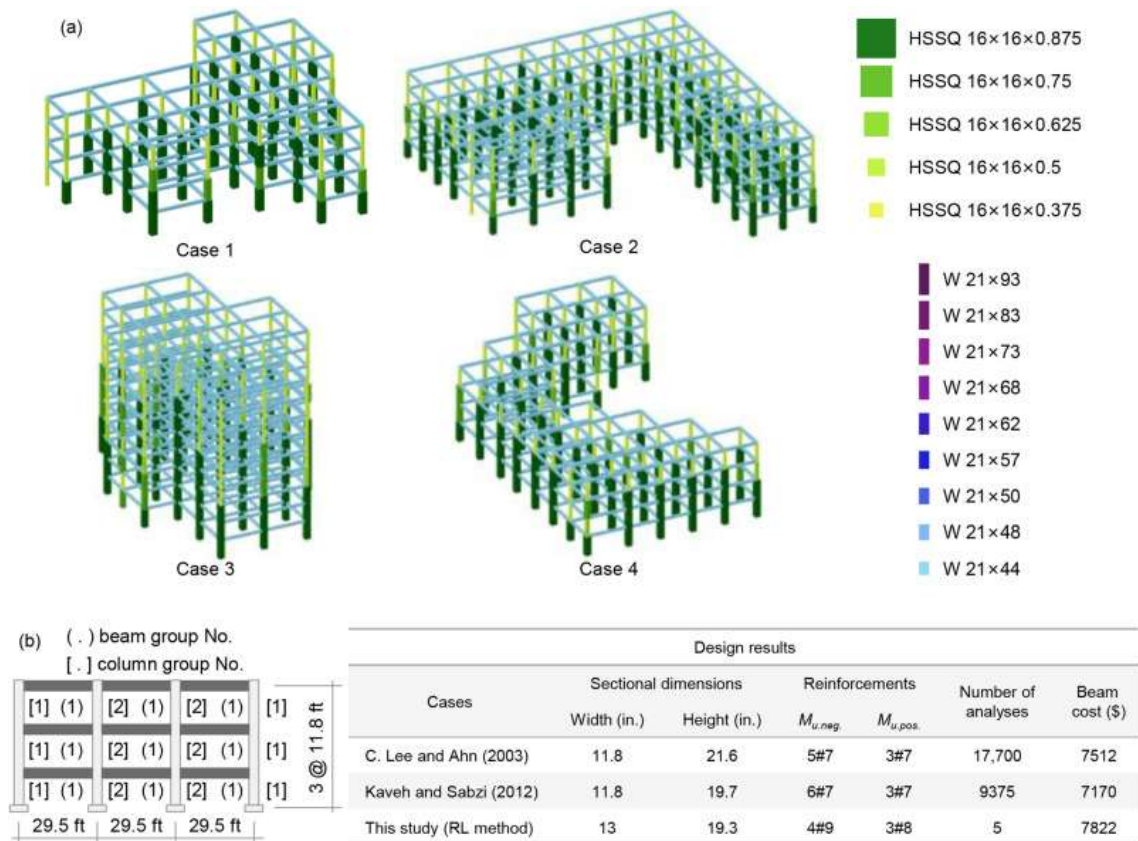
rakenteellisiin analyysimalleihin ja materiaalikulutustilastoihin (Kuva 3). Menetelmää sovellettiin projektin tarjousprosessiin. Tulokset osoittivat yhden rakennuksen osalta generaatioon perustuvan tekoälyn avulla toteutetun rakennesuunnittelun tehokkuuden olevan lähes 10–15 kertaa suurempi, kuin manuaalisen suunnittelun tehokkuuden. Lisäksi älykäs tekoälyä hyödyntävä suunnittelumenetelmä voi samanaikaisesti suorittaa useita projektisuunnitelmia. Kokeilussa todettiin, että älykkään suunnittelun rakenteellinen mekaaninen suorituskyky täyttää koordinaativat ja materiaalin käyttö vastaa lähes täysin insinöörien suunnittelemissa rakenteissa (Generative AI Design for building structures 2024).



KUVA 3. Generative AI Design for building structures. (Science Direct. 2024.) Älykkään suunnittelumenetelmän toteuttama jäykistysseinärakenteiden suunnitelma annettujen raamien mukaisesti.

Chang & Cheng toteuttivat tutkimuksen, joka keskittyi erilaisten teräsrunkorakenteiden komponenttien poikkipinta-alojen nopeaan suunnitteluun. He käyttivät tutkimuksessaan GNN-pohjaisia NeuralSim- ja NeuralSizer-moduuleja. Ohjelman oli määrä esitellä useita suunnitteluvaihtoehtoja. Ohjelman koulutukseen kului aikaa noin 2,5 tuntia. Kuitenkin kerran koulutettuna, NeuralSizer-moduuli voi luoda uuden suunnitelman vain 10,07 millisekunnissa, tehokkaasti sisällyttäen NeuralSimin rajoitukset ja osoittaen algoritmin yleistämiskyvyn (kuva 4) (Generative AI Design for building structures 2024).





KUVA 4. Generative AI Design for building structures. (Science Direct 2024). Teräsrunkorakenteisten komponenttien eri esimerkkivaihtoehdot.

Edelleenkin jokaisessa suunnittelun vaiheessa isoin merkitys on ihmisen arvioinnilla. Vaikka rakennusteknologia olisi kuinka kehittynyttä, se voi viedä vain osan työn kuormasta. Näin ollen tarvitaan edelleenkin nyt ja tulevaisuudessa korkeasti koulutettuja ammattilaisia tarkistamaan faktat, sekä analysoimaan ja ymmärtämään jokaisen rakennusvaiheen vaatimat yksityiskohtaiset seikat (Forbes 2023).

### 4.3 Kriittiset näkökohdat tekoälyn käyttöönotettaessa

Tekoälyn on ennustettu mullistavan rakennusteollisuuden, mutta siihen liittyy omat haasteensa ja rajoituksensa. Keskeisimpien esteiden käsitteleminen on ratkaisevan tärkeää, jotta tekoälyn täysi potentiaali rakennusteollisuudessa voitaisiin saavuttaa. Virheettömimmänkin tekoälyn käyttöönotto voidaan toteuttaa menestyksekkäästi vain, mikäli johtajat tunnistavat siihen liittyvät haasteet (How is AI in Business Bringing Transformation? A Complete Guide 2024).

Heikko pohjatietojen laatu on yksi merkittävimmistä haasteista, jota tulemme kohtaamaan. Tekoälytyökalujen tehokkuus riippuu suuresti niistä tietokannoista, joiden avulla ne koulutetaan. Epätarkat tai epäolennaiset tiedot voivat haitata tekoälyn sovellusten sujuvaa toimintaa. Yrityksillä on kuitenkin huoli sensitiivisten tietojen tarpeeksi korkeasta suojaamisesta, ettei minkäänlaisia tietovuotoja tapahdusi. Lisäksi yritykset ovat huolissaan käyttäjien yksityisyydensuojasta (How is AI in Business Bringing Transformation? A Complete Guide 2024).

