

## **TEKOÄLYN MAHDOLLISUUDET LVI-SUUNNITTELUSSA**

Jussi Heikkilä  
Opinnäytetyö (ylempi AMK)  
Kevät 2026  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma (ylempi AMK)

Tekijä: Jussi Heikkilä  
Opinnäytetyön otsikko: Tekoälyn mahdollisuudet LVI-suunnittelussa  
Työn ohjaaja: Tomi Jäävirta  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2026  
Sivumäärä: 47 + 4 liitettä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin tekoälyn soveltamismahdollisuuksia LVI-suunnittelussa, sekä tekoälymallien käyttöä työkaluna lähdetietojen hakemiseen sekä dokumenttien tuottamiseen. Työn tavoitteena oli selvittää, voiko tekoälyä ohjata tekstipohjaisesti siten, että se pystyy hakemaan lähdetietoa ja luomaan tai muokkaamaan tietomalleja ja suunnitteludokumentteja ilman erillistä käyttäjän syöttämää dataa.

Tutkimuksessa arvioitiin yleisimpien tekoälymallien käyttöä työkaluna, joka voisi parantaa suunnitteluprosessin tehokkuutta ja tarkkuutta. Keskityttiin siihen, voidaan tekoälyllä tehostaa suunnitteluprosessia ja parantaa dokumentaation laatua. Tehokkuuden parantamista tutkittiin siitä näkökulmasta, että miten tekoälymalleja voisi käyttää tiedon hakemiseen ja dokumenttien luomiseen. Laadun parantamista tutkittiin sillä ajatuksella, että voisiko tekoälymalleilla tarkastaa suunnitelmia.

Työn ensimmäisenä lopputuloksena esitettiin ChatGPT Enterprise version hankintaa yksittäisen suunnittelijan tekoälyavustajaksi. Lähtökohtaisesti Enterprise versio on siltä osin tietoturvallinen, ettei asiakas- ja yritystiedot vuoda tekoälymallin koulutusaineistoksi. Toisena lopputuloksena esitettiin oman palvelimen hankintaa tekoälyn lähdeaineistotiedostoja varten ja API-ohjelmistojen ja koodausien teetättämistä tekoälymallin lähdetietojen hakemisen ja ratkaisuiden tuottamisen mahdollistamiseksi. Kun nämä toimet on tehty, tekoälyn käyttöä LVI-suunnittelun apuna voidaan jatkokehittää.

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Building Services

Author: Jussi Heikkilä

Title of thesis: The Possibilities of Artificial Intelligence in HVAC Design

Term and year when the thesis was submitted: spring 2026

Number of pages: 47 + 4 appendices

This thesis investigates the applicability of artificial intelligence in HVAC design, as well as the use of AI models as tools for filling in and generating design documentation. The objective of the study was to determine whether artificial intelligence can be guided through text-based instructions in such a way that it is able to create or modify information models and design documents without separate user provided input data, relying solely on textual guidance. In addition, the future potential of artificial intelligence in HVAC design was examined.

The research evaluates the use of commonly applied AI models as tools that could improve the efficiency and accuracy of the design process. The focus was on whether artificial intelligence can be used to enhance design workflows and improve the quality of documentation. Efficiency improvements were examined from the perspective of how AI models could be used for information retrieval and document generation. Improvements in quality were explored by considering whether AI models could be used to review and check design plans.

As the first outcome of the study, the acquisition of the ChatGPT Enterprise version is proposed as an AI assistant for individual designers. Fundamentally, the Enterprise version is considered secure in terms of data protection, as customer and company information is not used as training data for the AI model. As a second outcome, the study proposes acquiring a dedicated local storage device for AI source material files, as well as commissioning API-based software and coding solutions to enable controlled data retrieval and solution generation by the AI model. In order to further study and develop the use of artificial intelligence as a tool in HVAC design, these proposed outcomes must first be implemented.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
SANASTO .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 TEKOÄLY .....	9
2.1 LLM .....	11
2.2 Diffuusiomallit .....	12
2.3 Konvoluutioneuroverkot .....	13
2.4 Vahvistusoppimismallit .....	14
3 LVI-SUUNNITTELU JA LVI-SUUNNITTELUN TEHOSTAMINEN .....	15
3.1 Dokumentoinnin automatisointi ja työselostukset .....	16
3.2 Määrälaskenta ja luettelot .....	17
3.3 Suunnitelmien tarkastus ja laadunvarmistus .....	17
3.4 Kustannusarviot .....	18
4 LVI-SUUNNITTELU JA TEKOÄLY .....	19
4.1 Tiedon hakeminen palvelimelta ja PDF detaljien tekeminen saadun tiedon perusteella .....	21
4.2 LVI-työselostuksen luonti .....	22
4.3 Ilmamäärälaskenta arkkitehdin kuvista .....	23
4.4 Suunnitelmien tarkastus .....	23
4.5 Vesikalusteluettelo, sähkölaiteluettelo .....	24
4.6 Urakkahinta .....	24
4.7 Suunnitteluavustus ja CAD-integraatiot .....	24
4.8 Tiedon ja lähdetietojen hakeminen tekoälymalleilla .....	30
5 TEKOÄLYN TESTAUSTA LVI-SUUNNITTELUN APUNA .....	31
5.1 Ammatillisten laskujen suoritus tekoälymallilla .....	31
5.2 Työselostuksen luonti tekoälyllä .....	35
5.3 Ilmanvaihdon periaatekaavion luominen ChatGPT:llä .....	36
5.4 Valmistuskeittiön normivirtaamien summien laskettaminen .....	38
5.5 Lämpöhäviölaskelmat ChatGPT:llä .....	40

6 POHDINTA.....	41
LÄHTEET .....	43
LIITTEET.....	47

## SANASTO

AI	Artificial Intelligence. Tekoäly.
API	Application Programming Interface. Rajapinta, jonka avulla eri ohjelmistot voivat keskustella keskenään ja vaihtaa tietoa.
LLM	Large Language Model. Laaja kielimalli, joka on tekoälyjärjestelmä ja on opetettu käsittelemään ja tuottamaan luonnollista kieltä suurten tekstiaineistojen perusteella.
OCR	Optical Character Recognition. Teknologia, joka muuttaa PDF-kuvasta tai skannatusta piirustuksesta löytyvän tekstin koneellisesti luettavaan muotoon, jotta tekoälymalli voi analysoida sitä taulukkoina, tunnisteina, mittoina ja muina teknisinä merkintöinä.
JSON	JavaScript Object Notation. Tekstimuotoinen tietorakennemaatti, jota väliohjelmat käyttävät siirtämään tunnistettuja oleellisia tietoja PDF tiedostosta tekoälylle. Esimerkiksi suunnittelutietoa, kuten putken halkaisija.
GPU	Graphics Processing Unit. Erikoistunut mikropiiri, joka soveltuu rinnakkaislaskentaan. Se sopii erinomaisesti visuaaliseen ja matemaattiseen datankäsittelyyn. Tehokas monimutkaisissa tehtävissä, kuten koneoppimisessa.
NPU	Neural Processing Unit. erikoisprosessori, joka on suunniteltu nimenomaan tekoälyn (AI) ja koneoppimisen tehtävien nopeuttamiseen.

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Insinööri Studio Oy. Insinööri Studio Oy on vuonna 1990 perustettu yli 40 asiantuntijan LVIA-, sähkö-, rakennus-, rakenne- ja arkkitehtisuunnittelutoimisto, jonka palveluihin kuuluvat myös kattavat rakentamisen ja sisäilmaston palvelut sekä rakennuttamisen ja valvonnan palvelut. Yrityksen päätoimipaikka sijaitsee Kotkassa, ja sivutoimipisteet ovat Kouvolassa, Lappeenrannassa, Lahdessa ja Vantaalla. Insinööri Studio Oy panostaa tuotekehitykseen ja laatuun. (Insinööri Studio s.a.)

LVIA-suunnittelutyö koostuu sekä varsinaisesta teknisestä suunnittelusta että työn dokumentaatiosta. Suunnittelutyössä hyödynnetään erilaisia suunnittelu- ja mallinnusohjelmia, joiden avulla järjestelmät mitoitetaan, sovitetaan rakennuksen rakenteisiin ja yhtensovitetään muiden suunnittelualojen kanssa. Tämä osa työstä on asiantuntijavetoista ja edellyttää ymmärrystä määräyksistä, laskenta-periaatteista ja rakennuksen vaatimuksista. Ratkaisut kehittyvät hankkeen edessä, ja suunnittelija joutuu tarkentamaan ja arvioimaan tekemiään valintoja muuttuvien lähtötietojen pohjalta.

Varsinaisen suunnittelutyön rinnalla LVIA-suunnitteluun kuuluu dokumentaatiota, kuten selostus, luetteloita ja pohjapiirustukset. Dokumentaatiolla varmistetaan ratkaisujen ymmärrettävyys, jäljitettävyys ja määräystenmukaisuus, mutta se on usein aikaa vievää ja toistuvaa työtä. Tämä suunnittelutyön ja dokumentaation välinen kokonaisuus muodostaa LVIA-suunnittelun tehtäviä, jossa tehokas tiedonhallinta ja työkalujen hyödyntäminen ovat keskeisessä roolissa ja luovat perustan uusien teknologioiden, kuten tekoälyn, tarkastelulle osana suunnitteluprosessia.

Tekoälyn käyttö on yleistynyt ja 23 % suomalaisista käytti generatiivista tekoälypalvelua vuonna 2024 (Tilastokeskus 2024). On nähtävissä, että tulevaisuudessa LVIA-suunnittelua tullaan tekemään yhä enemmän tekoälyavusteisesti. Tekniikka mahdollistaa ennemmin tai myöhemmin tilanteen, jossa tekstillä annettujen ohjeiden perusteella voidaan tuottaa tekoälyn avulla LVI-suunnitelmia tietomalleineen. Rajoittavana tekijänä tälle tilanteelle on se, ovatko

ohjelmistovalmistajat nähneet tämän tällä hetkellä kannattavaksi. Tekoälyn käyttöönotto suunnittelutoimistossa vaatii myös osaamisresursseja. Kokonaisten IFC-tietomallien tuottaminen ei teknisesti liene mahdotonta mutta vaatii merkittäviä resursseja, jotta suunnitteluohjelmisto voidaan kytkeä täydellä kapasiteetilla toimimaan tekoälyohjauksella. Resursseina vaaditaan aika- ja rahallista panostusta, korkeatasoista osaamista, sekä suurta laskentatehoa (Changyu 2024).

## 2 TEKOÄLY

Tekoälyksi voidaan määritellä koneen kyky käsitellä kognitiivisia toimintoja kuin ihminen (Collins, Dennehy, Conboy & Mikalef 2021, 7). Generatiivisen tekoälyn voidaan taas ajatella olevan tekoälyä, joka luo uutta tietoa (García-Peñalvo & Vázquez-Ingelmo 2023, 1).

Tekoälyn tutkimus alkoi virallisesti 1950-luvulla, kun tutkijat alkoivat pohtia koneiden kykyä jäljitellä ihmisen älykkyyttä. Alan Turing esitti jo vuonna 1950 kysymyksen ”Voiko kone ajatella?” ja loi perustan älykkyyden mittaamiselle Turing-testillä. Tämä filosofinen ja matemaattinen pohdinta loi sillan tietojenkäsittelytieteen ja tekoälytutkimuksen välille. Turingin ja muiden varhaisten pioneerien työ loi pohjan sille, että ihmiset alkoivat kehittää ohjelmia, jotka pystyivät ratkaisemaan loogisia ongelmia. (AI-opas s.a.a)

Toisin kuin ihminen tekoäly ei tunnista erehdystään, ja silloin puhutaan hallusinaatiosta. Tekoälyn hallusinointi tarkoittaa tilannetta, jossa kielimalli tuottaa näennäisesti uskottavaa mutta virheellistä tai täysin keksittyä tietoa. Ilmiö johtuu muun muassa puutteellisesta tai vinoutuneesta koulutusdatasta sekä epäselvistä tai ristiriitaisista kehotteista. Hallusinoinnilla voi olla vakavia seurauksia erityisesti aloilla, joissa tiedon oikeellisuus on kriittistä, kuten terveydenhuollossa tai teknisessä suunnittelussa. (AI-opas s.a.b.)

