



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

Katsaus tekoälystä ja sen mahdollisuuksista infra-alan yritykselle

Mika Juuti

Opinnäytetyö, Toukokuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Mika Juuti

Nimeke
Katsaus tekoälystä ja sen mahdollisuuksista infra-alan yritykselle

Toimeksiantaja
Savon Kuljetus Oy

Tiivistelmä

Tekoäly on ajankohtainen ja jatkuvasti kehittyvä työkalu, jota hyödynnetään jo monella eri alalla. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli edistää tietämystä tekoälyn hyödyistä ja käyttömahdollisuuksista infra-alalla. Opinnäytetyön tehtävänä oli luoda tietoperustan ja kuvailevan kirjallisuuskatsauksen kautta tietopaketti tekoälyn mahdollisuuksista infra-alan yritykselle.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi infra-alan yritys Savon Kuljetus Oy, jolla ei ollut vielä käytössään tekoälypohjaisia sovelluksia osana toimintaansa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarjota tietoa yritykselle tekoälyn käytön mahdollisuuksista osana yrityksen toimintaa ja työtapoja. Vastauksia opinnäytetyössä asetettuihin tutkimuskysymyksiin etsittiin tietoperustan ja kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla ja näin saatiin kattava katsaus siitä, miten infra-alan yritys voisi tekoälyä hyödyntää infrarakentamisessa nyt ja tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö rakentui teoreettisesta viitekehuksesta ja kirjallisuuskatsauksesta, jossa hyödynnettiin erilaisia tutkimuksia ja muita aineistoja tekoälyn hyödyntämisestä infra-alalla. Opinnäytetyön loppuun luotiin pohdintakappale, jossa muodostettiin yhteenveto opinnäytetyön viitekehysten ja kirjallisuuskatsauksen pääpiirteistä ja niitä hyödyntäen luotiin erilaisia ehdotuksia infra-alan yritykselle ja siihen, miten he voisivat tekoälyä toiminnassaan hyödyntää ja mitä se heiltä vaatisi.

Kieli
suomi

Sivuja 33

Asiasanat
tekoäly, infrarakentaminen, koneoppiminen



THESIS
May 2024
Degree Programme in Construction Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author
Mika Juuti

Title
Overview of Artificial Intelligence and Its Potential for an Infrastructure Company

Commissioned by
Savon Kuljetus Oy

Abstract

Artificial intelligence is a current and continuously evolving tool that is already utilized in many different industries. The goal of this thesis was to increase knowledge about the benefits and potentials of artificial intelligence in the infrastructure sector. The goal was to create an informative review on the possibilities of artificial intelligence for a company in the infrastructure sector through a literature review.

The thesis was commissioned by an infrastructure company Savon Kuljetus Oy, which did not yet have AI-based applications as part of its operations. The purpose of the thesis was to provide information to the company on the possibilities of using artificial intelligence as part of its operations and work methods. By seeking answers to research questions defined through the literature review, a comprehensive overview was obtained on how an infrastructure company could utilize artificial intelligence in infrastructure construction now and in the future.

The thesis consists of the theoretical framework and a literature review, which utilized various studies and other materials on the use of artificial intelligence in the infrastructure sector. At the end of the thesis, a conclusion chapter was created, summarizing the main points of the framework and literature review, and using them to make various suggestions for the infrastructure company on how they could utilize artificial intelligence in their operations and what it would require from them.

Language
Finnish

Pages 33

Keywords
artificial intelligence, infrastructure construction, machine learning

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön tausta	5
1.2	Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset	6
1.3	Opinnäytetyön menetelmät	7
1.4	Opinnäytetyön rakenne	7
2	Infrarakentaminen	8
2.1	Rakentaminen	8
2.2	Infrarakentaminen	9
3	Tekoäly	10
3.1	Mikä on tekoäly?	10
3.2	Heikko ja vahva tekoäly	12
3.3	Tekoälyn tyyppejä	13
3.4	Koneoppiminen	14
3.5	Robottiikka	16
3.6	Neuroverkot	17
3.7	Syväoppiminen (Deep Learning)	18
3.8	NLP luonnollisen kielen oppiminen Natural Language Processing	19
3.9	Tietokonenäkö	19
3.10	IoT asioiden internet (Internet of Thingsin)	20
4	Tekoälyn mahdollisuudet infrarakentamisessa	21
4.1	Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineisto	21
4.2	Tekoälyn mahdollisuudet ja käyttökohteet rakennusosalalla	22
4.3	Tekoäly infrarakentamisessa tulevaisuudessa	23
5	Pohdinta	24
5.1	Johtopäätökset	24
5.2	Mahdollisuudet toimeksiantajalle	26
5.3	Luotettavuus ja eettisyys	30
	Lähteet	32

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui tekoäly infrarakentamisessa, sillä aihe on ajankohtainen, mielenkiintoinen ja se kehittyy koko aika. Työskentelin vuoden 2023 kesällä Savon Kuljetus Oy nimisessä yrityksessä, jossa aihe nousi esille, kun pohdimme yhdessä yhteistyötä opinnäytetyön merkeissä. Kyseinen yritys on kuljetus- ja infra-alan monialayhtiö, joka on perustettu vuonna 1965. Savon Kuljetus Oy tarjoaa yrityksille kuljetuksia sekä infra-alan palveluita (Savon Kuljetus Oy 2021a) ja sillä on kahdeksan toimipistettä ympäri Itä-Suomea (Savon Kuljetus Oy 2021b).

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimivalla Savon Kuljetus Oy:lla ei ole tällä hetkellä käytössä tekoälypohjaisia sovelluksia osana toimintaansa. Yrityksellä on kuitenkin kiinnostusta lisätä tekoälypohjaisten sovellusten käyttöä, jonka pohjalta ja käyttöönottoon tarvittaisiin kuitenkin lisää tietämystä aiheesta. Yrityksellä ei ole tällä hetkellä tarpeeksi kattavaa tietämystä tekoälyn mahdollisuuksista, joka on johtanut siihen, etteivät he ole vielä voineet ottaa tekoälyä osaksi toimintaansa.

Tekoäly on jatkuvasti kehittyvä palvelu, jonka käyttömahdollisuudet laajenevat hurjaa vauhtia (Roima 2023). Siinä on paljon potentiaalia, jota voisi hyödyntää maanrakentamisen eri työvaiheissa tarjousvaiheesta työmaan lopettamiseen saakka. (Valtionvarainministeriö 2024.) Tekoälylle syötettävät tiedot opettavat siitä hyvän työkalun omiin tarpeisiin helpottamaan ja tehostamaan työtä. Se oppii ennustamaan tulevia tapahtumia ja luomaan mallin, jonka perusteella samaa työtä voi tulevaisuudessa tehdä tehokkaammin. Sen antaman tiedon perusteella voidaan tehdä tarkempia tarjouksia kyseisestä työstä tilaajille. (CGI 2017.)

Tässä opinnäytetyössä tehdyn kirjallisuuskatsauksen avulla Savon Kuljetus Oy saa yhteenvedon tämän hetken ajankohtaisista tutkimuksista ja artikkeleista tekoälyn käyttöönoton mahdollisuuksien tarkastelun tueksi. Lähtökohta on tuottaa tietoa tekoälystä opinnäytetyön muodossa toimeksi antavalle infrarakentamisen yritykselle ja kertoa mahdollisuuksista, joilla tekoälyä voisi hyödyntää.

1.2 Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on edistää tietämystä tekoälyn hyödyistä ja käyttömahdollisuuksista infra-alalla. Opinnäytetyön tehtävänä on luoda kirjallisuuskatsauksen kautta tietopaketti tekoälyn mahdollisuuksista infra-alan yritykselle. Tekoälyn hyödyntämisessä on monia eri näkökulmia, mutta tässä opinnäytetyössä kirjallisuuskatsaus on rajattu käsittelemään tekoälyä rakentamisessa. Opinnäytetyössä pyritään löytämään vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

-Mitä tekoäly on ja millaista tietoa siitä on löydettävissä kirjallisuudesta?

-Millaisia käyttömahdollisuuksia ja -kohteita tekoälyllä on rakentamisessa tällä hetkellä?

-Kuinka tekoälyä voidaan hyödyntää infrarakentamisessa nyt ja tulevaisuudessa?

Savon Kuljetus Oy:lla ei ole tällä hetkellä käytössä tekoälypohjaisia sovelluksia osana toimintaansa, joten opinnäytetyön tarkoituksena ja tavoitteena on tarjota tietoa yritykselle tekoälyn käytön mahdollisuuksista osana yrityksen toimintaa ja työtapoja. Etsimällä vastauksia tutkimuskysymyksiin saadaan kattava kokonaisuus siitä, miten esimerkiksi Savon Kuljetus Oy voisi tekoälyä hyödyntää infrarakentamisessa nyt ja tulevaisuudessa.

1.3 Opinnäytetyön menetelmät

Savon Kuljetus Oy:lla ei ollut vielä tarvittavaa ja kattavaa tietoa tekoälyn käytön mahdollisuuksista osana toimintaansa, joten tässä opinnäytetyössä muodostetaan informatiivinen tietoperusta alan keskeisiä kirjallisuus- ja säädösaineistoja sekä erilaisia artikkeleita ja muita aiheita käsitteleviä lähteitä hyödyntäen antamaan yritykselle lisää tarvittavaa tietoa aiheesta. Tekoälyn käyttöön rakentamisessa ja infrarakentamisessa perehdytään aiheesta löytyvien erilaisten tieteellisten tutkimusten ja julkaisujen kautta käyttämällä menetelmänä kuvailevaa kirjallisuuskatsausta.