Lisäksi useimmat koneoppimisjärjestelmät noudattavat mustalaatikko lähestymistapaa, mikä tarkoittaa sitä, että ne eivät selitä syitä päätelmien tekemiseen. Luottamuksen rakentamiseksi tällaisiin järjestelmiin on olennaista, että rakennusalan ammattilaiset ymmärtävät, miten järjestelmä tekee päätöksensä. Tämä edellyttää selitettävän tekoälyn (AI) käyttöä, jotta voidaan tuottaa selitettäviä malleja ja mahdollistaa ihmisille järjestelmien ymmärtäminen, niihin luottaminen ja niiden hallinta (Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges 2021).

Pienet virheet rakennusprosesseissa johtavat usein valtaviin laatu-, kustannus- ja aikavaikutuksiin, joilla on vaikutus koko projektisuunnitelmaan. Kaikkein keskeisin arvo on rakennustyöntekijöiden turvallisuus. Mikäli turvallisuus vaarantuu, se voi johtaa vakaviin onnettomuuksiin, tai jopa hengenvaarallisiin tilanteisiin. Esimerkiksi tietokoneen näköjärjestelmä, joka tunnistaa automaattiset rakennuskoneet, voi erehtyä virheellisesti merkitsemään rakennustyöntekijän, joka työskentelee korkealla. Teollisuus käyttää tekoälyä joidenkin prosessien täyteen hallintaan tai rakennustyöntekijöiden toimintojen tehostamiseen, ja tämä on tehtävä minimaalisin tai olemattomin turvallisuusriskein (Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges 2021).

Yksi keskeinen menestystekijä on henkilöstön halukkuus oppia. LIITE 1 (Harvard Business Review 2018). Rakennusteollisuus on perinteisesti ollut vastahakoinen ottamaan käyttöön uusia teknologioita, eikä tekoäly ole tässä poikkeus. Monet sidosryhmät saattavat olla haluttomia omaksumaan tekoälyyn perustuvia toimintatapoja. Taustalla on usein epäluottamus teknologiaa kohtaan, tai pelko oman

työpaikan menettämisestä. Laajamittaiset koulutus- ja tiedotusohjelmat koko rakennusalan piirissä ovat välttämättömiä tekoälyyn liittyvän epäluottamuksen hävittämiseksi ja sen käytön hyötyjen esille tuomiseksi. Tuomalla esiin onnistuneita kokeiluja ja tutkimuksia, sekä kertomalla avoimesti tekoälyn positiivisesta vaikutuksesta tehokkuuteen ja lopputuloksiin, voidaan auttaa vähentämään vastarintaa (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

Tekoälyalgoritmit ovat vahvasti riippuvaisia laadukkaasta tiedosta, jota nykypäivänä löytyy paljon. Rakennusteollisuus kohtaa kuitenkin usein haasteita tietojen laadun, yhdenmukaisuuden ja saatavuuden suhteen. Tämän vuoksi luotettavien tietojen keräämiseen ja hallintaan liittyvien prosessien toteuttaminen on välttämätöntä. Teknologiainvestoinnit, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen tiedonkeruun, tallennuksen ja analyysin, parantavat tekoälyn sovellusten luotettavuutta ja hyödyllisyyttä (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024 2023).

Tekoälytekniikoiden integrointi jokapäiväiseen työhön voi olla taloudellisesti haastavaa, etenkin pienemmille rakennusyrityksille, sillä alkuinvestoinnit tekoälyjärjestelmien hankintaan ja käyttöönottoon voivat olla korkeita. Hallitukset, alan järjestöt ja teknologiatoimittajat voisivat tehdä yhteistyötä kehittääkseen kustannustehokkaita tekoälyratkaisuja pienyritysten tarpeisiin. Tarpeeksi alhainen hinta, kannustimet sekä avustukset tai tuet voisivat edistää laajaa käyttöönottoa, mikä nostaisi koko alan osaamis- ja tehokkuustasoa, eivätkä isot yritykset kaataisi pieniä pois markkinoilta (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024 2023).

Tekoälyn sovellukset rakennusalalla, erityisesti päätöksentekoprosesseissa, herättävät eettisiä huolenaiheita. Kysymykset liittyen ennakkoluuloisuuteen, läpinäkyvyyteen ja vastuullisuuteen vaativat tarkkaa harkintaa. Eettisten ohjeiden ja standardien luominen tekoälyn käytölle rakennusteollisuudessa on olennaista. Läpinäkyvät algoritmit, säännölliset tarkastukset ja jatkuva keskustelu alan sisällä voivat auttaa käsittelemään näitä huolenaiheita ja rakentamaan luottamusta (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024 2023).

Rakennusalan ekosysteemiin kuuluu eri sidosryhmiä, joista jokainen käyttää erilaisia työkaluja ja teknologioita. Tekoälyjärjestelmien saumaton integroituminen sekä yhteensopivuus nykyisten alustojen kanssa voi olla haastavaa varmistaa. Ratkaisu: Alan laajuiset standardit tiedonmuodoille ja viestintäprotokollille voivat helpottaa yhteensopivuutta. Teknologiatoimittajien välinen yhteistyö integroitujen ratkaisujen luomiseksi parantaa tekoälyn käyttöönoton kokonaisuuden tehokkuutta (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024 2023).

Rakennushankkeet sisältävät sensitiivisiä tietoja, ja tekoälyn käyttö herättää huolta tietoturva- ja yksityisyysloukkauksista. Ratkaisu: Vahvojen tietoturvatointimenpiteiden, salaustokollien ja tietosuojasäädösten noudattaminen on elintärkeää. Selkeä viestintä tietojen käytöstä ja yksityisyysääntöjen noudattaminen voivat rakentaa luottamusta sidosryhmien keskuudessa (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024 2023).

Tekoälyratkaisujen sovittaminen erikokoisiin projekteihin voi olla haastavaa. Vaikka jotkut tekoälyjärjestelmät suoriutuvat erinomaisesti suurissa projekteissa, saatamme kohdata haasteita skaalatessamme niitä tehokkaasti pienemmän mittakaavan projekteille. Kehittäjien tulisikin suunnitella tekoälyratkaisut skaalautuvuus mielessä. On tärkeää keskittyä parantamaan tekoälyohjelmien sopeutumiskykyä tekemällä niistä erilaisiin projekteihin mukautuvia. Ne voitaisiin esimerkiksi räätälöidä tiettyjen rakennusprojektien tarpeisiin ja kokoihin (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024 2023).