Hallusinointia voidaan vähentää sekä teknisin että käytännön keinoin. Selkeät, rajatut ja hyvin kontekstoidut kehotteet auttavat tekoälyä ymmärtämään tehtävän oikein. Lisäksi käyttäjän on hyvä määrittää tekoälylle rooli ja tarkoitus sekä jakaa monimutkaiset kysymykset pienempiin osiin. Lopulta vastuu tekoälyn tuottaman sisällön oikeellisuudesta on aina ihmisellä, ja tulokset on tarkistettava ennen niiden käyttöä tai levittämistä. (AI-opas s.a.b.)

Nykyisin on käytössä useita eri tekoälymalleja. Tekoälymalli on ohjelmallinen rakenne, joka on opetettu algoritmien (sääntöjoukkojen) avulla esimerkiksi tunnistamaan kuvia, tai ymmärtämään tekstiä, tai tekemään ennusteita. Malli muodostetaan niin että algoritmi käy läpi suuren määrän esimerkkitietoa ja oppii löytämään

yhteyksiä. (AI-opas 2024.) Eri tekoälymalleille voidaan tehdä tekoälyagentteja. Tekoälyagentilla tarkoitetaan järjestelmää, joka kykenee itsenäisesti suunnittelemaan ja toteuttamaan useista vaiheista koostuvia tehtäviä hyödyntäen erilaisia työkaluja ja reagoiden muuttuvaan kontekstiin. (OpenAI 2025.)

Joitakin eri tekoälymalleja, joista voisi nähdä hyötyä LVI-suunnittelussa.:

- LLM on suuri kielimalli, jollainen on esimerkiksi ChatGPT (Brik 2023).
- Diffuusiomalleja käytetään kuvien tuottamiseen. Tällainen on esimerkiksi DALL-E (Chen, Xiang, Hu, Ye, Yu, Cheng & Zhang 2025).
- Konvoluutioneuroverkoja käytetään kuvien tunnistamiseen. (Taye 2023).
- Vahvistusoppimismallit kuuluvat autonomisiin järjestelmiin, jotka oppivat vahvistuksesta.

Konkreettisesti tekoälyn muisti ja laskentateho toteutetaan datakeskuksissa olevien laitteiden avulla. Vuodesta 2024 vuoden 2025 ensimmäiseen kvartaaliin Nvidiaalla oli 92 prosentin markkinaosuus datakeskuksien palvelinten tekoälylaskentaan liittyvien GPU laitteiden markkinasegmentistä (MDPI 2025). GPU laitteita käytetään nimenomaan datakeskuksissa hoitamaan tekoälymallien laskentaa. Saattaa myös olla, että tulevaisuudessa käytetään NPU laitteita, jotka ovat energiatehokas ja lupaava vaihtoehto (MDPI 2025).

AI-datakeskus varustetaan tuhansilla GPU-kiihdyttimillä tai muilla AI-suorittimilla, jotka vaativat runsaasti sähköä ja jäähdytystä. GPU-laskenta on tehokasta siksi, että se pystyy suorittamaan rinnakkain miljoonia matriisien kertolaskuja, joita koneoppimismallit tarvitsevat opetukseen.

Datakeskuksen GPU-rivit ovat fyysisesti lähellä toisiaan, jotta ne voivat jakaa dataa nopeasti korkeanopeuksisilla väylillä. AI-koneet voivat kuluttaa useita kertoja enemmän sähköä per räkki kuin normaali palvelinrivi, koska GPU-piirit kuluttavat enemmän kuin CPU.

Tekoälymallin painotiedostot (parametrit) vaativat myös suurta tallennustilaa ja muistin siirtonopeutta, joten ne säilytetään SSD:llä tai NVMe-asevilla

datakeskuksen runkoväylässä ja latautuvat tarvittaessa GPU-muistiin hyödyntäen nopeaa I/O-kaistaa.

## 2.1 LLM

Esimerkiksi OpenAI:n ChatGPT toimii suurella kielimallilla LLM, joka on koulutettu valtavalla tekstidatamäärällä, ja ChatGPT kykenee monipuolisiin kielellisiin tehtäviin ja tekstintuottoon (Brik 2023.). LLM malli on generatiivisen tekoälyn malli.

Suuret kielimallit (LLM) on koulutettu ennustamaan seuraavaa sanaa laajoissa tekstiaineistoissa, mikä antaa niille kyvyn ymmärtää kontekstia ja tuottaa ihmismäistä tekstiä. Ne perustuvat syväoppimiseen, jonka avulla malli huomioi koko syötteen merkityksiä eikä vain yksittäisiä sanoja irrallaan. Tästä seuraa parempi kieli- ja asiayhteyksien ymmärrys. Kielimallin tehtävä on siis generoida ihmismäistä sujuvaa tekstiä sille annetun kehoitteen (prompt) perusteella. (Rakennusteollisuus 2024.)

LLM:t eivät ainoastaan tuota tekstiä, vaan ne voivat myös ymmärtää kontekstia ja merkityksiä monimutkaisissa tehtävissä, kuten kysymys-vastaus-järjestelmissä ja tekstin tiivistämisessä. Mallien kyky oppia malleja kielestä ilman erillistä ohjelmointia tekee niistä joustavia erilaisiin sovelluksiin. Kuitenkin niiden toiminta perustuu tilastollisiin ennusteisiin, mikä voi johtaa virheellisiin tai epä johdonmukaisiin vastauksiin. (Britannica 2025.)

LLM:t hyödyntävät neuroverkkoja, erityisesti transformer-mallia, oppiakseen kielien rakenteita ja merkityksiä suurista tekstiaineistoista. Mallit voivat ennustaa sanoja ja lauseita, suorittaa tekstin analysointia ja luoda sisältöä ihmismäisesti. LLM mallien tehokkuus perustuu suureen parametritiheyteen ja laajaan koulutusdataan, mikä mahdollistaa monipuoliset sovellukset kieliteknologiassa ja tekoälyavusteisessa sisällöntuotannossa. (Britannica 2025.)

Suuret kielimallit voidaan nähdä myös kognitiivisina käyttöliittyminä, ei pelkästään tiedon tuottajina. Ne eivät vain vastaa kysymyksiin, vaan muokkaavat tapaa, jolla ihminen jäsentää ongelmia ja ajattelee ratkaisuja. Kun käyttäjä kirjoittaa

kehotteen, hän samalla ulkoistaa ajatteluaan mallille, joka palauttaa sen uudelleen muotoiltuna. Tämä voi johtaa siihen, että LLM toimii ajattelun “peilinä”, joka vahvistaa käyttäjän oletuksia tai ohjaa ajattelua huomaamatta tiettyyn suuntaan.

Lisäksi LLM-mallien vaikutus ei rajoitu yksittäisiin vastauksiin, vaan ne alkavat muuttaa tiedon luonnetta prosessina. Kun tekstiä voidaan generoida nopeasti ja rajattomasti, tiedon arvo siirtyy sisällön tuottamisesta sen arviointiin ja yhdistämiseen. Tällöin kriittinen lukutaito, kysymysten asettelu ja tavoitteiden määrittely nousevat keskeisemmiksi taidoiksi kuin itse tiedon kirjoittaminen. LLM ei siis korvaa asiantuntijaa, vaan muuttaa asiantuntijuuden painopistettä.

GPT-5 (Generative Pre-trained Transformer 5) on OpenAI:n kehittämä edistyneellinen LLM tekoälymalli, joka julkaistiin elokuussa 2025. Se edustaa uutta “yhtenäistettyä järjestelmää”, jossa eri alijärjestelmät (nopea malli, syvälinen päätelymalli ja reaaliaikainen reititin) valitsevat automaattisesti sopivan tavan vastata kysymykseen. GPT-5 parantaa edeltäjiinsä nähden mm. päättelykykyä, kirjoitus- ja koodauslaatua, ymmärrystä ja vastauksien turvallisuutta. Sitä käytetään tekstin, koodin ja ongelmien ratkaisuun. Aiempia malleja on OpenAI o3, ja GPT-4o. (OpenAI 2025.)

## 2.2 Diffuusiomallit

LLM-periaatteista poiketen diffuusio tekoälymallit kuten OpenAI:n DALL-E perustuvat generatiiviseen prosessiin, jossa malli oppii luomaan uusia kuvia tekoälyn opettelemasta datasta. Diffuusio-mallit lisäävät harjoitteluvaiheessa kohteisiin satunnaista kohinaa ja opettavat verkon sitten poistamaan sen askel kerrallaan. Kun malli on opetettu, se voi aloittaa satunnaisesta kohinasta ja vähitellen poistaa kohinan, kunnes syntyy uusi, kuvaa vastaava visuaalinen sisältö tekstikehotteen perusteella. Nämä mallit ovat keskeisessä roolissa nykyaikaisessa tekstistä kuvaan generoinnissa. (Wikipedia 2025.)

Diffuusio-mallit kuten DALL-E hyödyntävät korkean ulottuvuuden tiloja kuvan sisällön oppimisessa, mikä mahdollistaa yksityiskohtaisten ja monimuotoisten kuvien luomisen. Malli voi yhdistää erilaisia visuaalisia elementtejä tekstipohjaisten ohjeiden perusteella, ja sen kohinanpoistoprosessi varmistaa kuvan

realistisuuden ja yhtenäisyyden. Näitä malleja käytetään laajasti taiteen, designin ja viihteen luomisessa, sekä tutkimuksessa, jossa halutaan ymmärtää generatiivisten mallien kykyjä. (Wikipedia 2025.)

Yksi havainto diffuusiomalleista on se, että ne ovat nousseet generatiivisen mallinnuksen kärkeen monilla alueilla ja niillä on laajat sovellukset kuvan, äänen ja tekstin luomisessa sekä jopa molekyyli-suunnittelussa. Diffuusiomallit tuottavat realistisia ja monipuolisia näytteitä verrattuna aiempiin menetelmiin. (Springer Nature 2025 a.)

### **2.3 Konvoluutioneuroverkot**

Konvoluutioneuroverkoja (CNN) voidaan käyttää tietokoneen opettamiseen ”näkemään”, eli suorittamaan kuvien tunnistamista. CNN-verkot ovat ei-generatiivisia malleja, jotka luokittelevat, arvioivat tai tekevät päätöksiä annettujen syötteiden perusteella. (Taye 2023). Konvoluutioneuroverkoja voisi käyttää pohjapiirustuksien tulkintaan tai valokuvien tulkintaan LVI-suunnittelussa.

Konvoluutioneuroverkot ovat syväoppimisen neuroverkoja, jotka on suunniteltu automaattisesti oppimaan hierarkkisia piirteitä kuten kuviomuotoja useiden kerroksien avulla. CNN-mallit koostuvat tyypillisesti konvoluutio-, pooling- ja täysin yhdistetyistä kerroksista, ja ne ovat vallitsevia erityisesti kuvantunnistustehtävissä tietokonenäössä ja lääketieteellisessä kuvantamisessa. Tämä arkkitehtuuri mahdollistaa tehokkaan ja adaptiivisen piirteiden oppimisen ilman käsin tehtyä esikäsitteilyä. (Pudmed 2018.)

Konvoluutioneuroverkot näyttäytyvät tekoälynä, joka osaa ”katsoa” kuvia ja tehdä niistä johtopäätöksiä ilman, että käyttäjän tarvitsee määritellä yksityiskohtaisia sääntöjä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjä voi syöttää järjestelmälle kuvan, esimerkiksi teknisen piirustuksen tai valokuvan, ja tekoäly tunnistaa siitä rakenteita, symboleja tai poikkeamia. Malli ei kuitenkaan luo uutta sisältöä, vaan analysoi ja luokittelee olemassa olevaa aineistoa.