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus sopii tähän aiheeseen, sillä tekoälystä on paljon artikkeleita ja tutkittua tietoa, mutta maanrakennusalaan viittaavia tutkimuksia on selvästi vähemmän. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tehdä yhteenveto valitusta aiheesta ilman tiukkoja ja tarkkoja sääntöjä. Käytettävä aineisto rajataan ja valitaan tarkkaan sen suuren määrän vuoksi. Kuitenkin tutkittava aihe pystytään kuvaamaan laaja-alaisesti ja luokittelemaan tarvittaessa sen ominaisuuksia. (Salminen 2011, 6.) Käytettävät aineistot pyrittiin myös valitsemaan luotettavista lähteistä, kuten esimerkiksi erilaisesta kirjallisuudesta sekä käyttämään ajankohtaisia lähteitä, jotta tutkimuskysymyksiin saataisiin kattavammat ja luotettavammat vastaukset.

1.4 Opinnäytetyön rakenne

Tämän opinnäytetyön tietoperustan rakennetta ohjaavat kaksi pääkohtaa. Ne ovat tekoäly ja infrarakentaminen. Tietoperusta saa alkunsa Infrarakentamisesta ja sitä käsittelevässä luvussa käsitellään mitä maanrakentaminen on ja mitä siihen kuuluu. Opinnäytetyön viitekehyksen toisessa pääluvussa käsitellään koko opinnäytetyön tutkimuskysymysten kannalta oleellista tekoälyä. Tekoälystä kertovassa luvussa käydään läpi, mitä tekoäly tarkoittaa ja millaisia eri muotoja tekoälyllä on.

Tekoilyn käyttöä rakentamisessa ja infrarakentamisessa käsitellään kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla luvussa 4. Opinnäytetyön lopussa pyritään pohtimaan ja löytämään vastauksia tässä opinnäytetyössä asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja pohtimaan sitä, miten Savon Kuljetus Oy voisi mahdollisesti hyödyntää tekoilyä osana toimintaansa tulevaisuudessa. Lopussa pohditaan myös muita tekoilyn näkökulmia ja mahdollisuuksia infrarakentamiseen liittyen sekä nostetaan esille muita kirjallisuuskatsauksessa, viitekehyksessä ja tutkimuskysymyksissä nousseita näkökulmia.

2 Infrarakentaminen

2.1 Rakentaminen

Tilastokeskus (2024) määrittelee rakentamiseen kuuluvan monia eri osa-alueita, kuten kiinteistöjen hallinnan, laajentamisen, korjausrakentamisen ja käyttöomaisuuden luomisen. Lisäksi rakentamiseen kuuluvat oleellisesti muut rakenteet kuten tiet, sillat, padot sekä maa- ja vesirakennustyyppiset maanparannukset. Rakentaminen voidaan jakaa kolmeen eri pääluokkaan: talorakentamiseen, erikoistuneeseen rakennustoimintaan ja maa- ja vesirakentamiseen. (Tilastokeskus 2008.)

Rakennuttaminen ja rakennusten rakentaminen ovat talonrakentamisen osa-alueita. Talonrakentaminen pitää sisällään uudis- ja korjausrakentamisen, tilapäisrakennelmien pystytyksen sekä tehdasvalmisteisten rakennusosien pystyttämisen eri kohteissa. Muut tavallisiin rakennustyömaan töihin kuuluvat työt, jotka eivät tapahdu maa- ja vesirakentamisen piirissä, kuuluvat taas erikoistuneeseen rakennustoimintaan. Näitä töitä ovat esimerkiksi rakennusten purku ja rakennuspaikan valmistelu. Erikoistuneeseen rakennustoimintaan kuuluvat lisäksi rakentamisen viimeistely ja erilaiset rakennusasennukset. (Tilastokeskus 2008.)

Maa- ja vesirakentamisen kuuluvat kaikki samanlaiset työt, joita tehdään talonrakentamisessa. Erona näissä on, että maa- ja vesirakentamisen kohteissa rakentamisen kohteena ovat maa- ja vesi-infrastrukturi. Maanrakentamista ovat esimerkiksi lentokenttien, satamien, rautateiden, tunnelien, moottoriteiden, katujen ja siltojen rakentaminen. Vesirakentamisen kohteita ovat taas padot, kanavat, tekoaltaat ja kalatalouteen liittyvät rakenteet kuten lohportaiden rakentaminen. Tähän luokkaan kuuluvat myös vesi-, sähkö- ja datalinjojen ja verkostojen rakentaminen. (Tilastokeskus 2008.)

Urakoitsijan tekemää työtä kutsutaan rakennussuorituksiksi eli rakennustyöksi, joten se kuuluu oleellisena osana osaksi rakentamisen käsitettä. Urakoitsijan tekemällä rakennustyöllä saadaan aikaan työntulosta ja erilaisia hankintoja. Sen sisältö on kokonaisuus, joka koostuu rakennusosan, rakennuskohteen tai fyysisen kohteen valmistuksesta. (Infra-nimikkeistötoimikunta 2014, 17.)

2.2 Infrarakentaminen

Rakentaminen, jota tarvitaan kunnossapitoon ja rakennetun ympäristön tuottamiseen, kutsutaan infrarakentamiseksi. Tämä ei kuitenkaan pidä sisällään maan päälle rakennettavien talojen osia tai niiden kunnossapitoa. Infrarakentaminen voidaan jakaa erityyppisiin markkinoihin. Niitä ovat rajallisella-alueella tehtävät työt, yhdyskuntarakentaminen ja yhdyskuntien välisien yhteyksien rakentaminen. (Vainio & Nippala 2013, 6.)

Yhdyskuntarakentamiseen kuuluvat liikenneväylien, yhdyskuntateknisten verkostojen ja yleistenalueiden rakentamista, joiden tehtävä on palvella yhdyskunnan tarpeita (Digi- ja väestötietovirasto 2024). Ympäristörakenteiden, vesihuollon, kaukolämmön ja katujen tuottaminen kuuluvat yhdyskuntarakentamiseen. Yhdyskuntien välisien yhteyksien rakentamiseen taas kuuluvat vesiväylät, ilma-liikenne, radat, tiet, tietoliikenneverkot sekä kaasu- ja sähköverkot. (Vainio & Nippala 2013, 6.)

Rajallisella alueella tehtäviä töitä ovat kaivosalueella, korttelissa tai tontilla tehtävät työt. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi päällysrakenteiden rakentaminen, pohjarakentaminen, pohjanvahvistukset, esirakentaminen sekä tonttien raivaus. Esirakentamista, joka tapahtuu ulkoliikunta, puisto tai talojen alueosilla, hoitavat tyypillisesti maaurakoitsijat. Näihin töihin kuuluvat esimerkiksi uusien tuulivoimaloiden rakentaminen ja kaivosten avaaminen. (Vainio & Nippala 2013, 6.)

3 Tekoäly

3.1 Mikä on tekoäly?

Tekoälyllä tarkoitetaan inhimillistä päättelyä, jota kone jäljittelee. Tekoälytermiä käytetään melkein kaikesta, mikä käyttää automatisoitua päätöksentekoa ja edistyneen analytiikan koneoppimiseen perustuvia ratkaisuja. (CGI 2024.) Laitteet, järjestelmät ja ohjelmat, mitkä kykenevät oppimaan ja tekemään päätöksiä ihmisen lailla, ovat tekoälyä. Erilaiset järjestelmät, palvelut, koneet, laitteet ja ohjelmat voivat tekoälyn avulla toimia annetun tehtävän ja tilanteen mukaisesti järkevästi. (Valtioneuvoston hallintoyksikkö 2019, 16.) Tekoälyn tehtäviin voivat kuulua myös esimerkiksi luovantöiden tekeminen ja suunnittelu sekä eri esineiden ja äänien tunnistaminen, puhuminen tai liikkuminen (Buczski 2018).

Koneen taitoa oppia, suunnitella, luoda ja päätellä voidaan verrata ihmisälyyn ja kutsua tekoälyksi. Tekoäly tutkii ympäristöä, käsittelee saamaansa tietoa ja käyttää saamaansa informaatiota ongelmanratkaisuun saavuttaakseen annetun ja halutun lopputuloksen. Se kerää ja käsittelee tietoa ympäristöstä esimerkiksi kameroiden avulla. Analysoimalla aikaisemmin tapahtuneita toimia, tekoälyjärjestelmä oppii muokkaamaan omaa toimintaansa ja sen myötä työskentelemään itsenäisesti tiettyyn pisteeseen asti. (Euroopan parlamentti 2023a.)

Tekoälyn avulla voidaan myös päästä esimerkiksi laskennallisiin tavoitteisiin, mikä tekee tekoälystä fysiologisen älykkyyden ja tietotekniikan yhdistelmän. Sen älykkyys voidaan määritellä kyvyllä oppia kokemuksista, tehdä muutoksiin sopeutuvia valintoja, ajatella luomalla muistia sekä ymmärtää ja tunnistaa erilaisia malleja. (Vähäkainu, Kariluoto & Neittaanmäki 2019, 6.)