Laajalle levinneet tutkimukset ja sovellukset generatiivisesta tekoälystä rakennusten rakenteellisessa suunnittelussa ovat johtaneet merkittävään edistykseen alalla. Nykyisen tutkimustilanteen ja tulevan kehityspotentiaalın paremman ymmärtämisen kannalta on ehdotettu, että generatiivisen tekoälyn osallistumistasoa jaettaisiin hierarkkisesti tasoille L0:sta L5:een. L0-taso tarkoittaa täysin manuaalista suunnittelua, ja L5-taso tekoälyjohtoista suunnittelua kaikissa projekteissa. Vaikka edistystä onkin tapahtunut tasojen L1 ja L2 kehityksessä, tasojen L3–L5 kehitys on vielä varhaisessa vaiheessa ja vaatii lisää läpimurtoja tekoälyn kehittämisessä. Generatiiviseen tekoälyyn perustuvan älykkään suunnittelun kehi-

tyksellä on potentiaalia mullistaa rakennuksen rakenteellinen suunnitteluprosessi, parantaen merkittävästi tehokkuutta, tarkkuutta ja kustannustehokkuutta (Generative AI design for building structures n.d.).

Tekoälyllä suunniteltujen rakenteiden on täytettävä taloudelliset indikaattorit, muuten ne eivät välttämättä ole toteuttamiskelpoisia rakentamisessa. Siksi on olennaista integroida generatiiviset tekoälyalgoritmit monitavoitteisiin ja monimitakaavaisiin optimointialgoritmeihin varmistuakseen, että suunnitelmat täyttävät tarvittavat taloudelliset indikaattorit (Generative AI design for building structures n.d.). Taloudellisten indikaattoreiden lisäksi esimerkiksi Suomessa on käytössä Eurokoodi-järjestelmä, ja rakenteiden tulee täyttää kaikki annetut lujuusvaatimukset ollakseen tarpeeksi turvallisia.

Rakenteellinen suunnittelu ei tulisi missään nimessä johtaa turvallisuusvirheisiin. Siksi on ratkaisevan tärkeää kehittää strategia, jossa ihminen on mukana arvioinnissa, joka integroi subjektiiviset havainnot objektiivisten indikaattoreiden kanssa varmistaakseen, että tuotetut suunnitelmat ovat turvallisia ja luotettavia (Generative AI design for building structures n.d.).

Näiden haasteiden käsitteleminen edellyttää yhteistä ponnistelua teollisuuden johtajilta, teknologiatoimittajilta ja päättäjiltä. Rakennusalalla navigoidessaan digitaalisesti muuttuneeseen tulevaisuuteen näiden haasteiden voittaminen on ratkaisevan tärkeää tekoälyn todellisen potentiaalin avaamiseksi (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

#### **4.4 Kuinka ottaa tekoäly onnistuneesti käyttöön**

Tekoälyyn kannattaa tutustua alkuun maltillisesti, jotta uuden teknologian kokonaisuuden hallinta olisi mahdollisimman sujuvaa ja lopputulos odotetunlainen. Tämänhetkiset tekoälyn realistiset mahdollisuudet, sekä käyttäjän odotukset eivät välttämättä aina kohtaa. Aivan ensimmäiseksi yrityksen tulisi määritellä selkeät tavoitteet, mitä tekoälyn käyttöönotolla halutaan saavuttaa. Tavoitteena voi olla esimerkiksi projektien aikataulujen ja turvallisuuden parantaminen, tai esimerkiksi kustannusten vähentäminen. Kun tavoitteet ovat selkeät, on helpompaa

mitata tekoälyn käyttöönoton onnistumista. Tulee myös varmistaa, että tekoälyn käyttöönotto on linjassa laajemman liiketoimintastrategiaan kanssa ja tukee yrityksen pitkän aikavälin tavoitteita (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

Parhaiten tekoälyavusteisiin ohjelmiin tulisi tutustua pilottiprojektein. Suuremmissa yrityksissä pienempi ryhmä voisi rauhassa testata ja tutustua ohjelmiin ja niiden mahdollisuuksiin (Harvard Business Review 2018.). Pilotit kannattaisi toteuttaa pienemmillä ja vähemmän monimutkaisilla projekteilla. Tämä mahdollistaisi tekoälysovellusten testaamisen ja hienosäädön kontrolloidussa ympäristössä (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023). Vasta tämän jälkeen päätettäisiin, mitkä ohjelmat otetaan yrityksen käyttöön koko organisaation tasolla. Samalla voitaisiin luoda uusia suunnitelmia itse työnkulkuun, keskittyen erityisesti ihmisen ja tekoälyn työnjakoon. Joissain kognitiivisissa projekteissa 80% päätöksistä voitaisiin tehdä teknologian toimesta, ja 20% ihmisen toimesta. Joissain projekteissa suhde voisi olla päinvastainen, tai jotain tuolta väliltä. Käyttäjälle ja yritykselle tulisi olla kuitenkin selvää, kuinka paljon painoarvoa annetaan teknologian päätäntävaltaan (Harvard Business Review 2018). Pilotoituessa olisi tärkeää jatkuvasti arvioida eri järjestelmien suorituskykyä. Palautteita tulisi kerätä jatkuvasti, jotta tietoa voitaisiin hyödyntää tarvittavien säätöjen ja parannusten tekemiseen (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023). Monet organisaatiot ovatkin jo käynnistäneet pilottiprojekteja, mutta eivät kuitenkaan ole onnistuneet menestyksekkäästi laajentamaan käyttöönottoa koko organisaation laajuiseksi. Tavoitteiden saavuttamiseksi yritysten on luotava yksityiskohtaiset suunnitelmat laajentamiseen, mikä edellyttää teknologia-asiantuntijoiden mukanaoloa (Harvard Business Review 2018). Laajennus tulisi toteuttaa vaiheittain: aluksi pilotoidaan yksinkertaisilla pienemmillä projekteilla, josta projekti kerrallaan toteutetaan haastavampia ja suurempia projekteja. Vaiheittainen skaalaus mahdollistaisi paremman hallinnan ja ymmärryksen tekoälyn vaikutuksista (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

Kun oikeat tekoälyavusteiset ohjelmat on valittu, on tärkeää tarjota kattava koulutusohjelma, jotta jokainen työntekijä osaisi aidosti käyttää ohjelmia. On tärkeää tarjota koulutusta, joka kattaa sekä vanhemmat että uudemmat suunnittelijat.