## 2.4 Vahvistusoppimismallit

Vahvistusoppimismalli (Reinforcement learning) on ei-generatiivinen malli. Vahvistusoppiminen on koneoppimisen osa-alue, jossa tekoälyagentti oppii tekemään päätöksiä vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa maksimoidakseen saadun palkkion. Se eroaa ohjatusta oppimisesta siten, että agentti ei saa valmiita vastauksia, vaan oppii kokeilemalla ja palautteen perusteella löytämään optimaalisen toimintapolitiikan. Vahvistusoppimista käytetään esimerkiksi peleissä, robotiikassa ja adaptiivisissa järjestelmissä. (Springer Nature 2025 b.).

Vahvistusoppimista sovelletaan myös opetuksessa, missä se mahdollistaa oppimateriaaleihin ja palautejärjestelmiin sopeutuvan, yksilöllisen oppimiskokemuksen. Agentti oppii optimoimaan opetuksen järjestystä ja vaikeustasoa kokeilemalla eri strategioita ja maksimoimalla oppimiseen liittyvää palkkiota. Tutkimukset osoittavat, että vahvistusoppimismalli voi parantaa oppimistuloksia ja lisätä opiskelijoiden sitoutumista, mutta laajempi käytännön soveltaminen vaatii lisää tutkimusta ja kokeiluja oikeiden käyttäjien kanssa. (Springer Nature 2025 b.).

Vahvistusoppiminen tarjoaa tehokkaan kehyksen päätöksenteon automatisointiin dynaamisissa ympäristöissä, joissa perinteiset sääntöpohjaiset menetelmät eivät riitä. Malli oppii jatkuvasti kokemuksesta ja pystyy sopeutumaan muuttuviin olosuhteisiin, mikä tekee siitä hyödyllisen esimerkiksi robotiikassa, simulaatioissa ja monimutkaisissa järjestelmissä. Lisäksi tutkimukset korostavat, että oikean palkkiorakenteen määrittely on keskeistä onnistuneen oppimisen kannalta. (Springer Nature 2025 b.). Teoriassa vahvistusoppimista voisi käyttää vertailemaan eri lämmitysjärjestelmien ja säätöperiaatteiden yhdistelmiä simuloidussa rakennuksessa. Malli kokeilee eri vaihtoehtoja ja oppii, mitkä ratkaisut tuottavat alhaisen energiankulutuksen ilman että sisäolosuhteet heikkenevät. Näin suunnittelija saa nopeasti näkyviin, mitkä toimintamallit yleensä toimivat ja mitkä eivät.

### 3 LVI-SUUNNITTELU JA LVI-SUUNNITTELUN TEHOSTAMINEN

LVI-suunnittelu kattaa rakennuksen lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien suunnittelun, joiden tehtävänä on ylläpitää miellyttävää, terveellistä, asetusten mukaista ja energiatehokasta sisäilmastoympäristöä. Ilman kunnollista LVI-suunnittelua rakennuksen käyttökustannukset voivat nousta, sisäilman laatu heiketä ja viranomaisvaatimukset jäädä täyttymättä. Yleisesti myös rakennusautomaatiosuunnittelu kuuluu LVI-suunnittelutoimiston tehtäviin. Silloin voidaan puhua myös LVIA-suunnittelusta.

LVI-suunnittelussa hyödynnetään erikoistuneita ohjelmistoja, jotka helpottavat suunnittelua, laskentaa ja dokumentaatiota. Tavallisia suunnittelutyökaluja ovat CAD-ohjelmat ja BIM-ympäristöt, joissa järjestelmät kuten kanavat, putket ja laitteet mallinnetaan digitaalisesti. Esimerkiksi Revit on laajalti käytetty BIM-ohjelmisto, joka mahdollistaa kolmiulotteisen LVI-mallinnuksen ja tiedon jakamisen eri osapuolten välillä. Tällaiset ohjelmistot automatisoivat monia tehtäviä, kuten laskelmia ja mitoituksia, mikä lisää suunnittelun tarkkuutta ja tehokkuutta verrattuna manuaalisiin työtappoihin.

LVI-suunnitteluprosessi etenee useiden vaiheiden kautta, joiden tarkoituksena on varmistaa järjestelmien toimivuus, energiatehokkuus ja sisäilmaston laatu koko rakennuksen elinkaaren ajan. Prosessi alkaa tarveselvityksellä, jossa selvitetään rakennuksen käyttötarkoitus, tilatarpeet ja viranomaisvaatimukset. Seuraavaksi tehdään luonnossuunnittelu, jossa hahmotellaan järjestelmien pääperiaatteet, kuten ilmanvaihdon reitit ja laiteilojen sijainnit. Esimerkiksi ilmanvaihtoratkaisuja ja lämmitystaparakaisuja voidaan vielä vertailla projektin mukaan tässä vaiheessa.

Kun periaatteet on hyväksytty, siirrytään toteutus suunnitteluun, jossa ratkaisut tarkentuvat yksityiskohtaisiksi piirustuksiksi, mitoituksiksi ja työselostuksiksi. Sitteen suunnitelmat toimitetaan rakentamista varten. Lopuksi urakoitsija toimittaa tarkepiirustukset, johon on merkitty ratkaisut, jotka poikkeavat suunnitelmista. Suunnittelija päivittää nämä muutokset suunnitelmiin, ja suunnitelmista tehdään luovutuspiirustukset. Projektin valmistuttua suunnitelmia käytetään rakennuksen

käyttöön otossa, ylläpidossa sekä mahdollisissa muutostöissä. Prosessi sisältää myös jatkuvaa koordinoitua muiden alojen suunnittelijoiden sekä projektin eri tahojen kanssa, jotta suunnitelmat ovat teknisesti yhtenäisiä ja toimivia.

Jotkin rakennuttajat käyttävät lisäksi omia, tarkennettuja suunnitteluvaiheistuksiaan, joissa prosessin eri vaiheet ja tarkkuusasteet on nimetty yrityksen sisäisesti. Näiden vaiheistusten tarkoituksena on selkeyttää päätöksentekoa, hallita riskejä ja varmistaa, että suunnitteluratkaisut tarkentuvat hallitusti koko prosessin aikana. Yleisesti ottaen myös projekteja on hyvin erilaisia, kaikki eivät etene minäkään tietyn mallin mukaan.

LVI-suunnittelussa osa työstä koostuu tiedonhausta ja suunnittelupäätösten tekemisestä, mikä tekee tiedon oikeellisuudesta tärkeää. Päätökset perustuvat sekä tekniseen tietoon että aiempien projektien kokemuksiin, mutta tiedon etsiminen voi viedä aikaa. Prosessia voisi tehostaa tarjoamalla suunnittelijalle keskitetty tietolähde, joka yhdistää ajankohtaisen verkkotiedon ja aiempien suunnitelmien käytännön havainnot. Tämä nopeuttaisi päätöksentekoa, vähentäisi virheriskiä ja parantaisi työn laatua. Seuraavaksi tarkastellaan, mitkä LVI-suunnittelun vaiheet hyötyisivät tällaisesta tehostamisesta.

### **3.1 Dokumentoinnin automatisointi ja työselostukset**

LVI-suunnittelussa tehdään tekstipohjaista dokumentaatiota, kuten työselostuksia ja hankekohtaisia selvityksiä. Tekoälyä (LLM) voidaan hyödyntää:

- LVI-työselostusten tekemiseen TalotekniikkaRYL-rakenteen mukaisesti.
- Hankekohtaisten tekstien muokkaamiseen valmiista pohjista.
- Piirustusten ja muun aineiston pohjalta laadittavien selostusten tai raporttien kokoamiseen.

Kun mallille annetaan yrityksen omia mallipohjia ja ohjeita, se voi tuottaa rakenteellisesti oikean muotoisen luonnoksen, jota suunnittelija voi tarkentaa. Tämä voi vähentää rutiinomaista kirjoitustyötä ja vapauttaa aikaa tekniseen suunnitteluun. Vastuu sisällön oikeellisuudesta säilyy kuitenkin aina suunnittelijalla.

Tekoäly ei ole kuitenkaan automaattisesti paras ratkaisu tällaisten pohjien täyttämiseen, vaan tekoälyn avulla luotu ohjelmapätkä voi olla parempi ratkaisu pohjien täyttämiseen.

Tekoälyn hyödyntäminen yksinkertaisten periaatepiirustusten tekemiseen voi myös olla mahdollista esimerkiksi PDF tulosteina tai jonkinlaisena DWG piirtämisenä tekstiohjauksella väliohjelman avulla, joka muodostaa yhteyden tekoälymallin ja DWG piirto ohjelman välille. Teoriassa tekoälymalli voi hakea lähdetietoja ja tehdä omia johtopäätöksiään lähdetiedoista. Lähdetiedot voivat olla yrityksen palvelimella, jos tekoälymalli yhdistetään luodulla API-ohjelmalla tuohon yrityksen levyille.

### **3.2 Määrälaskenta ja luettelot**

Integraatioiden avulla tekoäly (LLM) voi osallistua määrätietojen poimintaan PDF-aineistosta. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi:

- vesikaluste- ja sähkölaiteluetteloiden kokoamista
- ilmanvaihtokoneiden ja kanavakomponenttien määrien poimintaa, josta voidaan johtaa esimerkiksi hiilijalanjälkilaskenta ilmanvaihtojärjestelmälle, jos MagiCAD projektia ei ole saatavilla, eikä saada tehtyä määrälaskentaa Bill of materials toiminnon kautta.

Tämä edellyttää API-pohjaista taustajärjestelmää, jossa PDF-tiedostot luetaan, tarvittaessa OCR-tulkitaan ja välitetään tekoälymallille jäsenetyssä muodossa tai suoraan PDF-tiedostoina. Ilman tällaista integraatiota yleisimmät kielimallit eivät pysty itsenäisesti hakemaan aineistoa yrityksen palvelimelta tietoturvasyistä. Tekninen toteutus on siten keskeinen osa sovellettavuutta.

### **3.3 Suunnitelmien tarkastus ja laadunvarmistus**

Tekoälymalleilla voidaan periaatteessa toteuttaa automaattisia tarkastusprosesseja. Tällaisia voisivat olla:

- Tarkastuslistojen läpikäynti PDF-suunnitelmista.

- Tiettyjen komponenttien, kuten puhdistusluukkujen, tunnistaminen piirustuksista.
- Vaatimustenmukaisuuden vertailu ohjeistuksiin.

Tällainen käyttö edellyttää selkeästi määriteltyä tarkastuslogiikkaa ja yrityksen omia ohjeita. Tekoäly voi toimia esiseulontatyökaluna, joka nostaa esiin mahdollisia puutteita, mutta lopullinen hyväksyntä kuuluu suunnittelijalle.

### **3.4 Kustannusarviot**

Tekoäly pystyy suorittamaan suuntaa antavia kustannusvertailuja annettujen lähtötietojen perusteella järjestelmästä tai projektista, mutta tulosten luotettavuus riippuu voimakkaasti lähtötietojen tarkkuudesta. Ilman täsmällisiä lähtöarvoja tulokset voivat vaihdella. Luotettavimmillaan järjestelmä toimii, kun se kytketään yrityksen omiin kustannustietokantoihin ja laskentalogiikkaan. Tällöin kielimalli ei "arvaa" arvoja, vaan käyttää ennalta määriteltyjä parametreja.

## 4 LVI-SUUNNITTELU JA TEKOÄLY

Tässä luvussa tarkastellaan millaisia teknisiä sekä organisatorisia vaatimuksia tekoälyn mahdollisuuksien käyttöönotto LVI-suunnittelussa edellyttää. Kielimallien noudattamien tietoturvasääntöjen vuoksi monessa tapauksessa tekoälyn hyödyntäminen LVI-suunnittelussa vaatii integraation yrityksen sisäisiin tietolähteisiin erillisellä ohjelmalla, joka yrityksen täytyy itse teettää. Sama voi koskea dokumenttien tuottamista. Yleiset kielimallit kuten ChatGPT ja Copilot voidaan myös kytkeä erilaisten yleisten pilvipalveluiden kautta käsittelemään jaettua lähteaineistoa. Kun halutaan hyödyntää tekoälyä LVI-suunnittelun apuna joissain tapauksissa riittää, että käytetään pelkkää kielimallia tai sen kaupallista versiota ja opetetaan se keskustelujen muistin kautta täyttämään asiakirjoja halutulla tavalla.