AI (lyhenne englanninkielisestä termistä artificial intelligence) eli tekoäly on ihmisen kognitiivisia toimintoja jäljittelevä tietokonejärjestelmä. Ongelmanratkaisu, oppiminen, suunnittelu ja päättely ovat tekoälylle ominaisia toimintoja ja nämä ominaisuudet tekevät koneiden toiminnoista älyllistä ja ihmisen näköistä. Näitä toimintoja voivat olla esimerkiksi kuvien prosessointi ja puheen tunnistaminen. Näiden tekoälyominaisuuksien avulla ohjelmat voivat havainnoida ympäristöä ja prosessoida siitä saamaansa tietoa, jota voidaan käyttää osana ongelmanratkaisua ja päämäärien saavuttamista. (Tekoälyaika 2024.) Lisäksi tekoäly rakentuu useammasta eri teknologiasta, jotka taas koostuvat useammasta eri menetelmästä, sovelluksesta ja teknologiasta sekä tutkimussuunnista kuten esimerkiksi koneoppiminen. (Vartiainen, Tedre, Jormanainen, Kahila, Valtonenja & Toivonen 2021, 106.)

Eri tekoälyn suuntiin kuuluu esimerkiksi moderni robotiikka, joka hyödyntää tekoälyä ja tarjoaa yhteiskunnan eri sektoreille suuria mahdollisuuksia kehittää automatisoimalla manuaalista rutiinityötä. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi pienentämään kustannuksia ja tehostamaan työntekijöiden ajankäyttöä tärkeämpiin tehtäviin. (Valtionvarainministeriö 2024.) Tekoälyä ja modernia robotiikkaa voidaan käyttää lisäksi eri toimintojen tehostamiseen sekä ihmistyön korvaamiseen älykkäillä prosesseilla. (CGI 2024.) Erilaisia rutiininomaisia työtehtäviä automaattisesti suorittava tekoälypohjainen järjestelmä voi toimia jopa itsenäisesti ja toimia ihmisen apuna monissa eri tehtävissä. (Valtioneuvoston hallintoyksikkö 2019, 31.)

Tekoäly on myös läsnä jokapäiväisessä elämässämme. Siihen voi törmätä terveydenhuollossa, kaupassa, peleissä, yhteisöpalveluissa, liikenteessä, hakukoneissa ja verkkokaupoissa (Valo 2019). Tekoälyä hyödynnetään myös esimerkiksi tieliikenteessä, teollisuudessa ja datan analysoinnissa ja asioiden ennustamisessa. Esimerkiksi hakukoneet oppivat niihin syötetystä datasta ja pystyvät tarjoamaan näin tarkempia hakutuloksia ihmisille. Erilaiset kielenkääntökoneet voivat taas oppia kirjoitettua tai puhuttua kieltä, jonka seurauksena ne pystyvät tuottamaan koko ajan parempia käännöksiä ja oikeinkirjoitettua kieltä. Älykäällä tieliikenteen säätelyllä taas voidaan vähentää esimerkiksi ruuhkia ja parannetaan kulkuyhteyksiä. Teollisuudessa käytettynä tekoäly voi taas optimoida myyntiä, ennustaa robottien huollon tarvetta ja ohjata niitä tehokkaaseen työkentelyyn. Se pystyy myös ennustamaan annetun datan avulla säätä, jolloin voidaan ennalta ehkäistä riskejä ja vähentää ikäviä niistä johtuvia seurauksia. (Euroopan parlamentti 2023a.)

Rakennusalalla tekoälyä voidaan käyttää suunnittelun ja hallinnan parantamiseksi rakennushankkeissa (Dabous, Rashidi, Zhu, Alzraiee, Mantha & Alsharqawi 2023). Tekoälyä voidaan hyödyntää myös työturvallisuudessa, esimerkiksi laittamalla robotit suorittamaan ihmiselle mahdollisesti vaarallisia työtehtäviä. Sillä voidaan lisäksi tehostaa logistiikkaa, tuotantoa, koneiden huoltoa ja säästää energiaa. (Euroopan parlamentti 2023b.)

3.2 Heikko ja vahva tekoäly

Tekoäly voi olla heikkoa tai vahvaa. Heikkoa tekoälyä ovat kaikki käytössä olevat nykyiset tekoälyratkaisut ja sitä voidaan kutsua myös sovelletuksi- ja kapea-aleiseksi tekoälyksi. (CGI 2024.) Kaikkia tekoälyn teknologioita, jotka pystyvät suorittamaan tarkasti rajattuja tehtäviä voidaan kutsua kapeaksi tekoälyksi, edellytyksenä kuitenkin, että niiden suorittama toiminta antaa viiteitä älykkyydestä. (Vartiainen ja muut 2021, 106.)

Heikko tekoäly kykenee ratkaisemaan ja tekemään lähtökohtaisesti vain yhtä tehtävää kerrallaan. Sillä voi olla esimerkiksi kyky tunnistaa eri objekteja kuvista

tai tunnistaa erilaisia yhtäläisyyksiä datasta, vaikka dataa olisi suuri määrä käsiteltävänä. (CGI 2024.) Heikon tekoälyn tehtäviä voivat olla esimerkiksi puheentunnistus tai kielenkääntäminen, mutta heikolta tekoälyltä puuttuu yleensä inhimillinen ymmärrys omaksua sille annetut tehtävät (Tekoälyaika 2024).

Vahvaa tekoälyä, jota voidaan kutsua myös yleiseksi tekoälyksi, on alettu kehittää ja tutkimaan aktiivisemmin. Vahva tekoäly voidaan määritellä kokonaisvaltaisena koneen kykynä kehittää tietoisuutta ja jäljitellä inhimillistä älykkyyttä. Tekoälyratkaisut, jotka tällä hetkellä ovat olemassa, ovat kuitenkin vielä kaukana yleisestä tekoälystä. (CGI 2024.) Vahva tekoäly pyrkii suorittamaan monia erilaisia älyllisiä tehtäviä itsenäisesti ja jäljittelemään ihmisen kognitiivista kykyä parhaalla mahdollisella tavalla. Täysin vahva tekoäly on kuitenkin vielä saavuttamattomissa, vaikka sen tutkiminen on aktiivista ja osittaisia merkkejä läpimurroista on havaittavissa. (Tekoälyaika 2024.)

3.3 Tekoälyn tyyppejä

Tekoäly voidaan jakaa kolmeen eri laatuiseen tekoälyn tyyppiin. Näitä tyyppejä ovat ANI eli Artificial narrow intelligence, AGI eli Artificial general intelligence ja ASI eli Artificial super intelligence. (SAP 2024.)

Näistä tyypeistä ANI tunnetaan niin sanottuna heikkona tekoälynä. Sen algoritmit ja neuroverkot ovat yksittäisiä ja niiden päämäärät ovat orientoituneita. Erilaisia kapeita tai heikkoja tekoälyjä ovat esimerkiksi erilaiset kasvojentunnistus toiminnot, internetin hakukoneet ja itseohjautuvat autot. ANI:a kutsutaan heikoksi tekoälyksi, koska sen toiminta on kaukana inhimillisestä älykkyydestä. (SAP 2024.) ANI on tekoälynmuoto, joka kykenee tekemään päätöksiä vai yhdestä ympäristön osa-alueesta ja tekemään vain yhtä tehtävää kerrallaan (Manzoor, Othman, Durdyev, Ismail & Wahab 2021).

AGI on yleinen tekoäly ja se pystyy lähtökohtaisesti suoriutumaan kaikista sille annetuista tehtävistä, jotka vaativat inhimillistä älyä. Se oppii kokemuksista, havainnoista ja osaa ennustaa kuvioita. (SAP 2024.) AGI on synteettinen ihmistason yleisälykyys. Se oppii nopeasti, ratkaisee ongelmia, ymmärtää tietoja monipuolisesti ja hankkii kokemusta nopeasti (Manzoor ja muut 2021).

ASI-järjestelmät pystyvät jäljittelemään tai ymmärtämään ihmisen käyttäytymistä perustasolla, joka tekee niistä täysin itsetietoisia teoreettisesti. Niiden prosessit ja analyyttiset voimat ylittävät omat kykymme ja näin ollen niiden toiminta voidaan nähdä yli-inhimillisiä piirteitä sisältävinä. (SAP 2024.) ASI on keinotekoinen ylivertainen älykyys, jonka nerokkuus, yleistieto ja sosiaaliset taidot voivat ylittää parhaimmat ihmisaivot kaikilla tavoin (Manzoor ja muut 2021).

3.4 Koneoppiminen

Koneoppiminen koostuu eri komponenteista ja on tekoälyn osajoukko. Se soveltaa algoritmeja monenlaisiin oppimisen ja analysoinnin tekniikoihin. Koneoppimisen avulla tekoälyn on mahdollista oppia automaattisesti ilman ohjelmointia ja kehittyä kokemuksen mukaan. Eroa koneoppimisella ja tekoälyllä on se, että koneoppiminen on tekoälyn komponentti ja ilman sitä ei olisi tekoälyä. Koneoppimiseen liittyvät oleellisesti myös päätösten ja ennustusten tekeminen ja niitä varten tekoälyn tarvitsee käsitellä erilaista dataa. Käsitelläkseen dataa oppimista varten sekä kehittyäkseen älykkäämmäksi ilman lisäohjelmointia, tekoäly käyttää apunaan koneoppimisen algoritmeja. (SAP 2024.)

Koneoppimisen työ on opettaa tietokoneita keräämään dataa ja kehittymään ilman, että tietokone olisi ohjelmoitu siihen. Algoritmit etsivät malleja ja korrelaatioita tietojoukosta. Tämä kaikki kuitenkin vaatii koulutusta algoritmeille, jotta ne pystyvät tekemään oikeita päätöksiä ja ennusteita erilaisten analyysien ja datan pohjalta. (SAP 2024.) Koneoppiminen tapahtuu yleensä portaittain, jotta voidaan paremmin taata tarkempi ja huolellisempi lopputulos.