Koulutusta tulisi käydä sellaiseen tahtiin, että jokainen saa ymmärryksen ohjelmasta, ja aidosti ymmärtää järjestelmien hyödyt. Työntekijöiden taitojen kehittämiseen suunnatut koulutusohjelmat varmistavat, että he osaavat käyttää itsenäisesti työkalua, ja mielellään hyödyntävät niitä. Olisi myös yrityksen edun mukaista solmia kumppanuussuhteita rakennusalaan erikoistuneiden teknologiayritysten kanssa. Yhteistyö mahdollistaisi tekoälytyökalujen projektikohtaiset räätälöinnit. Lisäksi yhteistyön avulla on usein käytössä jatkuva tuki ohjelmien suhteen. Eri-laiset päivitykset, ylläpito sekä vianmääritykset hoituvat sujuvammin yhteistyöyri-tyksen kautta. Vahva ja luotettava kumppanuus edistää pitkäaikaista menestystä ja onnistunutta ohjelmien käyttöä (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

Kun tehdään mm. pilotointi- tai kokeilujaksoja, on tärkeää seurata jatkuvasti esi-merkiksi suorituskyvyn paranemista data-analytiikan avulla. Analytiikan ja palaut-teen avulla tulee ottaa huomioon parannusta vaativat alueet ja aihepiirit, jotta tek-nologiaa voidaan kohentaa tulevaisuudessa näiltäkin alueilta. Lisäksi jokaisen yrityksen tulee varmistaa, että tekoälyohjelmien data on päivitetty vastaamaan uusimpia säädöksiä ja standardeja (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

Yksi tärkeimmistä asioista, jota tulee ottaa huomioon tekoälyavusteisen teknolo-gioiden käyttöönotossa, on työntekijöiden asenne muutosta kohtaan. Työpaikoilla tulee edistää modernia ajattelutapaa ja viestiä avoimesti työntekijöille käyttööno-ton eduista. Yrityksen tulee kannustaa työntekijöitä tutkimaan ja ehdottamaan uusia tapoja integroida tekoäly rakennusprosesseihin. Ahkerien ja innovatiivisten työntekijöiden palkitseminen ja tunnustaminen heidän työpanoksestaan ja onnis-tuneista tekoälyn käyttöönotoista auttavat heitä todennäköisesti muutoksen ja in-tegraation tekemisessä. Käsittele työntekijöiden huolia avoimesti ja korosta, mi-ten tekoäly voi täydentää ihmisen kykyjä, ei korvata niitä. Tämän kokonaisuuden läpiviemiseksi yritys voi perustaa muutosjohtamistiimejä helpottamaan sujuvaa siirtymää ja tarjoamaan jatkuvaa tukea työntekijöille sopeutumisprosessin ajan. Näitä kokonaisuuksia halliten rakennusalan eri yritykset voivat maksimoida tek-nologian hyödyt ja päästä alan johtaviksi toimijoiksi digitalisoituneessa tulevai-suudessa (Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024, 2023).

## 5 HAASTATTELU

Opinnäytetyötäni varten haastattelin erästä myyntipäällikköä maailman johtavassa teknologiayrityksessä osana 'pro bono' mentorointia. Yritys tekee tiivistä yhteistyötä rakennusalan kanssa, ja haastateltavallani on yli kahden vuosikymmenen kokemus teknologian alalta. Hän on todistanut merkityksellisimmän digitalisaation kehityskaaren tähän päivään. Haastateltava haluaa pysyä nimettömänä, ja korostaa, ettei hänen mielipiteensä edusta yrityksen virallista kantaa, vaan ovat hänen omiaan. Haastattelu oli keskustelumainen, ja toteutettiin etäyhteydellä. Tärkeimmät kysymykseni keskittyivät yleisesti aiheeseen, mitä mieltä hän on tekoälystä nyt ja tulevaisuudessa. Haastattelun tavoite oli kuitenkin antaa vapaus haastateltavalle saada äänensä kuuluviin, mitä hän haluaa tästä tuoreesta ja kiinnostavasta aiheesta sanoa mahdollisesti nykyisille ja tuleville rakennusalan ammattilaisille.

Haastateltavan mielestä merkittävin muutos, jota tulemme näkemään tekoälyn käytön yleistymisessä, on ihmisen ja teknologian välisen suhteen muuttuminen. Tähän asti teknologia on ollut passiivinen apuväline, joka toteuttaa ihmisen antamat käskyt ja suunnitelmat. Teknologia ei tee itsenäisiä päätöksiä, tai juuri tarjoa vaihtoehtoisia ratkaisuja. Käyttäjällä on aina vastuu varmistaa, tekeekö teknologia oikeat päätökset ja tarvittaessa korjata virheet. Virheille alttiit teknologiat ja käyttäjän suuri vastuu johtavat yhdessä herkästi virheisiin.

Tekoäly tekee teknologiasta aktiivisemmän toimijan ongelmien ratkaisussa ja manuaalisessa työssä. Jos perinteisen teknologian avulla suunnittelee esimerkiksi pöydän, täytyy käyttäjän valita kaikki materiaaleista maksimipainoon, ja ottaa itse huomioon kaikki yksityiskohdat. Käyttäjän tulee esimerkiksi tietää tai selvittää, onko tietyt ruuvikoot yleisesti hyvin saatavilla olevia, ennen kuin ne valitaan käytettäväksi. Tekoäly voi vapauttaa suunnittelijan edellä mainituista esimerkin kaltaisista rutiinistöistä tai ylimääräistä aikaa vieviltä selvityksiltä. Suunnittelutyö tekoälyavuseisesti voisi edetä siten, että suunnittelija määrittelee vain halutut parametrit, kuten budjetin ja toiveet, ja tekoäly tuottaisi ehdotuksia annettujen rajojen sisällä.



Haastateltava ei ole vakuuttunut siitä, että tekoäly korvaisi insinöörejä tai heidän työtään lähivuosikymmeninä. Uuden teknologian käyttöönotto herättää aina huolta ja vastustusta, mutta se tuo yleensä mukanaan myös uusia mahdollisuuksia ja työpaikkoja mahdollisten menetettyjen tilalle. Haastateltava muistelee aikaa, kun rahan nostoautomaatit tulivat kaupunkeihin. Muutos herätti huolta, tarvittaisiinko pankkeja pian ollenkaan. Kuitenkin nykyään pankeissa työskentelee enemmän ihmisiä kuin koskaan aiemmin. Vaikka jotkin työtehtävät saattavatkin kadota, uusia syntyy tilalle. Tekoäly voisi auttaa insinöörejä keskittymään olennaisiin kysymyksiin ja ongelmiin, sen sijaan, että heidän pitäisi huolehtia pienistä yksityiskohdista ja rutiinistöistä. Arvioiden mukaan tekoälyn avulla voidaankin tulevaisuudessa suunnitella laadukkaampia, monimutkaisempia ja näyttävämpiä kokonaisuuksia.

Haastateltava ehdottaa, että koulujen tulisi opettaa oppilailleen enemmän kriittistä ajattelua, ongelmanratkaisutaitoja ja tiedonhankintaa. Toistaiseksi monissa koulujärjestelmissä painoarvo on asioiden ulkoa opettelussa, vaikka tosielämässä tieto on saatavilla usein muutamassa sekunnissa. Nykypäivänä harvoin tarvitsemme ulkoa opeteltua tietoa, mutta sitäkin tärkeämpää olisi osata arvioida eri lähteitä kriittisesti, ja yhdistellä tietoa niistä.