Tekoälymallit voisivat täydentää LVI-suunnitteluprosessia tarjoamalla automatisoituja ratkaisuja ja analytiikkaa: ne voisivat esimerkiksi tukea suunnitelmien luontia, tarkistusta ja vaihtoehtojen vertailua, sekä auttaa hallitsemaan suuria tietomääriä. Tekoälymallit voisivat käsitellä suunnitteludokumentteja, tuottaa laskelmia tai ehdottaa optimointeja annettujen vaatimusten perusteella. Näin tekoäly toimisi suunnittelijan tukena, vähentäen manuaalista työtä ja parantaen prosessin tehokkuutta ja laatua.

LVI-alalla tekoälylle on käyttöä laajasti myös suunnittelun ulkopuolella, erityisesti rakennusten käytön ja ylläpidon aikana. Tässä työssä keskitytään suunnitteluun. Suunnittelijoillekin voi kuitenkin olla hyvä tietää, että tekoälyä voidaan hyödyntää kiinteistöautomaatiossa ennakoivaan huoltoon. Tällöin järjestelmä tunnistaa poikkeavia lämpötila-, paine- tai energiankulutusarvoja. Se voi myös ennustaa laitevikojen syntymistä ennen varsinaista rikkoutumista. Perinteisessä kiinteistöautomaatiossa ilmanvaihtoa, lämmitystä ja jäähdytystä ohjataan jo nyt erilaisten mittausten ja ennalta määriteltujen sääntöjen perusteella. Esimerkiksi lämpötilantureiden, kellonaikojen ja käyttöaikataulujen avulla järjestelmä säätää toimintaa melko tehokkaasti ilman varsinaista tekoälyä.

Kiinteistöautomaatiossa tekoälyn lisäarvo tulee kuitenkin siitä, että se pystyy käsittelemään samanaikaisesti suuria määriä dataa ja oppimaan niiden perusteella. Se voi esimerkiksi yhdistää käyttäjämäärät, sääennusteet ja rakennuksen aieman käytön ja ennustaa tulevaa tarvetta etukäteen. Tällöin säätö ei perustu pelkästään ennalta asetettuihin sääntöihin, vaan järjestelmä mukautuu jatkuvasti ja optimoi toimintaa dynaamisemmin. Toisin sanoen kyse ei ole täysin uudesta asiasta, vaan enemmänkin perinteisen kiinteistöautomaation kehittyneemmästä muodosta. Tekoäly ei ole välttämätön perustoiminnallisuuksien toteuttamiseen, mutta sen avulla optimointi voi olla tarkempaa, ennakoivampaa ja energiatehokkaampaa, sekä alentaa hiilidioksidipäästöjä (Schneider Electric 2024). Haittapuolena voidaan arvioida olevan, että säätimet kuluvat nopeammin. Järjestelmiä pitää kehittää niin, että tekoäly optimoi myös laitteiden käyttöä.

Yksi matalan kynnyksen käyttökohteista on tiedonhaku. Suuret kielimallit (LLM) kykenevät kokoamaan hajallaan olevaa tietoa esimerkiksi määräyksistä, ohjekorteista, valmistajien teknisistä tiedoista ja standardeista. LVI-suunnittelussa tämä voi tarkoittaa esimerkiksi:

- Tietyn määräyksen tai mitoitusperusteen paikantamista.
- Eri ohjeiden välisten ristiriitojen tunnistamista.
- Tietyn teknisen ratkaisun taustalähteiden etsimistä.

Jotta saadaan tekoälysovellukset toimimaan insinöörimäisellä tarkkuudella ja tuottamaan detaljeja lähdeaineistosta, oli kyseessä ChatGPT tai Copilot, niin tällöin voidaan tarvita myös itse tehty tai teetätetty lisäohjelma tuottamaan detaljeja, jotta niihin saadaan tarkkuutta mittoihin, koordinaatteihin, vektorigrafiikkaan ja suunnittelustandardeihin. Vaikka ChatGPT ja Copilot voi luoda kuvia, niiden tarkkuus ei ole välttämättä toivottu.

Lisäksi on hyvä huomioida, että tekoälyn tuottamien dokumenttien hyödyntäminen käytännössä edellyttää jatkuvaa valvontaa ja laadunvarmistusta. Vaikka ChatGPT tai Copilot pystyvät analysoimaan ja jalostamaan suuria tietomääriä, niiden ehdotukset eivät ole automaattisesti virheettömiä, ja erityisesti LVI-suunnittelussa mitat, materiaalivalinnat ja standardien noudattaminen vaativat ihmisen tarkistusta. Tämän vuoksi yrityksen sisäiseen prosessiin kannattaa rakentaa

palaute- ja tarkistusmekanismi, jossa ihmiset voivat hyväksyä, muokata tai hylätä tekoälyn tuottamat suunnitteluehdotukset. Näin yhdistetään tekoälyn nopeus ja tiedonhakukapasiteetti ihmisen asiantuntemukseen, mikä mahdollistaa tehokkaan suunnitteluprosessin.

#### **4.1 Tiedon hakeminen palvelimelta ja PDF detaljien tekeminen saadun tiedon perusteella**

Tiedon hakeminen yrityksen palvelimelta ja sen hyödyntäminen PDF-detaljien tuottamisessa edellyttää tekoälysovelluksen integrointia organisaation sisäisiin tietolähteisiin. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi ChatGPT Enterprise -ratkaisun tai muun API-pohjaisen toteutuksen käyttöönottoa, jossa rakennetaan erillinen rajapinta yrityksen palvelimen ja kielimallin välille. API-ohjelmointirajapinnan avulla väliohjelma lukee palvelimella sijaitsevia PDF-tiedostoja, välittää niiden sisällön mallille ja vastaanottaa mallin tuottamat mitoitus- ja sisältöehdotukset jatkokäsittelyä varten. API:lla tarkoitetaan API-ohjelmointirajapintaa, jonka avulla ohjelmat voivat vaihtaa keskenään tietoa tai toiminnallisuuksia (Valtiovarainministeriö 2022, 11).

Koska kielimalli ei voi tietoturvasääntöjen takia itsenäisesti hakea tiedostoja C-asemalta, organisaation IT-tuki tai ohjelmistokehittäjä toteuttaa yhteysohjelman, jossa määritellään tiedostonhakulogiikka ja käyttöoikeudet. Mikäli PDF-aineisto sisältää skannattuja piirustuksia tai suuria dokumenttimääriä, tarvitaan lisäksi OCR-ominaisuus tekstin tunnistamiseen ja jäsentämiseen rakenteiseksi dataksi (Adobe 2025). Tunnistettu tieto voidaan pakata esimerkiksi JSON-muotoon ja toimittaa mallille analysoitavaksi, jolloin se kykenee vertailemaan aiempia detaljirakenteita ja tuottamaan niiden pohjalta ehdotuksen PDF tulosteena (Rasha S. 2025). Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän periaatekaavion, jossa näkyy ilmanvaihtokoneiden palvelualueet

Turvallinen ympäristö on keskeinen osa toteutusta: järjestelmä tulee eristää siten, ettei suunnitteluaineisto vuoda ulkopuolisiin palveluihin, ja pääsy rajataan vain määritellyille käyttäjille. Ympäristöön on rajoitettu pääsy, vain tietyt henkilöt pääsevät sinne, ja tekoälyllä rajattu oikeus sinne. Palvelimella olevissa tiedostoissa

ei saa olla sellaisia tietoja, joka voi vuotaa, kuten asiakastietoja tai yrityksen tietoja. Copilot voi hakea tietoa Sharepointista tai Onedrivestä ilman, että väliohjelmia rakennetaan, koska Copilot ja Sharepoint ja Onedrive ovat kaikki Microsoftin ekosysteemiä. Yritys voi silti haluta toteuttaa API-ohjelman avulla yhteyden serverillä olevalle asemalle, koska näin tiedostoja ei tarvitse erikseen ladata pilvipalveluun.

## 4.2 LVI-työselostuksen luonti

Todennäköisesti GPT-5 mallien maksullisilla yritysversioilla pystyy luomaan työselostuksia helposti, kun alkuun ensin kouluttaa tekoälymallia. ChatGPT:ssä esimerkiksi voisi luoda oman projektikansion työselostuksille ja syöttää 10 parasta työselostuspohjaa sille malliksi. Lisäksi tulisi syöttää muuta informaatiota työselostukseen liittyen kuten TalotekniikkaRYL:in (aiemmin LVI-RYL), sisältö tai jo vanhentuneen LVI-selostusohje LVI-kortin sisältö.

Tämän jälkeen voisi pyytää ChatGPT:tä antamaan työselostuksen ladattavaksi itselle. Kun työselostuksia varten olisi oma projekti ja keskustelu, niin tekoälymalli myöskin muistaa, kun sitä opettaa. Eli jatkossa ei tarvitsisi oikaista virheissä ja opastaa niin paljon, vaan tekoälymalli voisi nopeahkolla käsittelyllä tuottaa valmiita selostuksia erilaisiin kohteisiin.

Jotta työselostus noudattaa TalotekniikkaRYL -rakennetta järjestelmään tulee määrittää valmiiksi otsikointi, tunnukset ja sisältölogiikka kyseisen standardin mukaisesti. Tekoälylle voidaan syöttää malliksi aiempia laadukkaita työselostuksia sekä ohjeaineistoa, jolloin se oppii organisaation esitystavan ja vaatimustason.

Mitä työselostuksessa sitten pitäisi olla:

- TalotekniikkaRYL esittää yleiset laatuvaatimukset talotekniikalle. (LVI 03-10360 2003). RYL antaa ohjeet siitä mitä suunnitelmien pitää sisältää.
- Asiat, joita ei esitetä muissa dokumenteissa kuten vesijohtojen liitostavat, niitä ei käsitellä pohjapiirustuksissa, mutta esitetään työselostuksessa. Pohjapiirustuksissa on sen sijaan esimerkiksi vesijohtojen koot ja käyttötarkoitus.

- Asian paikan selostuksessa määrittää asian tunnus TalotekniikkaRYL mukaan. (LVI 03-10360 2003). Toisin sanoen työselostuksen sisältämät otsikot ja alaotsikot on TalotekniikkaRYL sisällysluettelon ja aiheiden mukaisessa järjestyksessä. Sellaisia otsikoita ja aiheita käytetään, jota kohteessa on.
- Hankekohtaiset tiedot, jotka liittyvät vain kyseeseen hankkeeseen.

### 4.3 Ilmamäärälaskenta arkkitehdin kuvista

Kielimallia voi käyttää ilmamäärien laskentaan ja niiden merkitsemiseen suoraan ChatGPT Enterprisen kautta. Voi ladata arkkitehtipohjat ChatGPT:lle, ja antaa oikeanlaisen kehotteen sille, kuten: "Laske ilmamäärät PDF-tiedostoon Talotekniikkainfon "Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa" oppaan mukaan ja merkitse ilmamäärät PDF-tiedostoon ja anna se ladattavaksi". Tässä kohtaa pitää todennäköisesti antaa vielä lisäohjeita ja neuvoja, ja kun keskustelu jää muistiin, seuraavalla kerralla laskenta tapahtuu nopeammin vähemmän ohjeistuksin.

Jos halutaan että kielimalli hakee itse lähdeaineiston yrityksen palvelimelta, niin käytännössä tämä tarkoittaa erillisen rajapinnan tai väliohjelman rakentamista, joka lataa PDF-tiedostot kielimallin käyttöön. Tieto toimitetaan esimerkiksi PDF-tiedostoina mallille, joka soveltaa ennalta määritellyjä mitoitusperiaatteita, kuten Sisäilmastoluokitus 2018 S2 -luokan vaatimuksia. Samanaikaisesti järjestelmä voi hyödyntää yrityksen sisäisiä ohjeita ja esimerkiksi Talotekniikkainfo -palvelun dokumentteja, mikäli ne on liitetty osaksi samaa tietoympäristöä.