Koneoppimisen pohjana käytettävien toimintaohjeiden laatimiseen vaaditaan kuitenkin monesti ihmisen luoma koodi. Näiden toimintaohjeiden pohjalta tekoäly voi tuottaa useita eri toimintoja, jotka vastaavat sille annettua ja luotua koodia. (CGI 2024.) Erilaisista sovelluksista voidaan myös saada valtava määrä dataa, jolla opettaa tekoälyohjelmia. Niissä oleva data sisältää usein erilaisia riippuvuuksia, joita voidaan käyttää esimerkiksi ennusteiden tekemiseen. Ohjelmistoja varten hyödynnettävää tietoa valittaessa tulee kuitenkin olla tarkkana, mikä on oikeaa ja tarpeellista tietoa koneoppimisen kannalta. (Nippala & Laasonen 2023, 12–13.)

Tekoäly hyödyntää koneoppimiseen monesti erilaisia verkkoyhteyksiä, antureita ja tietokoneohjelmistoja. Koneoppimista voidaan käyttää esimerkiksi uusien ideoiden ja palvelujen sekä tuotteiden kehittämiseen ja se on lisäksi tulevaisuuden kannalta merkittävä tekijä, kun tarkastellaan osaamisen ja desing-taitojen kehittämistä koneoppimisessa. Koneoppiminen toimii myös monesti perustana useimmille tunnetuimmille tekoälyn sovelluksille. Koneoppimisessa voidaan hyödyntää pohjana eri muodoissa olevaa dataa, kuten esimerkiksi ääni-, video- tai kuvadataa tai esimerkiksi numeerista dataa. (Vartiainen ja muut 2021, 104.) Koneoppiminen voidaan jakaa kolmeen eri osaan. Nämä kolme osaa ovat ohjattu koneoppiminen, ohjaamaton koneoppiminen sekä vahvistusoppiminen. Kun koneelle syötetään dataa, joka sisältää ennalta määritellyt ja toivotut syöte- tai tulosteparit, kutsutaan tätä ohjatuksi koneoppimiseksi. Ohjaamattomassa koneoppimisessa kone taas etsii samankaltaisuuksia datasta ja toimii ilman yhteyksiä ja ohjaamista. Vahvistusoppiminen toimii taas tilanteessa, jossa toivotulle ja ei-toivotulle toiminnalle on olemassa jotkin kriteerit. Tällaisessa tilanteessa tarvitaan vahvistusoppimiseen perustuvaa ratkaisua, jossa koneen algoritmi pyrkii optimoimaan toiminnan monimutkaisemmassakin ympäristössä. (Vartiainen ja muut 2021, 106–108.)

Koneoppiminen avaa tietokoneille mahdollisuuden käyttää algoritmiin piilotettujen ideoiden löytämiseen algoritmeja, jotka iteratiivisesti oppivat käyttämällä dataa. Algoritmia eri ohjelmistoja ja tilanteita varten ei aina ole vielä olemassa, joten tällaisessa tilanteessa kone päättyy haluttuun lopputulokseen oppien itsenäisesti. Tämä toiminta on läheisesti samankaltaista kuin hakukoneilla, joiden

tehtävänä on mahdollisuuksien mukaan antaa osuvia hakutuloksia ja tiedon lisääntyessä tietokantaan, koneen oppimiskyky kehittyy. (Vähäkainu, Kariluoto & Neittaanmäki 2019, 14.)

Viisi vaihetta, jotka toteutuvat koneoppimisessa ovat datan keräämisen, datan valmistelun, mallin opettamisen, mallin arvioinnin ja tehokkuuden parantamisen vaihe. Datan keräämisen vaihe on vaihe, joka muodostaa perustan oppimiselle. Tärkeää tässä vaiheessa ovat erityisesti laatu, relevanttius ja datan määrä. Datan valmistelun vaihe on koneoppimisen vaihe, jossa prosessien menestyminen perustuu käytetyn datan laatuun. Datan vivahteiden sekä yksityiskohtien tutkimiseen voidaan käyttää monissa tilanteissa tutkivaa analyysia. Mallin opettamisen vaihe taas sisältää datan esitysmuodon valitsemisen ja soveltuvan menetelmän valitsemisen. Mallin arviointi taas on vaihe, missä testataan koneoppimisen tarkkuutta. Tehokkuuden parantamisen vaihe taas voi sisältää tehokkuuden parantamiseksi eri muuttujien lisäämistä ja erilaisten mallien valintaa. (Vähäkainu ja muut 2019, 15.)

3.5 Robotiikka

Tekoälyä hyödyntävän robotiikan käyttö on ollut erityisesti viime vuosina kasvussa. Sen käyttökohteita ovat esimerkiksi autonomisesti liikkuvat ajoneuvot, joita voidaan käyttää kaduilla, varastoissa ja kaivosalueilla. Raja tekoälyn ja robotiikan välillä on häilyvä, sillä ne tarvitsevat toisiaan toimiakseen. (Väätäjä 2023.) Tekoälyn avulla voidaan parantaa robotiikan monimutkaisten tehtävien suorittamiskykyä ja autonomiaa (Tekoälyaika 2024).

Teollisuudessa, rakennuksilla ja kuljetuksessa rutiinitehtäviä automatisoidaan robottien avulla. Raskaita ja vaarallisia töitä on mahdollista tehdä älykkäillä roboteilla ja niitä apuna käyttämällä. Tekoäly voi oppia prosessoimaan kieltä, pääättelemään asioita sekä analysoimaan ja arvioimaan sille määritellyjä kohteita, mikä tekee siitä hyvän työkalun robotiikkaan liitettynä. Älykkäät robotit ovat hyviä jäseniä työpaikoilla niiden rajattoman tieto- ja muistikapasiteettinsa ansiosta. Robottien rooli tulevaisuudessa tulee ennusteiden mukaan olemaan

yhä itsenäisempi ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi ehdottamaan ja ennustamaan erilaisia skenaarioita ja laatimaan suuriakin suunnitelmia. (Valo 2024.)

3.6 Neuroverkot

Neuroverkot, jotka jäljittelevät ihmisen aivojen toimintaa kuuluvat koneoppimisen mallien alakategoriaan. Ne suorittavat erilaisia monimutkaisia luokitteluja ja kykenevät tunnistamaan esimerkiksi monia piilotettuja kuvioita. Neuroverkot rakentuvat yleisesti katsottuna erilaisista yhteyksistä ja solmuista. (Vähäkainu ja muut 2019, 6.)

Neuronit ovat soluja, joista neuroverkot koostuvat. Niillä jokaisella on yksi ulostulo ja useita eri syötteitä. Neuronit kytkeytyvä toisiinsa oppimisen aikana säädettävien painotettujen yhteyksien avulla. Neuroneille voidaan antaa verkon läpi kulkeva syöte, jonka seurauksena neuroverkko tuottaa ulostulon jokaisen neuronin prosessoidessa syötettä. Ominaisuuksien oppimisesta syötedatasta ja monimutkaisista suhteista ovat vastuussa neuroverkon piilokerrokset, jotka sijaitsevat syöte- ja ulostulokerrosten välissä. (Numminen 2023.)

Neuroverkot käsittelevät ja välittävät tietoa syötteestä ulostuloon. Neuroverkko voi oppia ja tunnistaa monimutkaisiakin malleja ja suhteita datasta. Neuronien välisten yhteyksien painoista ja neuroverkon rakenteesta riippuen syntyy lopullinen ulostulo ja neuronien välisten yhteyksien painoja mukauttamalla neuroverkoissa syntyy oppiminen. Neuroverkoista saatuja tuloksia voidaan verrata sille annettuun syötteeseen ja saaduista tuloksista voidaan tunnistaa ja poimia mahdollisia virheitä. Kun saatuja tuloksia verrataan haluttuun lopputulokseen, syntyy pohja neuroverkon oppimiselle. Virheiden määrä pienenee, kun yhteyksien painoja säädetään. Prosessia tulee toistaa useasti eri syötteillä, kunnes verkko alkaa tuottamaan haluttua tulosta suuremmalla tarkkuudella. (Numminen 2023.)

3.7 Syväoppiminen (Deep Learning)

Deep Learning eli syväoppiminen on yksi koneoppimisen osa-alueista. Sen tavoitteena on luoda ongelman ratkaisemiseen sopiva algoritmi käyttäen apunaan neuroverkkoa. Syväoppimista käytetään usein ratkaisemaan ongelmia, jotka ovat liian vaikeita toteuttaa perinteisiä menetelmiä käyttäen. (Vähäkainu ja muut 2019, 16.)

Puhe, kuvat, tekstien tunnistaminen ja käsittely ovat syväoppimisen hyödyntämisen alueita. Syväoppiminen on kokoelma tilastollisia koneoppimisen teknologioita, jotka perustuvat keinotekoisiiin neuroverkkoihin. Syväoppimista käytetään myös toimintahierarkioiden oppimisen työkaluna. Sen algoritmien suorituskykyä voidaan parantaa lisäämällä, tuottamalla tai generoimalla dataa sekä skaalamalla dataa uudelleen tai muuntamalla sitä. (Vähäkainu ja muut 2019, 16.)

Perustasolla voidaan siis nähdä syväoppimisen olevan todennäköisyysjärjestelmä. Se pystyy tekemään lausuntoja, päätöksiä tai ennusteita tietyn varmuuden asteella, sille syötetyn tietoaineiston perusteella. (Buczski 2018.) Monimutkaisissa sovelluksissa, kuten kuvantunnistuksessa ja puheen analysoinnissa, toiminnan sujuminen halutulla tavalla voidaan mahdollistaa syväoppimisella. Syväoppimisella algoritmit ohjataan keräämään raakatietoa ja sen myötä viemään sitä kohti lopullista tulosta. Vältettäessä perinteisempiä ja kömpelöitä koneoppimisen tekniikoita, jotka perustuvat sääntöihin ja kaavoihin, saavutetaan syväoppimisen avulla lopulta paljon tehokkaampaa, monimutkaisempaa ja syvempää laskentatasoa. (Hatcher 2016.)