Haastateltava arvioi, että tekoälyä aletaan hyödyntämään aluksi avustavassa roolissa, assistentin tapaan. Esimerkiksi rakennesuunnittelija voisi käyttää suunnittellessaan pilareita piirustusohjelmaa, joka ehdottaisi monistamista oikeissa hetkissä. Tekoäly voisi helpottaa prosessia oppimalla suunnittelijalta, mitä tämä yleensä haluaa tehdä tietyissä tilanteissa. Tekoäly voisi myös analysoida muita piirustuksia, ja tehdä päätöksiä yhdistellyn tiedon perusteella. Algoritmi voisi esimerkiksi ehdottaa erilaisia parkkiruutujen sijoitteluratkaisuja pysäköintialueiden suunnittelussa, tai eri asuntojen yhdistelmien ehdotuksia kerrostalosuunnittelussa. Tekoäly ei osaa vielä automatisoida itse suunnitelman laatimista, mutta se pystyisi helpottamaan suunnittelun määrittelyssä ja ideoinnissa. Paras skenaario olisi, että algoritmi voisi ehdottaa älykkäämpiä, ekologisempia ja kustannustehokkaampia ratkaisuja. Kaikki tietävät, että tarvitsemme enemmän ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja, ja tekoäly voisi auttaa meitä löytämään sekä ympäristöystävällisiä että tuottavia ratkaisuja,

Haastateltava mainitsee, että iäkkäämpien ammattilaisten saaminen muutospositiiviseksi ei ole useinkaan yksinkertaista. Hän korostaa avoimen keskustelun tärkeyttä tekoälystä, ja sen todellisista vaikutuksista esimerkiksi työtehtävien saralla. Uuden teknologian käyttöönoton yhteydessä on tärkeää ymmärtää selvästi, miksi se halutaan käyttöön. Hän huomauttaa, että vaikka teknologia voi olla hyödyllinen työkalu, se ei korvaa ihmistä vielä pitkään aikaan. Tekoäly on vain yksi työkalu pakkiin lisää, joka edistää suunnittelijaa paremmaksi ja tehokkaammaksi.

Tekoälyn suurimmaksi haasteeksi haastateltava näkee sen datan kahdesta syystä. Koska tekoälyn algoritmi niin sanotusti koulutetaan datan avulla, huonolaatuinen tai riittämätön data voi vaarantaa koko teknologian toimivuuden. Datan laatu saattaa kärsiä esimerkiksi mikäli se sisältää vanhentuvaa tai virheellistä tietoa, tai dataa on yksinkertaisesti liian vähän. Tällöin opetusaineisto on vajavaista, mikä heikentää teknologian toimivuutta ja tehokkuutta. Kuinka voimme varmistaa, ettei esimerkiksi Googlen tai Facebookin algoritmi toimi meitä vastaan? Miten voisimme estää algoritmia näyttämästä meille esimerkiksi vain tiettyjä poliittisia mielipiteitä, jotka vaikuttavat alitajuntaamme?

Toiseksi ongelmaksi, mutta samalla suureksi mahdollisuudeksi haastateltava kokee datan jakamisen ja omistajuuden. Kun dataa jaetaan yleisesti kaikkien kesken, se voi nostaa koko rakennusalan osaamistasoa. Jakamalla dataa pystyisimme hyödyntämään toinen toistemme osaamista ja onnistumisia. Perinteisesti yhden henkilön keksiessä ratkaisun uuteen ongelmaan, vain hän tai hänen työnantajayrityksensä osaa sen vastaisuudessa ratkaista. Datan jakaminen voisi mahdollistaa ratkaisujen hyödyntämisen laajemmin, työnantajasta, yrityksestä tai edes asuinmaasta huolimatta.

Vaikka tekoäly onkin tällä hetkellä puheenaiheena kuuma, haastateltava muistuttaa, että uuden teknologian käyttöönotossa on tärkeää selvittää itselleen, miksi sitä halutaan käyttää. Moni kiirehtii ottamaan tekoälyä käyttöön, mutta he eivät välttämättä tiedä, miksi. Haastattelija rohkaiseekin ensin tekemään itselleen selväksi, miksi tekoälyä halutaan käyttää ja tutkimaan teknologioiden eri vaihtoehtoja. Vaikka tekoälyn potentiaali on vielä osin todistamatta, haastateltava arvioi, että viiden vuoden kuluttua tekoälyn kehitys on hyvin todennäköisesti huomattavaa. Silloin tekoälyn hyödyntämättä jättäminen olisi järjetöntä. Siksi nyt on oiva

hetki perehtyä rauhassa parhaisiin mahdollisiin teknologioihin, ja ottaa ne asteittain käyttöön omassa työssään.

## 6 POHDINTA

Tarkoituksena oli laatia opinnäytetyö, joka auttaisi tulevia ja nykyisiä rakennustekniikan alan ammattilaisia ottamaan tekoäly hyötykäyttöön mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tekoäly tarjoaa meille merkittävää kilpailuetua tehokkuudellaan, ja parantaa rakennesuunnitelmien turvallisuutta. Lisäksi tavoitteena oli lisätä yleistä tietoisuutta tekoälystä, jotta sen käyttöönotto ei aiheuttaisi tarpeetonta jännitystä tai vastarintaa.

Jokaisella yrityksellä on omat tarpeensa, ja näiden tarpeiden täyttämiseksi on tärkeää pilotoida ja testata erilaisia teknologioita, jotka sopivat parhaiten kyseisen yrityksen tavoitteisiin. Ilman riittävää pilotointia ja testausta en voi suositella mitään tiettyä teknologiaa, sillä jokainen yritys on ainutlaatuinen ja tarvitsee räätälöityjä ratkaisuja. Kannustan yrityksiä ottamaan rohkeasti yhteyttä eri teknologia-yrityksiin ja tiedustelemaan lisätietoja. Tekoäly aiheena on tällä hetkellä kiinnostava ja ajankohtainen, ja uskon, että teknologiayritykset jakavat mielellään tietoa omista tekoälyavusteisista ratkaisuistaan kiinnostuneille yrityksille.

Ennen teknologian käyttöönottoa on kuitenkin tärkeää harkita huolellisesti, mitä lopputuloksia halutaan saavuttaa, ja kuinka paljon resursseja ollaan valmiita panostamaan aiheeseen. On olennaista myös suunnitella etukäteen seuraavat askeleet ja miettiä, miten laajennus toteutetaan käytännössä mahdollisimman tehokkaasti.