### 4.4 Suunnitelmien tarkastus

Suunnitelmien automaattinen tarkastus tekoälyn avulla on mahdollista, mutta sekin edellyttää integroitua järjestelmää, jossa kielimalli liitetään yrityksen suunnitelma-aineistoihin ja tarkastusohjeisiin. Esimerkiksi ChatGPT Enterprise -ratkaisun tai muun API-pohjaisen toteutuksen avulla PDF-muotoiset suunnitelmat ja tarkastuslistat voidaan siirtää analysoitavaksi mallille. Tämä vaatii

tiedostonlukuohjelman, skannatuissa kuvissa OCR-käsittelyn sekä tarkastuslogiikan määrittelyn, jotta järjestelmä kykenee tunnistamaan piirustuksista esimerkiksi ilmanvaihtokanavien puhdistusluukut. Lisäksi tekoäly tulee ohjeistaa käyttämään organisaation käyttämiä ohjeistuksia, kuten Talotekniikkainfo -palvelun dokumentit, jotta se voi verrata suunnitelmien sisältöä voimassa oleviin vaatimuksiin.

#### **4.5 Vesikalusteluettelo, sähkölaiteluettelo**

Jos yrityksen palvelimelle rakennetaan ohjelmallinen yhteys kielimallin avulla, voidaan hakea projektin tiedostoista lähtötiedot vesikalusteluettelon ja sähkölaiteluettelon täyttämiseen. Itse luetteloiden täyttäminen voidaan tehdä kielimallin muistin avulla omissa keskusteluissaan, jossa kielimalli on koulutettu tekemään täyttäminen halutulla tavalla.

#### **4.6 Urakkahinta**

Kustannuslaskentatietokantoja ja logiikoita pitää itse luoda alkuun yrityksen palvelimelle ja väliohjelman avulla tekoälymallit voivat päätellä suuntaa antavia urakkahintoja näiden logiikoiden avulla. Kielimalli voidaan muistin avulla kouluttaa laskemaan urakkahintoja riippuen lähtötiedoista, kuten onko kohde korjaus- vai uudisrakennuskohde, ja niin edelleen. Lisäksi jotta estetään kielimallin hallusinoimia, voidaan syöttää yrityksen omat kustannustietokannat ja laskentasäännöt.

#### **4.7 Suunnitteluavustus ja CAD-integraatiot**

Työssä lähetettiin MagiCAD Groupille kysymyksiä tekoälyn hyödyntämisestä heidän ohjelmistoissaan. MagiCAD toimii AutoCAD, Bricscad ja Revit alustoilla. Alla esitetään kysymyssähköposti:

*Otsikko: MagiCAD for AutoCAD/Bricscad ja MagiCAD For Revit AI mahdollisuudet*

*Onko mahdollista otsikon ohjelmilla tehdä seuraavaa:*

- *Tekstipohjaisen tekoälytyökalun (esim. ChatGPT, tai teidän oma, tai muu) avulla suorittaa piirtämistä/mallinnusta? Eli kirjoitettaisiin raja-arvoja: "Tee ilmanvaihtokanavisto Revit/IFC tiedoston/mallin mukaiseen huoneeseen, hae geometria itse, noudata S2 sisäilmastoluokkaa ja asetuksia, ja asiakkaan toivetta kustannustehokkuudesta" ja ohjelma tekisin kyseisen mallintamisen?*
- *Onko muita tekoälyn hyödyntämiskeinoja otsikon mukaisille ohjelmille?*
- *Miten näet lähitulevaisuuden, 0-5 vuotta, onko tulossa laajennuksia aiheeseen liittyen?*

Tällä hetkellä ei ole mahdollista tehdä tekstillä ohjattavaa tekoälymallinnusta MagiCADilla. Alla on sitaatti sähköpostikeskustelusta MagiCAD Groupin Joonas Vierjärven kanssa:

*Lyhyesti: tällä hetkellä ei ole mahdollista. Pidemmin: Nykyiset suuret kieli-mallit (Kuten ChatGPT) käsittelevät kuvia, videoita ja tekstiä. Näiden mallien 3D maailman hahmotuskyky ei riitä kyseiseen tehtävään nykyisellä tasolla. Lisäksi tehtävää hankaloittaa se, että mallien tulisi myös tietää miten Revit tai Bricscad toimii ja huomioida siihen liittyvät rajoitteet. Näiden asioiden opimiseen mallit tarvitsevat valtavan määrän dataa, eli esimerkkitapauksia, joista ne oppii.*

*Rakennusalalla yleisesti tietomallien omistajuus on hajautunut, eikä rakennusten tietomalleja ole yleisessä jaossa. Täten koulutusaineiston koostaminen on haastavaa, ja se rajoittaa mallien kehitystä toistaiseksi. Tunte-mamme tekoälyratkaisut mitä on kehitteillä eivät perustu suuriin kielimalleihin (kuten ChatGPT) vaan perinteisempiin tekoälymenetelmiin, jotka eivät lähtökohtaisesti ole tekstipohjaisia, Ylipäättään haastaisin tekstipohjaisen käyttöliittymän suunnittelukontekstissa.*

*Tekstillä ohjeistettu reitin luonti voi olla hyvinkin monitulkinnallista ja siten käyttäjän aikeen tulkitseminen on vaikeaa. Tietysti jos kyse on hyvin geneerisestä alkuvaiheen reitityksestä, tuo voisi toimia, mutta detaljitason suunnittelussa en usko, että tekstipohjainen mallinnus olisi tehokkainta. (Vierjärvi 11.11.2025.)*

Varsinainen tietomallintaminen tekoälymallin avulla on haastava toteuttaa tehtävän epämääräisyyden ja monimutkaisuuden vuoksi. Ei riitä, että täytetään vain rakentamismääräykset ja mitoitusvaatimukset geometriaa toteuttaen, vaatimuksia on muitakin. Asiakkaalla voi olla omat toiveensa kohteessa. Suunnittelutyössä on paljon huomioitavia tilannekohtaisia asioita. Kohde voi olla korjaus- tai

uudisrakentamista. Työvaihe ei ole välttämättä lopullinen vaan luonnossuunnitelua tai työtä tehdään vain sisäisessä projektiryhmässä. Tietomallinnuksen taso vaihtelee työvaiheen ja tarpeen mukaan. Tilanne elää dynaamisesti, joten tämä hankaloittaa lähtökohtia. Ei ole vain yhtä suunnitteluprojektin tapaa, joka tehtäisiin yhdellä jäykällä aikajanalla.

MagiCAD Groupilla on perinteisempää tekoälyä hyödyntäviä toimintoja ohjelmistossaan. Alla sitaatti sähköpostikeskustelusta MagiCAD Groupin Joonas Vierijärven kanssa:

*Meidän uusimmissa MagiCAD for AutoCAD ja BricsCAD versioissa on mukana tekoälyä hyödyntävä lattialämmityspiirin piirtoon keskittyvä toiminto.*

*Tämä edustaa nimenomaan perinteisempiä tekoälyteknologioita (simulatio+optimointi+koneoppiminen).*

*Lisäksi epäsuoria hyödyntämiskeinoja on, uskon esimerkiksi, että tulevaisuudessa tuotedatan hallinta voi helpottua standardisoinnin ja tekoälyn avulla.*

*Epäsuoralla tarkoitan sitä, että esim. suunnittelijan tuottama tuotedata olisi jatkossa paremmin hyödynnettävissä. Eli tässä ei välttämättä suoraan MagiCADissa käytetä tekoälyä, mutta meidän tuotedata olisi kuitenkin osa ketjua.*

*Tästä on esim tehty selvitystä Talotekniikka 2030 konsortiossa: [https://www.aalto.fi/sites/default/files/2025-09/TH12-Vakioitu\\_tieto\\_ja\\_tekoaly\\_talotekniikan\\_datatalouden\\_mahdollistajina.pdf](https://www.aalto.fi/sites/default/files/2025-09/TH12-Vakioitu_tieto_ja_tekoaly_talotekniikan_datatalouden_mahdollistajina.pdf)*

*Yksi esimerkki mikä myös epäsuorasti liittyy otsikon mukaisiin ohjelmiin on tuotteisiin liittyvä GWP (global warming potential) data. Tämän keräämiseen hyödynnetään jo tällä hetkellä tekoälyä. (Vierijärvi 11.11.2025.)*

Rava3Pro-hankkeen mukaan, jos tietoa tallennettaisiin standardimaisesti tietomalleihin, voitaisiin tietomalleja hyödyntää erilaisessa automaattisessa vertailussa ja päätöksenteossa sekä tietopankkeina. Rakennetun ympäristön ja talotekniikan tiedot, kuten järjestelmät, laitteet ja tilojen ominaisuudet, ovat tällä hetkellä hajallaan eri toimijoiden järjestelmissä, eikä niitä voida hyödyntää tehokkaasti rakennuksen elinkaaren aikana. Tiedon tulisi olla vakioitua ja rakenteista, eli tallennettua yhteisten standardien mukaisesti tietomalleihin, jotta sitä voidaan siirtää suunnittelusta rakentamiseen ja ylläpitoon ilman tiedon katoamista tai

uudelleen tekemistä. Yhtenäinen tieto mahdollistaisi myös vertailun hankkeiden välillä, paremman seurannan sekä automaation ja erilaisten digitaalisten palveluiden kehittämisen. (Aalto 2025.) Tätä kehityssuuntaa tukee myös Granlund, joka on julkaissut vakioituun tietosisältöön perustuvan Revit-tietomallipohjan suunnittelijoiden käyttöön. Mallipohja tuo kansallisesti määritellyt tietosisällöt suoraan suunnittelutyökaluihin ja helpottaa niiden käytännön käyttöönottoa, mikä osaltaan vastaa Aallon esiin nostamaan haasteeseen tietojen yhtenäistämisestä ja siirtymisestä eri hankevaiheiden välillä. (Granlund 2025.)

Tekoäly voisi olla mahdollisena työkaluna, joka voisi hyödyntää tätä vakioitua tietoa. Tekoälyllä voisi analysoida eri kohteiden tietomalleja, ja vertailla niitä. Tekoäly voi tukea tietomallien vakiointia esimerkiksi ehdottamalla suunnittelijalle IFC:n propertyseteille standardisoituja nimikkeitä automaattisesti, ja tämän tekevä vakiointiagentti olisi integroitu osaksi suunnitteluohjelmistoa. Suunnittelija voisi syöttää tietomalliin tietoja, niin että hankintavaiheessa urakoitsija voisi hakea korvaavan tuotteen jollekin komponentille suoraan tietomallin tietokannasta. (Aalto 2025.)

Tekoäly voidaan nähdä myös käyttöliittymänä suunnittelijan ja CAD-ohjelmiston välillä. Tekstikomentojen avulla voitaisiin esimerkiksi:

- Luoda tietyn periaatteen mukainen kaavio, kuten ilmanvaihdon periaatekaavio.
- Generoida DWG-detelji sanallisen kuvauksen perusteella.
- Tuottaa PDF-tulosteita määritellyllä esitystavalla.

Tämä edellyttää ohjelmointirajapintojen (API) hyödyntämistä ja erillistä koodia, joka muuntaa kielimallin tuottamat ohjeet CAD-komennoiksi. Tekoäly ei siis suoraan "piirrä", vaan toimii älykkäänä tulkkina ihmisen ja suunnitteluohjelmiston välillä.

AutoCAD tarjoaa ohjelmointirajapintoja kuten AutoLISP, .NET ja ObjectARX. AutoCADin API-rajapinnat siis tarvitsevat erikseen hankitun koodauksen näille alustoille, jotta ChatGPT ja AutoCAD välinen yhteys saadaan toteutumaan. CAD-MATCissa sen sijaan tarvitaan sekä API-ohjelma että siihen tehtävä koodaus, jotta ChatGPT voi ohjata CADMATICia. Kun AutoCADilla tai CADMATICilla

toteutetaan edellä mainitut toimenpiteet, niin teoriassa on mahdollista, että voisi tekstikomennoilla ohjata tekoälymallia suorittamaan piirtotoimenpiteitä AutoCADilla tai CADMATICilla, ja tämän jälkeen voisi tulostaa PDF tulosteita tehdyistä piirroksista.