3.8 NLP luonnollisen kielen oppiminen Natural Language Processing

NLP eli luonnollisen kielen oppiminen on tekoälyn muoto, jonka avulla koneet tunnistavat ja ymmärtävät kirjoitettua kieltä. Luonnollisen kielen oppimiseen sisältyy algoritmin kyky ymmärtää ihmisen kieltä ja kääntää sitä itselleen ymmärrettävään muotoon. (SAP 2024.) NLP mahdollistaa ihmiskielen ymmärtämisen ja tuottamisen koneille ja sitä käytetään monesti toiminnoissa, kuten kääntämisessä ja puheentunnistuksessa, mahdollistaakseen koneiden kommunikoinnin ihmisten kanssa (Tekoälyaika 2024).

Tietokoneet pystyvät käsittelemään, analysoimaan, tulkitsemaan ja perustelemaan ihmisten kieltä NLP avulla yhdistelemällä tietojenkäsittelytieteen ja kielitieteen tekniikoita. Chatbottien ja digitaalisten avustajien luomiseen käytetään monesti juuri näitä tekniikoita yhdessä tekoälyn kanssa. Jotta tietokone voisi käsitellä ihmisten kieltä, on se muutettava muotoon, jonka tekoäly ymmärtää.

Yleensä tällainen ymmärrettävä muoto syntyy silloin, kun tekstimuotoinen data muutetaan numeroiksi. NLP on kokonaisuus, joka pitää sisällään monen eri algoritmin soveltamista ja käyttämistä jäsentämättömän datan muuttamisessa strukturoiduksi dataksi. (Nelson 2024.)

3.9 Tietokonenäkö

Tietokonenäköksi kutsutaan menetelmää, jolla koneet ymmärtävät digitaalisia kuvia ja videoita. Sitä ohjaavat sovellukset käyttävät eri antureita ja oppimisalgoritmeja poimimaan tietoja ympäristöstä ja hyödyntämään saamaansa tietoa ohjauksen pohjana. Kerättyä dataa voidaan käyttää esimerkiksi ohjelmien automatisointiin tai muiden prosessien informointiin. Tietokonenäkö voi käyttää ympäristöstään saamaansa informaatiota esimerkiksi ennakoimaan ja ennustamaan tapahtumia. (SAP 2024.)

Tehokkaimman tietokonenäöllisen sensorikyvyn tarjoavat tällä hetkellä infrapuna-kamerat, jotka toimivat yhdessä videoanalytiikan kanssa. Ne ovat kuvapohjaisia älysensoreita, jotka ovat eräänlaisia "kuvattomia kameroita". Edistyneimmät sensorit, jotka on ohjattu toimimaan tehokkaasti vähävirtaisilla prosessoreilla, käyttävät toimintaansa objektien seuranta-algoritmeja sekä syväoppimista. Valaistustaso, kosteus ja lämpötila ovat osa tietokonenäön tarvitsemaa fyysistä tietoa, joita saadaan kerättyä yksinkertaisilla sensoreilla. Nämä analogisesti mitatut ja kerätyt arvot tekoäly muuntaa digitaaliseksi ja ohjaa ne ohjausyksikköön. (Hatcher 2016.)

3.10 IoT asioiden internet (Internet of Thingsin)

Internet of Thingsin (IoT) eli asioiden internet on verkko, joka kykenee lähettämään dataa ilman manuaalista ohjaamista. Asia, josta dataa lähetetään, voi olla melkein mikä vaan laite, mutta siinä on oltava sensoreita sekä kyky tiedonkeruuseen. Vuorovaikuttaminen sisäisten tilojen ja ulkoisen ympäristön kanssa onnistuu laitteisiin sisään rakennetun teknologian ansiosta, mikä auttaa esimerkiksi erilaisten päätösten ja toimintojen teossa. IoT yhdistää siis yksinkertaisuudessaan fyysisen ja virtuaalisen maailman ja mahdollistaa toiminnallaan vuorovaikutukset laitteiden ja sovellusten välillä internetissä. (Mouha 2021.)

4 Tekoälyn mahdollisuudet infrarakentamisessa

4.1 Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineisto

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsausta lähdettiin rakentamaan erilaisten aineistojen pohjalta. Aineistoja etsittiin Karelia ammattikorkeakoulun Finnan tietokannan sekä Google Scholar haun kautta. Kirjallisuuskatsaukseen pyrittiin valitsemaan ajankohtaisia tieteellisiä artikkeleita, jotka käsittelevät ja tutkivat tekoälyn käyttöä rakennusalaalla yleisesti sekä tekoälyn hyödyntämistä infrarakentamisessa. Tässä kappaleessa on kuvattu, mitä aineistoja kirjallisuuskatsauksessa on käytetty ja lyhyesti se, mitä ne käsittelevät.

Tekijät	Artikkelin nimi	Sisällön kuvaus	Julkaisu
Abioye, S., Oyedele, L., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J., Bilal, M., Akinade, O. & Ahmed, A. 2021.	Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges	Artikkelissa tutkitaan tekoälyn mahdollisuuksia ja haasteita rakennusalaalla.	Journal of Building Engineering
Dabous, R., Zhu, Z., Alzraiee, H., Mantha, B. & Alsharqawi, M. 2023.	Editorial: Automation and artificial intelligence in construction and management of civil infrastructure	Artikkelissa tutkitaan automaatioiden ja tekoälyn käytön mahdollisuuksia rakennusalaalla.	Frontiers in Built Environment
Manzoor, B., Othman I., Durdyev, S., Ismail S. & Wahab MH. 2021.	Influence of Artificial Intelligence in Civil Engineering toward Sustainable Development—A Systematic Literature Review	Artikkelissa tutkitaan tekoälyn kehitystä ja käyttöä rakennusalaalla ja sen vaikutusta kestävään kehitykseen.	Applied System Innovation
Mondal, T. & Chen, G. 2022.	Artificial intelligence in civil infrastructure health monitoring—Historical perspectives, current trends, and future visions	Artikkelissa tutkitaan tekoälyn käytön historiaa, nykytilaa ja tulevaisuutta infrarakentamisen näkökulmasta	Frontiers in Built Environment

Taulukko 1. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineistot.

4.2 Tekoälyn mahdollisuudet ja käyttökohteet rakennusalalla

Rakennusala on kamppailut monien eri haasteiden kanssa kuten kustannus- ja aikatauluylitysten, terveys ja turvallisuus asioiden sekä tuottavuuden ja työvoima pulan kanssa. Uusien innovaatioiden myötä haasteita voitaisiin ratkaista, mutta innovaatioiden kuten tekoälyn käyttöönotto rakennusteollisuudessa voi olla hidasta ja kestää kauan. (Abioye, Oyedele, Akanbi, Ajayi, Delgado, Bilal, Akinade, & Ahmed, 2021.) Tämä käy ilmi myös Dabous ja muiden (2023) artikkelissa, jossa tarkastellaan automaatioiden ja tekoälyn hyödyntämistä ja mahdollisuuksia rakennusalalla. Artikkelin mukaan rakennusteollisuudessa innovaatioiden, kuten tekoälyn käyttöönotto, on muita toimialoja hitaampaa, koska rakennusteollisuus on alana monimutkainen. Rakennusteollisuudessa tekoälyä ja automaatioita voitaisiin tutkimuksen mukaan hyödyntää toimintojen hallitsemisessa ja helpottamisessa, mutta tutkimusta aiheesta ja tekoälyn käytöstä on olemassa vähän, mutta sitä tarvittaisiin lisää.

Dabous ja muut (2023) tuovat artikkelissaan esiin näkökulman siitä, kuinka rakennusalan tuottavuutta tulisi pyrkiä parantamaan erilaisilla innovatiivisilla ratkaisuilla, mutta monesti alalla on pulaa resursseista. Lisäksi esimerkiksi omistajat, urakoitsijat, suunnittelijat, hallitukset ja toimittajat näkevät haasteena vastata uusien rakennushankkeiden kysynnän kasvamiseen. Siksi artikkelin mukaan nähdäänkin tarvetta uudentlaisille ratkaisuille kuten tekoälylle, jonka avulla pystyttäisiin parantamaan teknologioiden, järjestelmien, toimitusketjujen, rakennusprosessien ja menetelmien hallintaa sekä esimerkiksi suunnittelua, hankintaa, valmistusta. Tekoälyä voitaisiin myös artikkelin mukaan käyttää rakennusalalla esimerkiksi projektien laadun parantamisessa, kustannusten hallitsemisessa, rakennustehtävien yksinkertaistamisessa ja helpottamisessa sekä työnkulun ja työturvallisuuden parantamisessa.

Tekoälyn käyttöä ja käyttökohteita on tutkittu myös Manzoor ja muiden (2021) artikkelissa, jossa tutkitaan tekoälyn käyttöä rakennusalalla. Artikkelissa nostettiin esiin se, kuinka tekoälyä voidaan käyttää esimerkiksi datan keräämisessä, tuottavuuden parantamisessa ja tuotantokustannusten madaltamisessa. Artikkelin mukaan tekoälyllä voitaisiin yhdistää paremmin rakennusalan fyysiset

toiminnot ja digitaaliset toiminnot ja hyödyntää sitä esimerkiksi automaatioissa ja suorituskyvyn parantamisessa. Lisäksi yritykset, jotka artikkelin mukaan ottavat tekoälyn osaksi toimintojaan, saavat hyvää kilpailuetua verrattuna yrityksen kilpailijoihin, jotka eivät käytä tekoälyä työssään.