Aiheesta on valitettavasti saatavilla hyvin vähän tietoa, ja vaikka olen käynyt läpi kymmeniä eri artikkeleita, niiden viestit ovat pääosin samankaltaisia. Toisistaan eroavia, uusia näkökulmia on ollut hyvin vähän. On myös huomionarvoista, että lähes puolet käyttämästäni lähteistä ovat pääasiassa yrityksiä, jotka itse myyvät tekoälypohjaisia ohjelmia. Tästä syntyy tietty paradoksi: nämä yritykset luonnollisesti haluavat esitellä tekoälyn positiivisia puolia. Negatiivisista vaikutuksista puhutaan enemmänkin sivulauseissa. Löysin myös useita puolueettomia lähteitä, joihin kuului mm. Harvard Business Review. Vaikka he toimivat puolueettomana lähteenä, tuki heidän artikkelinsa täysin samoja näkökulmia, kuin tekoälyä myy-

vien yritysten artikkelit. On täysin mahdollista, että negatiiviset näkökulmat arvioidaan tällä hetkellä vähäpätöisemmiksi, kuin mahdollisuudet ja positiiviset puolet. Tätä tukee myös Euroopan parlamentin painotus pitää tekoälyä yhtenä prioriteettina. Negatiivisten näkökulmien vähäisyys voi johtua myös siitä, että tekoälyä on käytetty vielä melko vähän aikaa, joten aitoja tuloksia sen negatiivisista vaikutuksista ei ole vielä ehditty kattavasti dokumentoimaan. Moni negatiiviseksi ominaisuudeksi listatuista aiheista oli pelkkää spekulatiota. Tekoälyn laajamittainen käyttöönotto on suhteellisen uusi ilmiö, ja sen vaikutukset voivat tulla esiin vasta pitkällä aikavälillä. Tämä voi selittää, miksi negatiiviset näkökulmat eivät ole vielä niin näkyvästi esillä kuin positiiviset puolet.

Kuten haastateltava mainitsi, hän uskoo suurimman muutoksen tapahtuvan ihmisen ja teknologian välisessä suhteessa. Omasta puolestani jaan tämän näkemyksen, sillä näen, että vähitellen tulemme luottamaan tekoälyyn yhä enemmän ja antamaan sille vastuuta päätöksenteossa, samalla tavoin kuin luotamme laskimeen nykyään. Jos saamme väärän tuloksen laskimesta, yleensä oletamme virheen johtuvan omasta virheestämme numeroiden syöttämisessä. Uskon, että tulevaisuudessa pystymme luottamaan tekoälyn tekemiin ratkaisuihin enemmän kuin itseemme, mutta tähän kehitykseen saattaa kulua vielä monia vuosia. Ennen tätä meidän täytyy ratkaista "black box"-vastaustyylin aiheuttava ongelma. Black box-vastaustyyliä ei ole mahdollista selvittää, kuinka ohjelma on päätenyt antamaansa ratkaisuun. Tämä on yleinen piirre kaikissa nykyisissä tekoälyohjelmissa. Päätely- ja laskuketjun näkeminen on insinöörin työn kannalta äärimmäisen tärkeää analysoidessa vastauksen paikkansapitävyyttä.

Uskon, että merkittävimmät ongelmat ja kiistat tekoälyn maailmassa tulevat liittyvän datan omistajuus- sekä etiikkakysymyksiin. Haastateltavani totesi, että hänen mielestään datan jakaminen mahdollistaa tiedon ja oivallusten levittämisen laajalle, ja hän piti sitä ainoastaan positiivisena. Tiedon jakaminen mahdollistaa koko rakennusalan tason nousun. Kuitenkin herää kysymys, ovatko yritysten omistajat ja sijoittajat valmiita jakamaan tietoaan ja työntekijöidensä oivalluksia näin avoimesti ilman rahallista hyötyä. Itse en tähän usko. Lisäksi suorittamallani Helsingin yliopiston tekoälyn etiikka-kurssilla pohdittiin aihetta, kun data ohjaa tietynlaisiin ratkaisuihin, kun ratkaisu on väärä tai aiheuttaa haittaa, kuka siitä on vastuussa. Lisäksi tässä yhteydessä nousee esiin myös kysymys: onko datan

jakaminen toisen työn plagioimista? Missä kulkee raja datan jakamisen suhteen, ja mikä koetaan negatiivisena ja mikä positiivisena kopiointina? Henkilökohtaisesti uskon, että datan jakamiseen tullaan varmasti kehittämään jonkinlainen myyntimalli: mikäli keksit ratkaisun tiettyyn ongelmaan, voit myydä ratkaisun määrittelemääsi hintaan kaikille samaa teknologiaa käyttäville, jotka kamppailevat saman ongelman kanssa. Teknologiayritys tulee tietenkin ottamaan osansa "välitystyöstä". Lisäksi uskon, että tästä hetkestä vielä monia vuosia eteenpäin, ellei jopa aina, käyttäjä tulee olemaan vastuussa tekoälyn antamien vastausten oikeellisuudesta. Se tietenkin tulee hidastamaan työtä, sillä jokainen tekoälyn avulla saatu ratkaisu tulee tarkistaa huolellisesti.

Tekoälyn yksi suurimmista ongelmista tulee myös varmasti alkuun olemaan liian korkeat odotukset, ja käyttäjistä johtuvat virheet. Vääränlaisia tekoälyjä käytetään väärin tarkoituksiin, ja ei ymmärretä kokonaisuutta tarpeeksi laajasti. Ei välttämättä perehdytä tarpeeksi haluttuun ohjelmaan, tai ei osata käyttää sitä lainkaan. Uskon, että kiireen ja paniikin tuntu tulee lisäämään käyttäjävirheitä runsaasti. Kuten haastateltavanikin sanoi, aiheeseen tulee tutustua maltilla, ja kysyä itseltään, miksi haluaa ottaa tekoälyn käyttöön. Sen jälkeen tulee tehdä suunnitelma, missä aikataulussa ja miten lähdetään tutustumaan tekoölyyn, ja kuinka se skaalataan koko yrityksen laajuisesti.

Tulevaisuudessa on tärkeää tehdä lisätutkimuksia ja seuranta laajasti, jotta voimme ymmärtää tekoälyn aidot positiiviset sekä negatiiviset vaikutukset. Tulevaisuudessa olisi erityisen tärkeää tutkia tarkasti esimerkiksi saman tekoälyn käyttöä pienemmissä ja suuremmissa projekteissa, ja ohjelmien automaattista skaalautuvuutta. Lisäksi tärkeää olisi tutkia aidot kustannushyödyt ja säästöt, mitä voimme saavuttaa. Tutkimuksissa on tärkeä ottaa läpinäkyvästi huomioon paljonko aikaa on kulunut kokonaisuudessaan, ottaen huomioon esimerkiksi kuluneen ajan vastausten tarkistuksiin ja koulutuksiin. Näin pystymme selvittämään todellisen hyödyn taloudellisesti.

Kaiken kaikkiaan koen, mikäli käytämme tekoälyä oikein ja valitsemme käytettävät ohjelmat ja teknologiat tarkoin, tekoäly voi tuoda meille merkittävämpää lisäarvoa kuin mikään aiempi innovaatio yksittäin. Odotan myös, että tekoäly synnyttää tietynlaisen "futuristisen" ja näyttävän rakennusbuumin, täysin vastakkaisen

verrattuna 1970-luvun betonilaatikkokerrostaloihin. Voimme nähdä esimerkiksi Dubain Museum of the Future-rakennuksessa ennakkomaistaisia mahdollisesta tulevasta rakennusbuumista, kun aidosti monimutkaisempienkin rakenteiden suunnittelu ja toteutus on tullut mahdolliseksi ensimmäistä kertaa. Trendit usein toistuvat, ja viime aikoina rakennusmaailmassa on nähty vallitsevana minimalistisempaa tyyliisuuntausta. Uskon, että uudet mahdollisuudet innostavat meitä luomaan monimutkaisempia ja upeampia arkkitehtonisia ratkaisuja, kun kantavat rakenteet voidaan mahdollisesti saada paremmin esimerkiksi piiloon. Toivon nykyisille ja tuleville insinööreille rohkeutta suhtautua uusiin innovaatioihin avoimesti. Vain rohkeasti kokeilemalla pystymme tietämään parhaat ratkaisut jokaiselle meille, ja varmistua ettemme menetä kilpailuetuamme.