Tekoälyä ei tarvitse myöskään ajatella vain suorana "piirtäjänä", vaan myös välikerroksena ihmisen ja CAD-ohjelmiston välillä. Sen sijaan että tekoäly tuottaisi valmiin DWG:n kerralla, se voisi toimia keskustelemaan suunnitteluun perustuva ohjaajana, joka ensin jäsentää käyttäjän sanallisen kuvauksen loogiseksi toimintakaavioksi, tarkistaa sen ristiriidat ja vasta tämän jälkeen muuntaa sen piirtokäskyiksi. Tekstipohjaisesti ohjattavasta tekoälymallintamisesta antaa viitteitä Revit suunnittelualustalle löytyvä BIMLOGIQ Copilot ja Smart annotation tekoälytyökalut, jotka ovat erillisiä lisäosia. Näille ei ole käyttöä LVI-suunnittelussa. BIMLOGIQ Copilotilla pystytään tekemään joitakin piirtämisen ja tietomallituksen tehtäviä tai niihin liittyviä tehtäviä tekstiohjauksella, ilman että koodausta tai API-ohjelmistoja tarvitaan minkään tekoälymallin ja Revitin välille. Smart annotation tekoälytyökalua käytetään dokumenttien hallintaan. Tällaisten ominaisuuksien olemassaolo osoittaa, että teknisesti ja markkinataloudellisesti LVI-suunnittelun ohjelmissa voisi tällä hetkellä tai lähitulevaisuudessa olla mahdollista olla joitakin tekoälyllä tekstikomennoilla ohjattavia toimintoja (Bimlogiq 2025.)

Kuitenkaan BIMLOGIQ Copilot ei näy olevan MagiCAD for Revitille joka toimii Revitin päällä, vaan BIMLOGIQ Copilot on tarkoitettu vain Revitille. Revit tukee useita add-ineja, joten BIMLOGIQia ja MagiCADia voidaan käyttää yhtä aikaa. Toiminnot näyttävät mainosvideon perusteella sisältävän suhteellisen yksinkertaisia toimintoja, kuten erilaisten materiaalipaksuuksien tai eristepaksuuksien muuttamista, sekä näkymäalueiden muokkaamista. (Bimlogiq 2025.) Vaikka siinä tässä toivottu tekstiohjaus toiminnoille on, ei sitä päästä vielä hyödyntämään LVI-alalla, eikä laajamittaisiin luoviin monimutkaisiin tarkoituksiin.

Lisäksi BIMLOGIQ-työkalujen avulla voidaan tehostaa suunnitteludokumenttien yhdenmukaistamista ja vähentää manuaalista työtä esimerkiksi raporttien ja lueteloiden tuottamisessa. (Bimlogiq 2025). Vaikka tekoälytoiminnot ovat vielä yksinkertaisia, ne voivat nopeuttaa toistuvia tehtäviä, kuten näkymäasetusten säätöä ja peruspiirustusten muokkausta, mikä säästää aikaa.

MCP4IFC-dokumentti tarjoaa esimerkin siitä, miten tekstipohjainen tietomallintaminen voisi toimia laajemmin. Siinä kehitetty järjestelmä yhdistää suuren kielimallin IFC-tiedostoihin siten, että käyttäjä voi antaa ohjeita ja järjestelmä tulkitsee ne ja kirjoittaa tarvittavan Python-koodin ja suorittaa sen suoraan tietomallissa. Näin voidaan muokata olemassa olevia elementtejä, lisätä uusia ominaisuuksia tai luoda kokonaan uusia rakenteita ilman perinteistä CAD-työkalua. MCP4IFC mahdollistaa myös iteratiivisen työskentelyn, jossa malli kehittyy useiden peräkkäisten tekstikomentojen perusteella, ja se toimii ikään kuin väliohjelmistona, joka muuntaa luonnollisen kielen konkreettisiksi mallinnustoiminnoiksi IFC-standardin mukaisesti. Tämä osoittaa, että tekstipohjainen ohjaus voi teoriassa kattaa paljon monimutkaisempia mallinnustehtäviä kuin yksinkertaiset muokkaustoiminnot BIMLOGIQ Copilotissa. (Nithyanantham, Sesterhenn, Nedungadi, Garijo, Zenkner, Bartelt & Lüdtke 2025.)

MagiCAD Group Oy:n Joonas Vierijärvi uskoo, että seuraavan 0–5 vuoden aikana tullaan näkemään ensimmäisiä tekstipohjaisia tekoälyratkaisuja. Alla sitaatti sähköpostikeskustelusta:

*Näen, että alalla ylipäättään kilpailu tulee kasvamaan ja uusia tekijöitä ilmaantuu alalle. Sanoisin kuitenkin, että rakennusalalla joudutaan vielä ainakin seuraavat pari vuotta keskittymään perinteisempiin tekoälyteknologioihin.*

*5V kohdalla uskoisin, että ensimmäisiä tekstipohjaisia ratkaisuja myös tullaan näkemään, mutta tämä riippuu paljon datan saatavuudesta ja siitä miten alan asenne datan jakamista kohtaan kehittyy.*

*Uskon myös, että seuraavan 5V aikana keskitytään nimenomaan vähemmän detaljeja vaativiin tehtäviin reitityksessä.*

*Tähän vielä tarkennuksena, tässä konteksti nimenomaan mallinnus/reititys. Esim tuotetietojen ym käsittelyssä uskon jo nyt että tekstipohjaiset tekoälytyökalut voivat auttaa. (Vierijärvi 11.11.2025.)*

Yrityksessämme on hahmoteltu, että tekoälymalli voisi tulevaisuudessa olla ”Yksi LVI-suunnittelijoista” tai ”Suunnittelijan assistentti”. Tekoälyllä voisi olla pääsy palvelimelle ja suunnitteludataan. Tietoturvaan ja arkaluontoisten tietojen käsitteilyyn tulisi kiinnittää huomiota oikein. Rutiinitehtäviä, kuten mitoitus, raportit, selostukset, luettelot ja dokumentointi haluttaisiin automatisoida. Tekoälyllä voisi

olla paljon annettavaa simulointeihin ja vertailulaskelmiin. (Paasi 12.12.2025). Tekoälymalli voisi muodostaa mielipiteitä, jossa se käyttää palvelimen suunnitteludataa aineistona, jonka mukaan se tekee johtopäätöksiä.

#### **4.8 Tiedon ja lähdetietojen hakeminen tekoälymalleilla**

Tämä on yleinen tapa hyödyntää tekoälymalleja LVI-suunnittelussa, sekä muuallakin alalla tehostamaan työprosessia. Kokemuksen mukaan tekoälymallit ovat erityisen hyödyllisiä spesifisen lähdeaineiston hakemisessa, ja näissä tapauksissa säästytään paljolta tiedon ”googlaamiselta”.

Tekoälyn vahvuus tiedonhaussa on myös sen kyky yhdistää eri lähteistä saatua tietoa. LVI-suunnittelussa tieto on usein hajautunut useisiin dokumentteihin, kuten rakennusmääräyksiin, valmistajien teknisiin tietoihin ja suunnitteluohjeisiin. Tekoäly voi auttaa tunnistamaan ristiriitoja, täydentäviä vaatimuksia ja keskeisiä suunnitteluperiaatteita, jolloin suunnittelija saa kokonaiskuvan ilman, että jokainen lähde täytyy lukea kokonaisuudessaan.

On kuitenkin tärkeää huomioida, että tekoäly ei korvaa suunnittelijan asiantuntemusta eikä lähdekritiikkiä. Tekoälyn tuottamat vastaukset perustuvat olemassa olevaan aineistoon, ja siksi suunnittelijan vastuulla on varmistaa tiedon oikeellisuus ja soveltuvuus kyseiseen hankkeeseen. LVI-suunnittelussa virheelliset tulokset voivat johtaa teknisiin ongelmiin tai määräysten vastaisiin ratkaisuihin, joten alkuperäislähteiden tarkistaminen on aina välttämätöntä.

Mitä tulee spesifisen tiedon ja lähdeaineiston hakemiseen, niin tekoälymallien avulla voi hakea tietoa numeraalisella tarkkuudella tarvittaviin kysymyksiin. Tämän lisäksi vastauksen saatuaan voi pyytää myös lähdeaineiston ja itse tarkastaa onko tieto oikein. Tällaista tiedonhakuja voidaan tarvita, kun on jokin tietty ongelma, jossa tarvitaan aivan erityinen vastaus, ja jota ei voida esimerkiksi saada suoraan päättelemällä tai laskemalla ratkaistua. Näissä tilanteissa voi saada sellaista lähdeaineistoa, joka voi olla luotettavaa ja sisältää ratkaisun aivan vastaavanlaiseen tilanteeseen, johon itse hakee tietoa. Tämä saatu lähdeaineisto voi vahvistaa omaa päätöksentekoa.

## 5 TEKÖÄLYN TESTAUSTA LVI-SUUNNITTELUN APUNA

Tässä luvussa testattiin tekoälytyökalua ammatillisten laskujen suorittamiseen, sekä työselostuksen luontiin. Tässä käytettiin ChatGPT:n maksutonta versiota. Opinnäytetyötä tehtäessä API-yhteyksiä palvelimelle tai CAD ohjelmiin ei ole ollut toteutettuna.

### 5.1 Ammatillisten laskujen suoritus tekoälymallilla

Tekoälymallia voi käyttää myös ammatillisten laskujen ja laskentojen suorittamiseen. Laskut täytyy itse tarkastaa ja varmentaa vastausten oikeellisuus. Tekoälymallia voi myös käyttää unohdettujen laskentakaavojen mieleen palauttamiseen, kun muistaa jälleen tarkastaa saadun vastauksen. Nopeammin voi saada kuitenkin tehtyä laskuja valmiilla laskureilla tai nettisivustojen kautta, koska tekoälymalli voi tarvita niin eksaktit lähtötiedot. On mahdollista, että mallia voi kuitenkin kouluttaa tietynlaisten laskujen suorittamiseen keskustelumuin avulla. Lisäksi tekoälyavusteisen koodaamisen avulla voidaan epäsuorasti tehdä laskureita.

Alla työtä varten esitetty kysymys ChatGPT:lle:

*Laske kahdesta järjestelmästä kumpi tulee halvemmaksi kahdenkymmenen vuoden aikana. Huomioi inflaation vaikutus. Kohde on 100 neliöinen yksikerroksinen uudiskohde, joka on asuinrakennus ja sijaitsee Uudellamaalla: Vaihtoehto 1: Suora sähkölämmitys lämmityspattereilla, 2 kappaletta ilmalämpöpumppuja, varaava takka, käyttövesivaraaja sähkövastuksilla. Vaihtoehto 2: Maalämpöjärjestelmä, varaava takka, lämmönjakotapana vesikiertoinen lattialämmitys, käyttövesivaraajan esilämmitys maalämmöllä ja loppu sähkövastuksilla.*

Alla ChatGPT:n vastaus. ChatGPT:n vastaus piti pyytää siistityssä muodossa erikoismerkkien pois saamiseksi ja vastauksen selkeyden vuoksi:

*Kun kysymystä tarkastellaan kokonaisuutena huomioiden varaava takka molemmissa vaihtoehtoissa sekä se, että maalämpövaihtoehdossa käyttövesivaraaja esilämmitetään maalämmöllä, 100 m<sup>2</sup>:n yksikerroksisen uudiskohteen (Uusimaa) 20 vuoden kustannusvertailu on seuraava:*

*Rakennuksen lämmitys- ja käyttöveden kokonaisenergiantarve on noin 15 000 kWh/v, josta varaava takka kattaa realistisesti noin 20 %, jolloin jäljelle jää noin 12 000 kWh/v; suorassa sähkölämmityksessä kahden ilmalämpöpumpun oletetaan pienentävän tätä tarvetta noin 30 %, jolloin vuotuinen sähkönkulutus tilojen lämmitykseen on noin 8 400 kWh, ja käyttövesi tuotetaan sähkövastuksilla noin 3 500 kWh/v lisäkulutuksella.*