4.3 Tekoäly infrarakentamisessa tulevaisuudessa

Tekoälyn käyttöä infrarakentamisessa ovat tutkineet Mondal ja Chen (2022) heidän artikkelissaan, joka käsittelee tekoälyn käytön historiaa, nykytilaa ja tulevaisuutta infrarakentamisen näkökulmasta. Artikkelissa kerrotaan, että aikaisemmin tekoälyä on hyödynnetty yksinkertaisesti yksittäisiä toimia helpottamaan, mutta nykyään sitä osataan käyttää monimutkaistenkin toimintojen automatisoinnissa. Yksi merkittävä kehitys on artikkelin mukaan ollut tekoälyn käyttö suuren datamäärän analysoinnissa, kuvankäsittelyssä ja esimerkiksi dronejen käytössä työmaa kuvauksissa. Perinteisesti tekoälyä on hyödynnetty koneoppimismenetelmillä, mutta tänä päivänä sekä tulevaisuudessa tekoälyä pyritään hyödyntämään yhä enemmän syväoppimistekniikoiden kautta esimerkiksi erilaisten visuaalisten datojen automatisoidussa analysoinnissa.

Mondal ja Chen (2022) kertovat artikkelissaan, että infrarakentamisessa voidaan hyödyntää tekoälyä myös esimerkiksi IoT-antureiden kautta. IoT-antureiden kautta saadut tiedot voitaisiin käsitellä tekoälyllä varustetulla analytiikan työkalulla auttaakseen esimerkiksi rakennustyömaalla olevien rakenteiden vikojen nopeammassa havaitsemisessa ja analysoinnissa. Artikkelissa kerrotaan myös, että tekoälyä voitaisiin käyttää myös kuvantamisessa, jolloin saataisiin esimerkiksi 3D kuvissa etäisyyden ja mittakaavan parempi ja tarkempi säilyminen niitä analysoitaessa ja muuttaessa. Kuvien ja tietojen analysoinnissa manuaalinen kirjaaminen vie myös paljon aikaa ja vaatii ammattitaitoisen tulkitsijan, jolle voi sattua kuvien analysoinnissa inhimillisiä virheitä. Artikkelin mukaan tekoälyä voitaisiin hyödyntää infrarakentamisessa inhimillisten virheiden välttämiseksi ja asioiden nopeuttamisessa. Esimerkiksi tekoälyllä voitaisiin analysoida ja käsitellä kuvia nopeammin ja esimerkiksi havaita kuvissa näkyviä haluttuja määriteltyjä kohteita manuaalista ihmisen tekemää työtä nopeammin.

Mondal ja Chen (2022) kertovat artikkelissaan, että täysin automatisoitujen toimintojen ja robotiikan käyttöönotto infrarakentamisessa on hidasta ja haastavaa, koska ala ja toiminnot ovat niin monimutkaisia. Siksi artikkelissa pidetäänkin todennäköisempänä sitä, että infrarakentamisen toiminnoista osa olisi tekoälyn avulla osittain automatisoituja, mutta pitäisi sisällään myös ihmisen tekemiä työvaiheita. Toimintojen täydellinen automatisointi tulee vaatimaan vielä lisää kehitystä ja tutkimusta, mutta tulee olemaan varmasti osa tulevaisuuden näkymiä. Mutta vaikka vain osa toiminnoista olisi tekoälyn avulla automatisoituja, nopeuttaisi se toimintojen suorittamista ja tehokkuutta. Dabous ja muut (2023) nostavat artikkelissaan esiin, että vaikka haasteita on, tekoälyn nopeampaa käyttöönottoa rakennusosalalla voisivat helpottaa yrityksen innovatiivinen tapa toimia, osaamiseen perustuva kehitys, strateginen lähestymistapa toimia sekä yhteistyöhön perustuva päätöksenteko.

5 Pohdinta

5.1 Johtopäätökset

Tätä opinnäytetyötä on mahdollista hyödyntää oppaana ja tiedonlähteenä silloin, kun tarkastellaan tekoälyä ja silloin, kun suunnitelmissa on ottaa se osaksi yrityksen toimintojen suunnittelua ja työskentelyä. Tekoälyssä on paljon potentiaalia, jota voisi hyödyntää infrarakentamisessa. Tekoälyn käyttömahdollisuudet ja siitä tehdyt tieteelliset tutkimukset kehittyvät koko ajan, mikä luo hyvät jatkokehitysmahdollisuudet ja kehittämismahdollisuudet opinnäytetyön sisällön täydentämiseen.

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli edistää tietämystä tekoälyn hyödyistä ja käyttömahdollisuuksista infra-alalla. Opinnäytetyön tehtävänä oli luoda kirjallisuuskatsauksen kautta tietopaketti tekoälyn mahdollisuuksista infra-alan yritykselle. Opinnäytetyössä pyrittiin löytämään vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin, joita olivat: Mitä tekoäly on ja millaista tietoa siitä on löydettävissä kirjallisuudesta, millaisia käyttömahdollisuuksia ja -kohteita tekoälyllä on rakentamisessa tällä hetkellä sekä kuinka tekoälyä voidaan hyödyntää infrarakentamisessa nyt ja tulevaisuudessa?

Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen ja kirjallisuuskatsauksen avulla saatiin opinnäytetyöhön luotua kokonaisuus, joka vastaa hyvin opinnäytetyölle asetettuja tavoitteita ja antaa vastauksia asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Opinnäytetyössä käytetyistä artikkeleista nousee hyvin esille se, että tekoälyllä on monia erilaisia mahdollisuuksia infrarakentamisessa, mutta siinä on myös omat haasteensa. Tekoälyä hyödynnetään jo monissa eri työvaiheissa ja muodoissa, mutta niissä on vielä paljon kehitettävää. Artikkeleista nousi hyvin esiin infra-alan monimutkainen rakenne ja sen vaikutus tekoälyn käyttöönottoon. Käyttöönotto voi artikkeleiden mukaan olla hidasta ja vaatia yrityksiltä paljon resursseja. Kuten edellisessä kappaleessa mainituista artikkeleista huomataan, tekoälyn käytöllä on monia mahdollisuuksia, mutta myös haasteita infrarakentamisessa nyt ja tulevaisuudessa. Artikkeleissa nousee esiin myös tarve innovatiivisille uusille ratkaisuille, mutta rakennusalalla uusien toimintatapojen kuten tekoälyn käyttöönotto voi olla hidasta ja haastavaa sekä alalla resursseja voi olla käytettävissä vähän. Artikkeleissa nousee esiin myös se, että tutkimusta tekoälyn käytöstä rakennusalalla ja infrarakentamisessa on vähän ja lisätutkimuksille olisi lisää tarvetta.

Savon Kuljetus Oy on yrityksenä osoittanut kiinnostusta innovatiivisiin ratkaisuihin, joten uskon, että tekoälyä voitaisiin hyödyntää yrityksessä monessakin eri tehtävässä. Tekoälyn hyödyntäminen ja käyttöönotto vaativat kuitenkin yritykseltä valmiutta suuriinkin muutoksiin.

Tekoälyn otto osaksi toimintaa vaatii yrityksiltä isoja muutoksia. Käyttöönotto vaatii yrityksiltä teknisten valmiuksien kehitystä ja mukautumista uusiin

teknologioihin. Käyttöönnotossa tulee huomioida yrityksen nykyisten prosessien yhteensopivuus uusien liiketoimintamallien kanssa ja se, kuinka ne vaikuttavat toisiinsa. (Valtioneuvoston hallintoyksikkö, 2019.) Kuitenkin yhteenvetona opinnäytetyöhön kerätyistä aineistoista voidaan huomata monien eri tekoälyä hyödyntävien toimintojen suuri mahdollisuus ja hyöty infrarakentamisessa nyt ja tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä käytetyissä artikkeleissa korostetaan kuitenkin tarvetta tulevaisuudessa aiheen jatkotutkimukselle ja kehitykselle infrarakentamisen ja alan monimutkaisuuden takia.

5.2 Mahdollisuudet toimeksiantajalle

Tätä opinnäytetyötä tehdessä olen oppinut paljon asioita tekoälystä ja tavoista, joilla se toimii. Tekoälyllä ja sen käyttämisellä osana työskentelyä, on tulevaisuudessa suuri rooli rakentamisessa, kuten myös monella muulla alalla. Näen tekoälyn tärkeässä avustavassa roolissa ja auttamassa automatisoimaan tehtäviä, jotka ovat aikaisemmin kuluttaneet yrityksiltä paljon resursseja. Jos resursseja saataisiin vapautettua tekoälyn avustuksella, voitaisiin niitä suunnata mielestäni paremmin muihin yrityksen tärkeisiin toimintoihin ja samalla kehittää yrityksen koko toimintaa paremmaksi.

Mielestäni Savon Kuljetus Oy voisi hyödyntää tekoälyä monella eri tavalla useassa eri työvaiheessa. Tämän opinnäytetyön teoreettista viitekehystä ja kirjallisuuskatsausta tarkasteltaessa esiin nousi myös monia erilaisia tapoja, miten tekoälyä voitaisiin hyödyntää infrarakentamisessa. Artikkeleiden mukaan tekoälyä voitaisiin hyödyntää infrarakentamisessa esimerkiksi parantamaan teknologioiden, järjestelmien, toimitusketjujen, rakennusprosessien ja menetelmien hallintaa sekä esimerkiksi suunnittelua, hankintaa, valmistusta.