## LÄHTEET

AFRY. n.d. Rakennesuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 21.02.2024  
<https://afry.com/fi-fi/palvelu/rakennesuunnittelu>

Analytics Insight. 2021. AI inside the Human Body: Is this the Beginning of a Superhuman Era? Verkkosivu. Viitattu 07.03.2024. <https://www.analytic-sinsight.net/ai-inside-the-human-body-is-this-the-beginning-of-a-superhuman-era/>

Appinventiv. 2024. AI in Construction- How Artificial Intelligence is Paving the Way for Smart Construction. Verkkosivu. Viitattu 29.02.2024. <https://appinventiv.com/blog/ai-in-construction/>

Appinventiv. 2024. How is AI in Business Bringing Transformation? A Complete Guide. Verkkosivu. Viitattu 29.02.2024. <https://appinventiv.com/guide/artificial-intelligence-in-business/>

Autodesk. 2017. Museum of Future, highlight innovation in Dubai. Verkkosivu. Viitattu 27.02.2024 AEC Excellence Awards 2017 (autodesk.ae)

Autodesk. 2023. The Rise of Ai in Construction. Verkkosivu. Viitattu 23.02.2024. <https://www.autodesk.com/blogs/construction/ai-construction/>

Autodesk. 2023. Vision Setting and Problem Solving: AI in Architecture Is Changing Design. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://www.autodesk.com/design-make/articles/ai-in-architecture>

Block Solutions. n.d. Tuote. Verkkosivu. Viitattu 07.03.2024. <https://www.block-solutions.com/fi/product>

Buildbite. 2023. The future of construction in 2023 and beyond. Verkkosivu. Viitattu 28.02.2024. <https://buildbite.com/insights/the-future-of-construction>

CGI. n.d. Mitä on tekoäly? Verkkosivu. Viitattu 03.02.2024  
<https://www.cgi.com/fi-fi/mita-on-tekoaly>

Construction today. n.d. 9 ways AI is transforming the construction industry. Verkkosivu. Viitattu 22.02.2024. <https://construction-today.com/news/9-ways-ai-is-transforming-the-construction-industry/>

Deloitte. n.d. The Age of With... AI in Construction and Infrastructure. Verkkosivu. Viitattu 22.02.2024. <https://www2.deloitte.com/ce/en/pages/real-estate/articles/the-age-of-with-ai-in-construction-and-infrastructure.html>

Euroopan parlamentti. 2023. Artificial intelligence: threats and opportunities. Verkkosivu. Viitattu 7.03.2024 [https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200918STO87404/20200918STO87404\\_en.pdf](https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200918STO87404/20200918STO87404_en.pdf)



Euroopan parlamentti. 2023. Mitä tekoäly (AI) on ja mihin sitä käytetään? Verkkosivu. Viitattu 31.01.2024 <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20200827STO85804/mita-tekoaly-on-ja-mihin-sita-kaytetaan>

Euroopan parlamentti. 2023. Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia. Verkkosivu. Viitattu 03.02.2024 <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/priorities/tekoaly-eu-ssa/20200918STO87404/tekoaly-mahdollisuuksia-ja-uhkia>

FISE. n.d. Pätevyyspalvelu. Verkkosivu. Viitattu 07.03.2024. <https://fise.fi/patevyyspalvelu/>

FISE. n.d. Tietoa FISEstä. Verkkosivu. Viitattu 07.03.2024. <https://fise.fi/tietoa-fisesta/>

Forbes. 2023. Generative AI In The Construction Sector: Taking Building Technology To New Heights. Verkkosivu. Viitattu 23.02.2024. <https://www.forbes.com/sites/forbesbooksauthors/2023/05/02/generative-ai-in-the-construction-sector-taking-building-technology-to-new-heights/?sh=50e8b8026ee8>

Harvard Business Review. 2018. Artificial Intelligence for the real world. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://hbr.org/2018/01/artificial-intelligence-for-the-real-world>

Hermosillo. n.d. Building Tomorrow: AI's evolution in Design and Construction. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://hermosillo.com/building-tomorrow-ai-evolution-in-design-construction/>

Itransition. 2023. Artificial Intelligence in Architecture: 10 use cases and Top Technologies. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://www.itransition.com/ai-architecture>

Karelia Ammattikorkeakoulu. n.d. Tietomallipohjainen suunnittelu luo haasteita rakennusalalle. Verkkosivu. Viitattu 22.02.2024. <https://www.karelia.fi/2023/08/tietomallipohjainen-suunnittelu-luo-haasteita-rakennusalalle/>

LinkedIn. 2018. Juttusarja: Tekoälyn perusteet AI, ML, Deep Learning, Neural Network.. Verkkosivu. Viitattu 02.02.2024 <https://www.linkedin.com/pulse/juttusarja-teko%C3%A4lyn-perusteet-ai-ml-deep-learning-matti-ala-outinen/>

LinkedIn. 2023. The Future of Construction: Skills You'll Need in the Next Decade. Verkkosivu. Viitattu 22.02.2024 <https://www.linkedin.com/pulse/future-construction-skills-youll-need/>

Neuroject. 2023. Artificial Intelligence or AI in Construction industry; Guide to 2024. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://neuroject.com/ai-in-construction/>

Neuroject. 2023. The Future of Construction Industry; 2024 and Beyond. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://neuroject.com/future-of-construction/>

Neuroject. 2023. Smart Construction; Comprehensive Guide 2024. Verkkosivu. Viitattu 29.02.2024. <https://neuroject.com/smart-construction>

Nordic BIM Group. n.d. BIM eilen, tänään, huomenna. Verkkosivu. Viitattu 24.02.2024 <https://www.nordicbim.com/fi/bim-eilen-tanaan-huomenna#miten-bim-edistaa-kestavaa-kehitysta>

Raken. 2022. Design Problems Affecting the Construction Industry. Verkkosivu. Viitattu 21.02.2024 <https://www.rakenapp.com/blog/design-problems-affecting-the-construction-industry>

Rakennuslehti. 21.05.2021. Historia: Rakennusinsinööri ei enää tiedä mitä tehdä laskutikulla ja mihin lääkärintakkia tarvittiin. Verkkosivu. Viitattu 21.02.2024 <https://www.rakennuslehti.fi/2021/05/historia-rakennusinsinööri-ei-ena-tieda-mita-tehda-laskutikulla-ja-mihin-laakarintakkia-tarvittiin/>

RIL-299-1-2006 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, tekstiosa, s.9. Hakapaino Oy: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry, 2006. ISBN 951-758-456-3.