*Kun taas maalämpövaihtoehdossa tilojen lämmitys vie noin 3 400 kWh/v sähköä (COP ~3,5) ja käyttöveden esilämmitys maalämmöllä noin 1 300–1 500 kWh/v (COP ~2,5–3), sähkövastuksen jäädessä vain varalle;*

*oletetulla 0,29 €/kWh sähkön kokonaishinnalla ja noin 2 % vuotuisella hintainflaatiolla suoralla sähkölämmityksellä energiakustannukset ovat 20 vuodessa noin 80 000–90 000 €, kun taas maalämmöllä noin 35 000–45 000 €, minkä lisäksi polttopuun kustannus on molemmissa vaihtoehdoissa sama, noin 3 000 € 20 vuodessa;*

*Investointikustannukset ovat suorassa sähkölämmityksessä (sähköpatterit, 2 ilmalämpöpumpua, varaava takka, käyttövesivaraaja) noin 13 000–17 000 € ja maalämpövaihtoehdossa (maalämpö porakaivoineen, vesikiertoinen lattialämmitys, varaava takka, käyttöveden esilämmitys) noin 28 000–40 000 €,*

*jolloin kokonaiskustannus 20 vuoden ajalla on suoralla sähkölämmityksellä noin 96 000–110 000 € ja maalämmöllä noin 66 000–88 000 €, eli näillä oletuksilla maalämpö on noin 20 000–30 000 euroa edullisempi ratkaisu 20 vuoden tarkastelujaksolla, vaikka sen alkuinvestointi on selvästi suurempi.*

ChatGPT:n vastaus tarkistettiin Motivaan pientaloihin linkitetystä lämmitystapa-vertailusta (Lämmitysvertailu s.a). Lämmitysvertailussa ei voinut valita kuin yhden ilmalämpöpumpun. Joten tulokseen on lisätty manuaalisesti 2800 euroa yhden lisäilmalämpöpumpun hankintahinnan vuoksi. MLP järjestelmälle ei voinut myöskään valita käyttöveden esilämmitystä tai takkaa, ne jätettiin huomiotta. Samankaltaisessa rakennuksessa saadaan kuitenkin aivan eri luokkaa olevat tulokset kummallekin järjestelmälle.:

- sähkö + ILP x 2 + takka = 51 664 euroa
- MLP = 41 551 euroa

ChatGPT:lle annettiin lämmitystapavertailuun syötetyt arvot, ja lasku teetettiin uudelleen. Alla on annettu syöte:

*Laske sama tehtävä seuraavin tarkennetuin lähtöarvoin: 4 ihmistä, huonekorkeus 3m. Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä: 2010 ylöspäin. Rakennuksen sijainti Etelä-Suomi. Käyttöveden lämmitysenergia 4000kwh. Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa 13600kwh. Sähkö 15snt/kwh. Polttopuu 100euroa/i-m3. Energiahintojen nousu 2 % vuodessa. Älä huomioi inflaatiota. Investointien korko 2 % vuodessa. Maalämpö SPF 2.9. Sähköhyötysuhde 99 %. Maalämpö investointikustannus 20 000 euroa. Sähkölämmitys investointikustannus 5000 euroa. Tulisija hyötysuhde 70 %. Polttopuun käyttö 4i-m3 vuodessa. ILP investointikustannus 2800 euroa. Anna vastaus yhtenä kappaleena.*

Tällöin ChatGPT antoi vastaukseksi 20 vuoden kokonaishinnaksi:

- sähkö + ILP x 2 + takka = 40 200 euroa
- MLP + käyttöveden esilämmitys + takka = 36 600 euroa

Hinnat heittävät vieläkin lämmitystapavertailuun, tällä kertaa ChatGPT:n antamat hinnat ovat liian pienet. Jos haluaa jatkaa tilanteen tarkastelua, pitää pyytää tarkat lähteet laskuissa käytetyistä tiedoista, ja kaivaa virheet esiin sieltä. Nyt tarkemman syötteen kanssa kuitenkin laskelmassa päästiin lähemmäs lämmitystapavertailua, mutta sähkö + ILP x 2 + takka järjestelmässä ero on vieläkin huomattava. Taulukko 1 näyttää tulokset yhdessä taulukossa.

*Taulukko 1. Lämmitysjärjestelmien 20 vuoden kustannusvertailu eri laskentamenetelmillä.*

Laskentamenetelmä	Sähkö + ILP × 2 + takka (€)	MLP (€)
ChatGPT (alkuperäinen syöte)	96 000–110 000	66 000–88 000
Motiva lämmitystapavertailu	51 664	41 551
ChatGPT (tarkennettu syöte)	40 200	36 600

Motivan lämmitystapavertailua voidaan pitää kohtuullisen hyvänä vertailuarvona oikealle tulokselle, koska Motiva tarjoaa asiantuntemusta asuinrakennusten lämmitystapojen vertailussa energia- ja kustannustehokkuuden arvioimiseksi (Motiva s.a.). Tekoälymallien päättelykyky tällaisten laskelmien tekemiseen ilman erittäin tarkkoja lähtötietoja ja rajoituksia on vielä rajallinen, tai voisiko jopa sanoa liian rajaton, eli laskelmien tulokseksi voi tulla aika paljon mitä vain, riippuen mitä lähtötietoja tekoäly milloinkin mistäkin hakee. Tulee muistaa, että tällainen laskelma sisältää erittäin paljon muuttujia ja tulkinnan varaisuuksia, joissa varsinkin alkuperäisessä tehtävän annossa oli puutteita liittyen rakennuksen energiatehokkuuteen ja muihin lähtötietoihin. Laitteita on monenlaisia, ja eri hyötysuhteilla.

ChatGPT:lle esitettiin toinen laskutehtävä, jossa on tarkoitus laskea luokkien ilmamäärä. Lasku oli hyvin yksinkertainen. Mutta koska esitettiin kysymyksen alkuun huonosti käytettävän lähteen nimi hieman väärin, antoi ChatGPT väärän ilmamäärän vastaukseksi. Kun tarkennettiin käytettävää lähdeaineistoa sanatar-kasti, osasi ChatGPT löytää oikean vastauksen. Alla esitetty tarkennettu kysymys:

*Laske ilmamäärä 58,7 neliöiseen luokkahuoneeseen, ja kerro se. Käytä lähdeaineistona Talotekniikkainfon ”Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa” dokumenttia.*

ChatGPT antoi vastauksen:

*58,7 m<sup>2</sup> luokkahuoneen ilmanvaihdon mitoituksessa Talotekniikkainfon oppaan ”Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa” mukaan voidaan käyttää pinta alaperusteista ohjearvoa, joka on noin 3 dm<sup>3</sup>/s m<sup>2</sup>. Tällöin ilmamäärä lasketaan kertomalla huoneen pinta ala ohjearvolla: 58,7 m<sup>2</sup> × 3 dm<sup>3</sup>/s m<sup>2</sup> = 176,1 dm<sup>3</sup>/s, mikä vastaa noin 0,176 m<sup>3</sup>/s tai noin 634 m<sup>3</sup>/h ulkoilmaa. Tämä on ohjeellinen arvo, joka sopii normaaliin opetustilan mitoitukseen, mutta tarkempi mitoitus voi vaihdella henkilömäärän ja käyttötarkoituksen mukaan.*

Kun esitettyssä kysymyksessä ei tiedetty henkilömäärää, eikä muita ehtoja ollut, niin ChatGPT:n tiedonhaku ja sen perusteella suorittama laskutoimitus oli oikein. Talotekniikkainfostakin löytyvä Finvacin opas ”Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa” ohjaa ilmanvaihdon suunnittelua määräysten mukaiselle tasolle, joka tarkoittaa, että vaikka ”Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta” asetuksesta ei löydy

varsinaisesti juuri opetustilan ilmamäärää, niin tuo Finvacin oppaan ohjeistama ilmamäärä täyttää Ympäristöministeriön asetuksen vaatimukset sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

”Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa” oppaan mukaan ulkoilmavirta lasketaan  $6 \text{ l/s/henkilö}$  tai  $3 \text{ l/s/m}^2$  (FINVAC s.a.). Saaduista tuloksista valitaan suurempi. Jos henkilömäärää ei ole tiedossa, voidaan käyttää neliöpohjaista laskentatapaa. Lisäksi riippuen kyseisen projektin rakennuttajan tai tilaajan ohjeistuksesta, voidaan henkilömäärää varmuuden vuoksi suurentaa, siihen nähden paljonko henkilöitä on suunniteltu luokkahuoneeseen. Tämä lisä nostaa ilmamäärää, kun lasketaan se henkilöperustaisesti. ChatGPT laski laskun oikein, mutta ei ottanut kantaa onko kyseessä ulko- vai poistoilmavirta.

Lisäksi ilmamääriin voi vaikuttaa myös kohteessa käytettävä sisäilmastoluokitus ja sen vaatima ilmamäärä, joka voi olla eroava ”Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa” oppaan ilmamäärään nähden. Jos kohde on suunniteltu sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisen S2-luokan vaatimusten mukaisesti, niin opetustilassa on ulkoilmavirta  $8 \text{ l/s/henkilö}$  tai  $4 \text{ l/s/m}^2$ , riippuen siitä kumpi on suurempi. Myös tilan käyttötarkoitus voi vaikuttaa, Finvacin oppaan mukaan opetustilojen ollessa taide- ja taitoaineiden tiloja, on ulkoilmavirta vähintään  $8 \text{ l/s/henkilö}$ .

## 5.2 Työselostuksen luonti tekoälyllä

Työssä ladattiin ChatGPT:hen OAMK opinnäytetyöpohja, ja pyydettiin täyttämään sen otsikkoon nimeksi testikohteen kuvitellut kohdetiedot. Lisäksi työtä laadattaessa ChatGPT:lle annettiin alustava kehote, jossa kerrottiin, että kyseessä on opinnäytetyöhön liittyvä tehtävä, jossa on tarkoitus luoda TalotekniikkaRYL-mukainen työselostus, ja täyttää ne testikohteen tiedoilla.

Kun työselostus oli ladattu ChatGPT:lle, ja annettu alustava kehote tehtävästä, alkoi ChatGPT oma-alotteisesti kysymään lisätietoja kuten kohteen nimi, käytössä olevat LVI-järjestelmät, erityisvaatimukset kuten sisäilmastoluokitus. Vaikka kyseessä oli uusi keskustelu, ChatGPT osasi ennakoida näitä asioita, koska kyseessä oli opinnäytetyötä varten rekisteröity ChatGPT-tili, ja

opinnäytetyön projektin keskusteluiden muistissa oli asioita, joita ChatGPT osasi ehdottaa oma-aloitteisesti. Alla annettu vastaus ChatGPT:n esittämiin lisäkysymyksiin työselostuksesta:

*Kohteen nimi: "Elektroniikkateollisuuden puhdastila" ja kohteessa on kyseessä laajennus. Sijainti on Testitie 1 Espoo. Rakennustyyppi on sama kuin nimi. LVI-järjestelmänä on oma ilmanvaihtokone (selvitä voiko puhdastilassa olla LTO-järjestelmä), lämmityksenä kaukolämmitys ja lämmönjakotapana nestekiertoinen lattialämmitys. Vesi- ja viemärijärjestelmät on normaalit, selvitä asettaako puhdastila tässä tapauksessa erityisvaatimuksia. Kohteessa on jäähdytys ja vedenjäähdytyskone, jakotapa on puhallinkonvektorit. Asetetaan verkoston lämpötilat niin että kondenssiviemäreitä ei tarvitse. Painota työselostuksissa asioita, joita pohjapiirustuksissa ei ole kuitenkaan liitännätavat ja muut mitä urakoitsija voi tarvita. Anna tämän jälkeen ladattavaksi word minulle.*

Tämän jälkeen työselostus saatiin ladattavaksi. Työselostusta olisi voitu kehittää edelleen hyödyntämällä aiempaa keskusteluhistoriaa ja tarkentuneita ohjeita. ChatGPT:n ilmaisversion rajoitusten vuoksi ei kuitenkaan saatu enää korjattuja versioita ladattavaksi tiedostomuodossa, vaan pystyin muokkaamaan sisältöä ainoastaan tekstimuotoisesti keskustelun kautta. Tämän vuoksi Word-tiedoston rakennetta ei saatu muokattua haluttuun suuntaan. Lisäksi ChatGPT yksinkertaisti dokumentin rakennetta poistamalla muun muassa sisällysluettelon ensimmäisessä versiossa.