Näen, että tätä näkökulmaa tekoälystä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi Savon Kuljetus Oy:n urakoiden tarjousvaiheessa, jossa tekoäly voisi verrata uuden tarjouksessa olevan työn dataa vanhoihin samankaltaisiin, jo valmistuneisiin töihin, ja näin ollen nopeuttaa työskentelyä. Lisäksi tekoälyä voitaisiin opettaa ennustamaan esimerkiksi töiden etenemistä koneoppimisen ja konenäön avulla. Tämä

helpottaisi työskentelyä Savon Kuljetuksen työmaalla ja auttaisi tarjousten tekemistä, kun samanlaisia, jo tehdyistä töistä saatua dataa, verrattaisiin tarjottavan urakan työsuunnitelmaan. Näin voitaisiin mielestäni myös ennustaa töihin käytettävää aikaa työmaan ja työn laajuuden mukaan sekä ennustaa materiaalikustannuksia ja tarvittavia resursseja.

Savon Kuljetus Oy voisi mielestäni hyödyntää tekoälyä myös esimerkiksi laatuasiakirjojen laatimisessa. Mikäli tekoälyllä olisi pääsy määritetyn urakan tietoihin ja siihen liittyviin tiedostoihin, voisi se urakan tietoja vertailemalla luoda uuteen urakkaan tarvittavat laatuasiakirjat. Vertailemalla uuden urakan tietoja, jo tehtyjen urakoiden tietoihin, voitaisiin tekoälyn avulla luoda uudet laatuasiakirjat perinteisiä tapoja helpommin ja nopeammin.

Tekoälyä voitaisiin mielestäni hyödyntää Savon Kuljetus Oy:ssä myös erilaisten listausten tekemisessä. Opinnäytetyön teoriassa nousi esiin tekoälyn kyky hakea tietoa eri listauksista ja näenkin, että tätä ideaa soveltaen tekoäly pystyisi esimerkiksi sille annetuista kemikaalilistauksista kasaamaan kattavan ja halutut tiedot sisältävän listauksen perinteisiä listauksia nopeammin ja paremmin. Tekoälyn kykyä hakea tietoa pystyttäisiin hyödyntämään myös hakemaan tietoa infrarakentamisessa käytetyistä eri lakiteksteistä ja säädöksistä, määräyksistä esimerkiksi yrityksen päätöksenteon tueksi.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen artikkeleissa esiin nousi tekoälyn hyödyntäminen osana yrityksen eri toimintojen hallintaa ja manuaalisesti tehtyjen töiden muuttamisessa nopeammaksi tekoälyn avulla. Tätä näkökulmaa hyödyntäen mielestäni Savon Kuljetus Oy voisi hyödyntää tekoälyä myös eri dokumenttien, kuten työmaapäiväkirjojen ylläpitämisessä ja laatimisessa. Tekoälyn kykyä ymmärtää sille puhuttua kieltä voisi mielestäni käyttää nopeaan työmaapäiväkirjan täyttämiseen ja muiden tietojen täyttämiseen oikeisiin dokumenttipohjiin. Tämä auttaisi työmaalla erityisesti silloin, kun aikaa kirjoittaa tärkeitä asioita ja merkintöjä on vähän.

Savon Kuljetus Oy:n työmaapäiväkirjassa voitaisiin hyödyntää tekoälyä mielestäni myös sääolosuhteita tarkkailevan datan muodossa. Tekoälyn avulla

pystyttäisiin keräämän päivän aikana vallinneet sääolosuhteet antureiden ja sääpalveluiden avulla sekä kirjaamaan niihin liittyvät tarvittavat merkinnät päiväkirjaan. Päiväkirjaan tulee myös kirjata työmaalla päivän aikana vierailleet ja työskennelleet henkilöt, joten näen, että tässäkin voitaisiin hyödyntää tekoälyä ja sen kykyä käsitellä dataa. Vierailijoista ja työntekijöistä kertovan datan tekoäly voisi hankkia esimerkiksi kulunvalvontajärjestelmästä ja siirtää siihen liittyvän datan suoraan päiväkirjaan. Samalla kulunseurantajärjestelmästä voisi seurata työntekijöiden tehtyjä työtunteja, joita hyödyntäen tekoäly voisi koota esimerkiksi Exceliin kattavaa taulukkoa tiedoista.

Opinnäytetyön teoriaa koneoppimisesta pohjana käyttäen näen, että tekoäly voisi auttaa myös yritystä kirjoittamaan ja lähettää sähköposteja. Sille voisi opettaa minne osoitteeseen viestit tulisi lähettää ja millaisella viestisisällöllä. Tätä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi työmaan materiaaleja tilatessa tai asioiden kysymisessä eri henkilöitä. Lisäksi esimerkiksi sähköisistä kuormakirjoista tekoäly voisi seurata ja taulukoida työmaalle tulleita ja poistuneita maamassoja tai saapuneita tilattuja tuotteita nopeuttaen eri toimintoja. Tekoäly voisi myös tarkkailla työmaalla olevien vuokrakoneiden määrää ja esimerkiksi sitä, milloin ne ovat saapuneet ja pitää näistä listaa ja auttaa työkalujen rekisteröinnissä.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen artikkeleista esiin nousi se, että tekoälyä voitaisiin hyödyntää infrarakentamisessa esimerkiksi kuvankäsittelyissä tai hyödyntää sitä esimerkiksi etsimään kuvista haluttuja tietoja. Näenkin siis, että artikkeleiden näkökulmia sekä koneoppimista hyödyntäen tekoälyn voisi kouluttaa hankkimaan materiaalitietoa piirustuksista tai 3D kuvista. Se voisi laskea annettujen tietojen ja piirustusten mukaan tarvittavia määriä eri materiaaleille. Tekoäly voisi myös verrata etenevää työtä sekä siihen liittyviä materiaaleja vanhoista töistä kerättyyn dataan ja ennustaa etenemää sekä materiaalien riittävyttä ja tarvittaessa tilata niitä lisää.

Lisäksi Savon Kuljetus Oy:n työmaalla otetuista kuvista tekoäly voisi mielestäni luoda työnseuranta karttaa, jossa se sijoittaisi sijaintitietojen ja aikaleimojen mukaan otetut kuvat kartalle pisteiksi, joista pystyisi seuramaan ja tarkastamaan tehtyjä työvaiheita. Näitä otettuja kuvia se voisi myös lajitteella suoraan

kansioihin sijaintitiedon ja päivämäärän mukaan tai sille annettujenohjeiden mukaisesti. Tekoälyn avulla olisi myös mielestäni mahdollista lähettää halutut kuvat ja tiedot esimerkiksi työmaan tietopankkiin. Tietopankin voisi koota työmaalla otetuista kuvista ja annetusta datasta 3D mallin ja verrata sitä annettuun 3D malliin. Tähän tekoäly voisi hyödyntää esimerkiksi koneiden paikkatietoa ja sensoreita.

Opinnäytetyön teoriaa ja artikkeleita pohjana käyttäen, tekoälyn voisi mielestäni myös opettaa tutkimaan 3D mallia. Mallista se voisi pystyä laskemaan esimerkiksi materiaalimenekkejä, massojen määriä, huomaamaan ongelmakohtia sekä kertomaan niistä ennakkoon. Kuvista ja mallista voisi tekoälyä hyödyntäen tunnistaa eri objekteja ja haluttuja tietoja ja tätä hyödyntämällä voitaisiin nopeuttaa tarvittavien materiaalien hankintaa tai ongelmatilanteissa selvittämään tarkentavia tietoja kuvista kysymällä tekoälyltä kysymyksiä. Mallien, koneiden paikkatietojen ja massoista saatujen tietojen perusteella tekoäly voisi ennustaa ja seurata töiden etenemistä ja päivittää tai ehdottaa muokkauksia aikatauluihin.

Artikkeleissa esiin nousivat myös IoT antureiden käytön mahdollisuudet osana infra-alaa. IoT avulla Savon Kuljetus voisi mahdollistaa tekoälyn omatoimisen tiedon keruun käytetyistä koneista ja niiden antureista. Kerättyä dataa voitaisiin käyttää työnseuraamiseen ja materiaalimenekin seuraamiseen. Mikäli työkooneissa olisi myös vaakoja tai mittalaitteita, joilla mitattaisiin siirretyn maa-aineksen määrää, voisi tekoäly kerätä näistä hyödyllistä dataa tehokkuuden ja etenemän seuraamiseksi.

Opinnäytetyötä kirjoittaessa ja eri aineistoihin tutustuesssa löysin mielestäni monia hyviä eri näkökulmia, hyötyjä ja käyttökohteita, jotka antavat vastauksia siihen, miksi Savon Kuljetus Oy:n olisi hyvä ottaa tekoäly osaksi toimintaansa. Kuten myös kirjallisuuskatsauksen artikkeleista huomasimme, tekoälyn käyttöönotossa infra-alalla on kuitenkin omat haasteensa. Haasteina tekoälyn käyttöönotossa Savon Kuljetuksella tulevat ensimmäiseksi vastaan yrityksen käytössä olevat resurssit. Vaikka tekoälyohjelmistot eivät itsessään ole kalliita, niiden sensorit, laitteistot, kuvaamislaitteistot vaativat osaavan henkilön käyttämään niitä ja monesti näiden henkilöiden kouluttaminen vie paljon aikaa ja resursseja yritykseltä.