S3DA. n.d. Top 12 Construction Issues & Challenges. Verkkosivu. Viitattu 22.02.2024 <https://s3da-design.com/top-12-construction-issues-challenges/>

SAS. n.d. Mitä on tekoäly (AI) ja miksi se on tärkeää? Verkkosivu. Viitattu 04.02.2024 [https://www.sas.com/fi\\_fi/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html#history](https://www.sas.com/fi_fi/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html#history)

Science Direct. 2021. Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221011578>

Science Direct. 2024. Generative AI Design for Building Structures. Verkkosivu. Viitattu 25.02.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523004478>

Tekoälyinfo. n.d. Tekoälyn historia. Verkkosivu. Viitattu 04.02.2024 [https://xn--tekoly-eua.info/tekoaly\\_historia/](https://xn--tekoly-eua.info/tekoaly_historia/)

TIM. 2019. Tekoälyn perusteita ja sovelluksia. Verkkosivu. Viitattu 02.02.2024 <https://tim.jyu.fi/view/kurssit/tie/tiep1000/tekoalyn-sovellukset/kirja#VNc52Dnv4VZX>

Trimble. 2022. The Benefits of Ai In Construction. Verkkosivu. Viitattu 24.02.2024. <https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction>

TUNI. n.d. Kaupunkiseudun ihmiskeskeiset tekoälyratkaisut. Verkkosivu. Viitattu 04.02.2024 <https://projects.tuni.fi/kite/tekoalysta-yleisesti/tekoalyn-historia/>

UNITE AI. 2023. Koneoppiminen vs. syväoppiminen – keskeiset erot. Verkkosivu. Viitattu 03.02.2024 <https://www.unite.ai/fi/machine-learning-vs-deep-learning-key-differences/>

VTT Research. n.d. Tulevaisuuden tekoäly ja etiikka. Verkkosivu. Viitattu 03.02.2024 <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/tulevaisuuden-tekoaly-ja-etiikka>

Wenjie Liao, Xinzheng Lu, Yifan Fei, Yi Gu, Yuli Huang. Generative AI design for building structures. Verkkosivu. Viitattu 26.02.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523004478/>

Wikipedia. 2023. Eurokoodi. Verkkosivu. Viitattu 21.02.2024 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Eurokoodi>

Wikipedia. 2023. Koneoppiminen. Verkkosivu. Viitattu 02.02.2024 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Koneoppiminen>

Wikipedia. 2022. Rakennesuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 12.02.2024 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennesuunnittelu>

Wikiopisto. 2018. Asioiden internet. Verkkosivu. 07.03.2024 [https://fi.wikiversity.org/wiki/Asioiden\\_internet](https://fi.wikiversity.org/wiki/Asioiden_internet)

Wenjie Liao, Xinzheng Lu, Yifan Fei, Yi Gu, Yuli Huang. n.d. Generative AI design for building structures. Verkkosivu. Viitattu 26.02.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523004478/>

Xiaoling Xie, Tony Thorpe and Anderew Baldwin. n.d. A Survey of Communication Issues in Construction Design. Verkkosivu. Viitattu 28.02.2024. [https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2000-771-780\\_Xie\\_Thorpe\\_and\\_Baldwin.pdf](https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2000-771-780_Xie_Thorpe_and_Baldwin.pdf)

YLE. 2023 Tekoälyn kolme uhkaa ja kolme mahdollisuutta. Verkkosivu. Viitattu 04.02.2024 <https://yle.fi/a/74-20034602>

Ympäristöministeriö. n.d. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkosivu. Viitattu 23.02.2024 <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

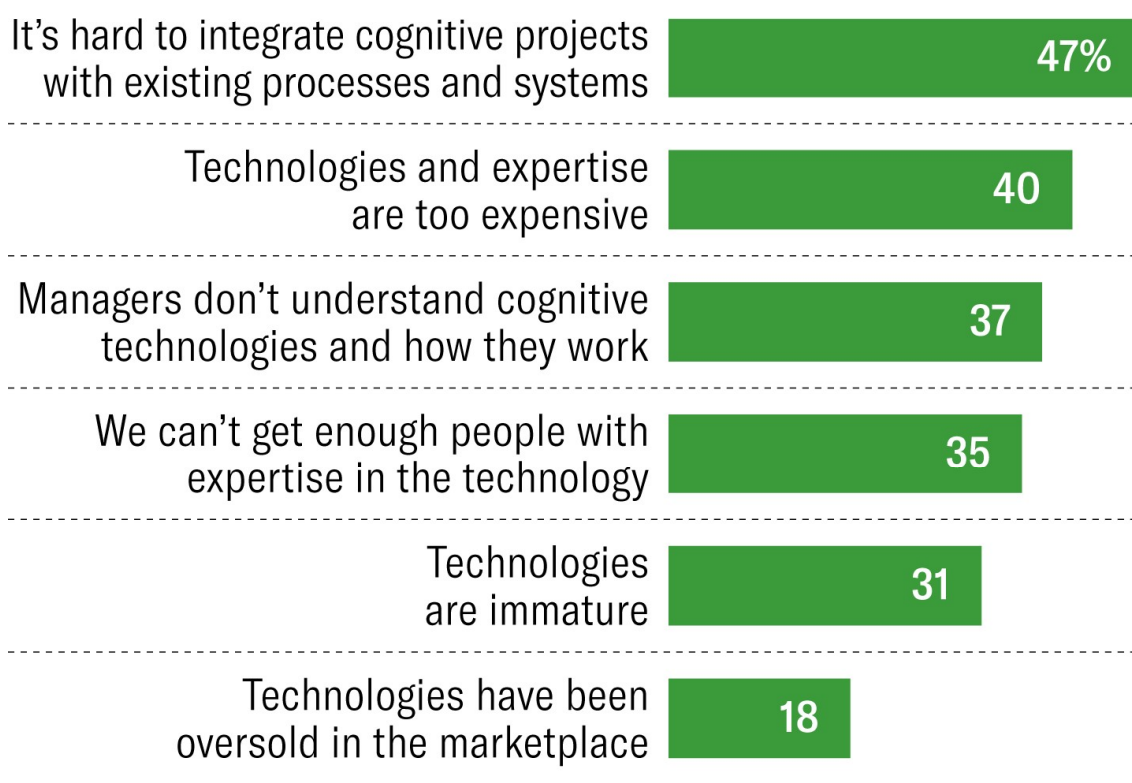
## LIITTEET

Liite 1. Tekoälyn haasteet-tutkimus (Harvard Business Review 2018).

## The Challenges of AI

Executives in our survey identified several factors that can stall or derail AI initiatives, ranging from integration issues to scarcity of talent.

### Percentage who cite the following as obstacles



Source: Deloitte, 2017