Artikkeleissa esiin nousi myös infra-alan monimutkaisuus, mistä syystä tekoälyn käyttöönotto on hidasta ja haastavaa. Työmailla olosuhteet ovat vaihtelevia, joten mikäli tekoäly otettaisiin osaksi työskentelyä, jouduttaisiin osa töistä edelleen tekemään analogisesti tai ohjailemaan tekoälyä haluttuun suuntaan. Kun tekoäly otetaan käyttöön on yrityksen hyvä varautua siihen, että voi mennä pariin vuotta, ennen kuin saadaan tekoälystä kaikki sen mahdolliset hyödyt käyttöön ja selville.

5.3 Luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyön luotettavuutta on huomioitu kirjallisuuskatsauksen toteuttamisvaiheessa. Objektivisuus, itsekorjaavuus, kriittisyys ja julkisuus ovat kirjallisuuskatsauksen vaatimuksia, joita tässäkin opinnäytetyössä on noudatettu (Salmi-
nen 2011, 1). Luotettavuus on huomioitu myös siinä, että opinnäytetyöhön kerätty aineisto on monipuolista ja esimerkiksi suomenkielisen aineiston lisäksi on hyödynnetty paljon englannin kielistä aineistoa ja artikkeleita. Infrarakentamisesta ja siellä tekoälyn hyödyntämisestä on tehty tutkimuksia melko vähän, joten käytettäviä aineistoja saattoi olla hankalaa löytää. Tutkimalla aihetta lisää saataisiin tälle opinnäytetyöllekin lisää aineistoa tukemaan tekoälyn tarkastelua infrarakentamisessa ja tätä kautta lisättyä sen luotettavuutta.

Opinnäytetyöprosessissa on huomioitu myös yleiset opinnäytetyön eettiset kysymykset. Eettisyys on otettu huomioon lähteiden oikeiden merkitsemisen ja lisätaamisen kautta. Lisäksi opinnäytetyötä tehtäessä on huomioitu vuorovaikutus ja informaation jakaminen opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa ja huomioitu se, ettei opinnäytetyössä jaeta mitään salaista tai yritystä vahingoittavaa tietoa.

Tekoälyyn ja sen käyttöön liitetään usein myös eettisiä kysymyksiä, jotka olisi hyvä ottaa huomioon. Eettisyys tekoälyn käytössä liittyy vahvasti sen keräämään dataan ja sen käsittelyyn sekä käyttöön. Tekoälyn keräämän datan käsittelyä ohjaavat esimerkiksi EU:n linjaukset, jotka käsittelevät juuri tekoälyn eettisyyden linjauksia. Tekoäly on monella alalla todella uutta, joten sen eettiset näkökulmat voivat jäädä helposti huomaamatta. Mikäli tekoäly kerää dataa ihmisistä, tulisi sen keräämiseen olla aina ihmisten suostumus datan keräämisestä ja ymmärrys siitä, mihin kerättyä dataa käytetään. Eettisyys liittyy myös kerätyn datan säilyttämiseen ja esimerkiksi siihen, kuinka kauan sitä säilytetään. Tekoälyn käytössä tulisikin kiinnittää huomiota eettisyyteen ja varmistaa sen käytössä käytettävät eri tietosuojasetukset. (Pirinen 2019.)

Lähteet

- Abioye, S., Oyedele, L., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J., Bilal, M., Akinade, O. & Ahmed, A. 2021. Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Journal of Building Engineering*. 44:103299. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221011578?via%3Dihub>. 17.5.2024.
- Buczski. 2018. What's the difference between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning? <https://geoawesomeness.com/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning/>. 13.5.2024.
- CGI. 2017. Pienisanakirja tekoälystä. <https://www.cgi.com/fi/fi/blogi/pieni-sana-kirja-tekoalysta>. 28.4.2024.
- CGI. 2024. mitä on tekoäly? <https://www.cgi.com/fi/fi/mita-on-tekoaly>. 28.4.2024.
- Dabous, R., Zhu, Z., Alzraiee, H., Mantha, B. & Alsharqawi, M. 2023. Editorial: Automation and artificial intelligence in construction and management of civil infrastructure. *Front. Built Environ*. 9:1155240. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1155240>. 17.5.2024.
- Digi- ja väestötietovirasto. 2024. Rakennetun ympäristön pääsanasto. <https://sanastot.suomi.fi/terminology/95d5a174-01af-4825-bae2-fd5fcaed1774?page=14>. 9.5.2024.
- Euroopan parlamentti. 2023a. Mitä tekoäly on ja mihin sitä käytetään? <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20200827STO85804/mita-tekoaly-on-ja-mihin-sita-kaytetaan>. 13.4.2024.
- Euroopan parlamentti. 2023b. Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20200918STO87404/tekoaly-mahdollisuuksia-ja-uhkia>. 13.4.2024.
- Hatcher, J. 2016. Smart sensors at the forefront of building intelligence. *Smart buildings magazine*. <https://smartbuildingsmagazine.com/features/smart-sensors-at-the-forefront-of-building-intelligence>. 15.5.2024.
- Infra-nimikkeistötoimikunta. 2014. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje. Helsinki. https://ryl-cms.rakennustieto.fi/wp-content/uploads/2020/04/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf. 28.4.2024.
- Manzoor, B., Othman I., Durdyev, S., Ismail S. & Wahab MH. 2021. Influence of Artificial Intelligence in Civil Engineering toward Sustainable Development—A Systematic Literature Review. *Applied System Innovation*. 4(3):52. <https://doi.org/10.3390/asi4030052>. 12.5.2024.
- Mondal, T. & Chen, G. 2022. Artificial intelligence in civil infrastructure health monitoring—Historical perspectives, current trends, and future visions. *Front. Built Environ*. 8:1007886. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1007886>. 17.5.2024.
- Mouha, R. A. 2021. Internet of Things (IoT). <https://www.scirp.org/journal/paper-information?paperid=108574>. 16.5.2024.
- Nelson, D. 2024. Mikä on NLP (Natural Language Processing) <https://www.unite.ai/fi/mik%C3%A4-on-luonnollisen-kielenk%C3%A4sittely/>. 16.5.2024.

- Nippala, E & Laasonen, M. 2023. Data ja tekoäly rakennusalan käyttöön. Tampereen rakennusmestari. <https://www.try.fi/wp-content/uploads/2024/01/Tampereen-Rakennusmestariit-1-2024.pdf>. 12.5.2024.
- Nippala, E ja Vainio, T. 2013. Infrarakentamisen rakenne ja kehityksen ennakoit. https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/Infrarakentamisen_rakenne_ja_kehityksen_ennakointi_10-1-2013.pdf. 12.5.2024.
- Numminen, L. 2023. Mikä on neuroverkko ja kuinka se toimii? <https://www.finnishup.com/mika-on-neuroverkko/>. 16.5.2024.
- Pirinen, M. 2019. Eettinen tekoäly tarvitsee eettistä dataa. Sitra. <https://www.sitra.fi/blogit/eettinen-tekoaly-tarvitsee-eettista-dataa/>. 19.5.2024.
- Roima. 2023. <https://www.roimaint.com/fi/product/offering-by-product-ai-and-machine-vision/ai-and-machine-vision--ai-solution>. 28.4.2024.
- Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopisto: Vaasa. https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7961/isbn_978-952-476-349-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y 17.4.2024.
- SAP. 2024. Mitä on tekoäly? <https://www.sap.com/finland/products/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence.html>. 28.4.2024.
- SAP. 2024. Mitä on koneoppiminen? <https://www.sap.com/finland/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html>. 28.4.2024.
- Savon Kuljetus Oy. 2021a. Historia. <https://www.savonkuljetus.fi/yrittys/historia/>. 9.4.2024.
- Savon Kuljetus Oy. 2021b. Yhteystiedot. <https://www.savonkuljetus.fi/yrittys/yhteystiedot/>. 9.4.2024.
- Tekoälyaika. 2024. Mikä on tekoäly. <https://tekoalyaika.fi/mista-on-kyse/>. 12.5.2024.
- Tilastokeskus. 2024. Rakentaminen. <https://stat.fi/meta/kas/rakentaminen.html>. 25.4.2024.
- Tilastokeskus. 2008. Toimialaluokitus 2008 <https://stat.fi/fi/luokitukset/toimiala/?code=43&name=Erikoistunut%20rakennustoiminta> 8.5.2024.
- Valo, M. 2019. Robotit ja me. https://arkisto.acatiimi.fi/6_2019/5.php. 12.5.2024.
- Valtioneuvoston hallintoyksikkö. 2019. Edelläkävijänä tekoälyaikaan Tekoälyohjelman loppuraportti 2019. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161447/23_19_Tekoalyraportti.pdf?sequence=4). 13.5.2024.
- Valtionvarainministeriö. 2024. Tekoäly ja robotisaatio. <https://vm.fi/tekoaly-ja-robotisaatio>. 13.4.2024.
- Vartiainen, H., Tedre, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Valtonen, T & Toivonen, T. 2021. Tekoäly, koneoppiminen ja teknologinen murros: Kohti datatoimijuutta ja tulevaisuuden design-taitoja. Itä-Suomen yliopisto. <https://journal.fi/ainedidaktiikka/article/view/90776/66893>. 14.5.2024.
- Vähäkainu, P., Kariluoto, A & Neittaanmäki, P. 2019. Jyväskylä. Tekoäly ja rakennusten ennakoiva kunnossapito, Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/63570>. 14.5.2024.
- Väätäjä, H. 2023. Tekoäly ja robotiikka – arjen voimatekijät. Lumen – Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti. <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=85a95232-2b1b-49dc-8c9b-26d284b9fdaf>. 15.5.2024.