Kuten kappaleessa 4.2 todetaan, kielimallin tuottaman lopputuloksen laatu riippuu merkittävästi sille annetuista lähtötiedoista. Mikäli mallille syötetään esimerkiksi yrityksen oma työselostuspohja, LVI-kortti työselostusten laadinnasta sekä TalotekniikkaRYL:n mukainen sisältörakenne, ja mallia ohjataan iteratiivisesti keskustelun avulla, voidaan työselostuksista tuottaa laadukkaita ja kohdekohtaisesti soveltuvia. Tällöin työselostusten laatiminen tehostuu ja nopeutuu merkittävästi.

### **5.3 Ilmanvaihdon periaatekaavion luominen ChatGPT:llä**

ChatGPT:llä kokeiltiin ilmanvaihdon periaatekaavion luomista. Periaatekaaviota käytetään lähinnä suunnitteluryhmän sisällä selkeyttämään ilmanvaihtokoneiden palvelualueita. Periaatekaavio on pohjakuvasta johdettu periaateleikkaus, jossa

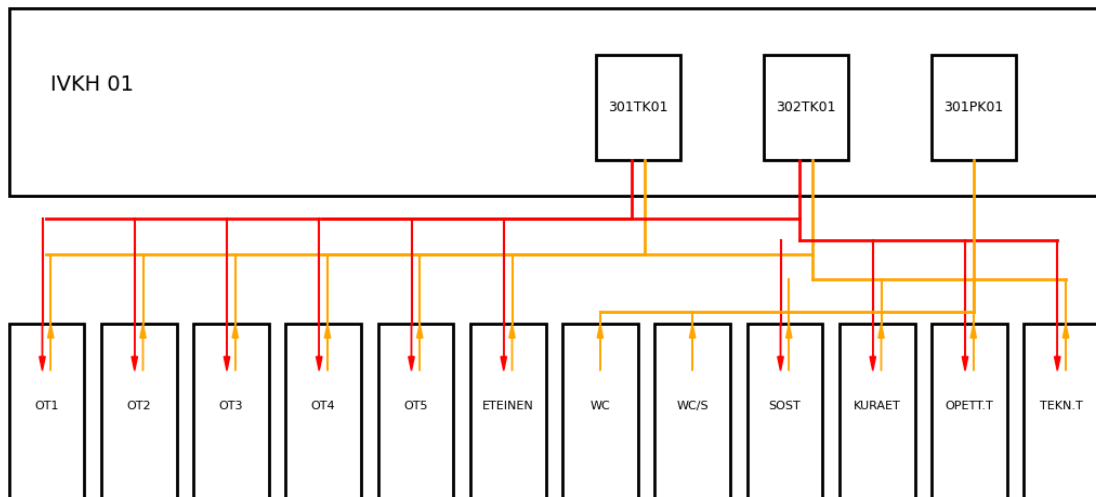
tilat esitetään katsottuna valitusta suunnasta. Kaavion tarkoituksena ei ole esittää tilojen tarkkaa sijaintia vasemmalta oikealle suunnassa, vaan havainnollistaa tilojen keskinäiset yhteydet ja niitä palvelevat järjestelmät. Koska todellisessa leikkauksessa näkyvät vain leikkaustasoon osuvat tilat, periaatekaaviossa muut tilat sijoitetaan esityksen selkeyden vuoksi kaavioon myös leikkauslinjan ulkopuolelta. Tämän vuoksi tilojen järjestys kaaviossa ei kaikilta osin vastaa pohjakuvan mukaista todellista sijaintijärjestystä. Kaaviossa esitetään ilmanvaihtokoneet numeroituina, ja niitä palvelevat kanavistot piirretään viivoina huonetiloihin siltä ilmanvaihtokoneelta, joka kyseistä tilaa palvelee. Periaatekaavio, joka tehtiin, tehtiin internet sivuilta löytyvään satunnaisen kohteen arkkitehtipohjasta, joka on liitteenä 2 (Arkkitehtitoimisto Jari Holopainen Oy 2009).

Periaatekaavion luominen alkoi helposti. Ensimmäisen kehotteen syöttämisen jälkeen kuitenkin kului aikaa tunnin verran ChatGPT:n ohjeistamiseen jotta kaaviossa vielä olevat virheet oltaisiin saatu korjattua, ja kaavion tekeminen lopetettiin sen jälkeen koska aikaa kului liikaa saavutettuun hyötyyn nähden. Tiettyjen ongelmien yli ei päässyt tekstiohjeiden syöttämisen avulla, tai lataamalla itse piirrettyjä kuvankaappauksia ohjeeksi ChatGPT keskusteluun. Aikaa olisi pitänyt käyttää reilusti, jotta yksinkertaisen tehtävän saisi tehtyä. Tässä koossa oleva kohde ehkä kannattaa tehdä itse CAD ohjelmalla. Mutta jos kohteen skaala on isompi, ja keskusteluhistoriassa on onnistuneesti luotu periaatekaavio voi olla, että sillä on mahdollista tehdä periaatteellinen ilmanvaihdon tai muu kaavio nopeasti.

Kuitenkin tässä nähtiin, että tekoälyssä on vielä kehittymisen varaa, jotkin ohjeet ei menneet perille ChatGPT:n päättelyyn, vaikka niitä ohjeita yritettiin antaa pitkään eri tavoin. Lopputuloksesta näkyy kuinka osia kanavista ei saanut yhdistettyä millään, ja osa kanavistoista tehtiin väärälle koneelle. Jos aikaa olisi rajattomasti, periaatekaavion olisi todennäköisesti saanut tehtyä valmiiksi ChatGPT:lläkin. Kuvassa 1 on nähtävillä ChatGPT:llä luotu periaatekaavio. Alla alkuperäinen kehote. Tämän jälkeen piti vielä pitkän keskustelun ajan ohjeistaa ChatGPT:tä, ja silti työ ei tullut valmiiksi.

*Tee ilmanvaihdon periaatekaavio tämän PDF piirustuksen perusteella. Periaatekaavio on sivultapäin katsottu mutta ei mittakaavassa oleva kuva, jossa huoneet on periaatteellisesti esitetty, sekä huoneita palvelevat*

ilmanvaihdon tulo ja poistokanavat. ilmanvaihtokoneet sijaitsevat ylemmässä kerroksessa yhdessä huoneessa, jonka nimi on "IVKH 01". Muut huonenumerot ja nimet saat pohjakuvasta. Merkitse ne periaatekaavioon. Periaatekaaviossa koneilta tulevat tulo ja poistokanavat tulevat huonetiloihin ja päättyvät tulo- tai poistonuoleen. Kanavat piirretään vain yhdellä viivalla, tulo voi olla punainen, ja poisto keltainen. huoneiden rajat on vain viivoja, samoin lattia katto ja välipohja. Huoneita ei saa ihan vierekkäin, koska kyseessä on periaatekaavio, se toimii periaateleikkauksena, jota katsotaan vasemmalta oikealle mutta siinä näkyy kaikki huoneet. Numeroi huoneet OT1, OT2 ja niin edelleen katsoen nimen arkkitehtipohjasta ja lisäen siihen juokseva numero siten että numerointi kulkee myötäpäivään pohjakuvasta katsoen. Yläosan huoneita palvelee kone 301TK01 ja alaosa 302TK01. Vessoja palvelee 301PK01. merkitse koneiden nimet myös kuvaan koneiden kohdalle, ja merkitse koneet neliöinä.



Kuva 1. ChatGPT:n luoma ilmanvaihdon periaatekaavio. Jotkin kanavista eivät yhdisty mihinkään, ja osa kanavista on yhdistetty väärään koneeseen.

#### 5.4 Valmistuskeittiön normivirtaamien summien laskettaminen

ChatGPT:llä tehtiin kuvitteellista suunnitteluvaihetta, jossa teetätettiin normivirtaamien summien laskeminen kylmän ja lämpimän veden vesijohtoilille. Tällainen tehtävä voi tulla suunnittelutyössä vastaan suunnitteluprosessissa. Kyseessä voi olla jokin pieni korjausrakentamisen suunnittelutehtävä, jossa on tarkoitus tehdä uusi valmistuskeittiö olemassa olevaan suurempaan tilakokonaisuuteen. Tekoälyllä voi nopeasti laskea normivirtaamien summan, jotta pääsee käsiksi esimerkiksi olemassa olevien vesijohtojen runkokokojen ja mahdollisen vesimittarien

riittävyteen. Toki myös suunnitteluun sisältyisi lämpimän kiertovesijohdon dimension suunnittelu sekä mahdollisten erillisten vesimittarien määrittäminen. Pohjakuva valmistuskeittiöstä on Liite 3. Alla annettu kehote.

*Laske hankesuunnitelmaan vesijohtojen runkoputkien mitoittamista varten normivirtaamien summa kylmän ja lämpimän veden vesijohdoille tästä ammattikeittiöstä. Arvioi laitteiden virtaamat seuraavista tiedoista: Uuni on yhdistelmäuuni vesiliitoksella. Astianpesualtaassa on normaali keittiöhana. Astianpesukone on ammattimainen astianpesukone (kupumalli). Astianpesukoneen vieressä on tavanomainen valmistuskeittiön esipesusuihku. Pesuallas on käsienpesuallas tavallisella pesuallashanalla. Siivouskomerossa on aputilahana. Hae virtaamatiedot internetistä tavanomaisin arvoin. Voit käyttää myös lähdetietona tätä taulukkoa: [https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/d1\\_2007\\_liite\\_2.pdf](https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/d1_2007_liite_2.pdf) Itse valmistuskeittiö on liitteenä tässä, ja on ympyröity punaisella:*

Tehtävä sujui hyvin. Tämä osoittaa kuinka tärkeää on antaa huolellisesti pohdittu kehote, jolloin saadaan heti keskustelu oikeille raiteille ChatGPT:n kanssa. Tehtävä oli toki yksinkertainen, mutta osoitti ChatGPT:n potentiaalin yhdistää tiedonhakeminen ja laskenta onnistuneesti. Tällaista laskentaa voidaan skaalata isompiin kokonaisuuksiin, tai hyödyntää siten että useampia kohteita voidaan käsitellä nopeammassa ajassa kuin ennen. ChatGPT vastaus on taulukko 2. Virtaamat on tarkistettu ja ovat oikein.

*Taulukko 2. ChatGPT:n antamat normivirtaamat.*

Vesipiste/laite	Kylmä vesi dm <sup>3</sup> /s	Lämmin vesi dm <sup>3</sup> /s
Astianpesuallas, keittiöhana	0,20	0,20
Yhdistelmäuuni	0,20	0,00
Kupuastianpesukone	0,20	0,30
Esipesusuihku	0,20	0,20
Käsienpesuallas	0,10	0,10

Siivouskomeron aputi-lahana	0,20	0,20
Summa	1,10	1,00

## 5.5 Lämpöhäviölaskelmat ChatGPT:llä

Lämpöhäviölaskelmat ovat LVI-suunnittelutyössä leipätyötä, joiden kautta päästään käsiksi lämmitystehontarpeeseen ja voidaan valita esimerkiksi lämmityspatterit tarvitun tehon mukaisiksi, jotta lämpöhäviöt voidaan kattaa. Lämpöhäviöiden ulkoistaminen tekoälymallille nopeuttaisi suunnittelutyötä. Työssä kokeiltiin lämpöhäviölaskelmia kuvitteellisessa kohteessa, ja annettiin lähtötiedot kehotteessa. Pohjakuvana kohteelle käytettiin Liitteen 2 pohjakuvaa, joka ladattiin ChatGPT:lle. Laskelmaa yksinkertaistettiin opinnäytetyötä varten niin että lämpöhäviöistä laskettiin vain johtumislämpöhäviöt. Vuotoilmaa ja ilmanvaihdon lämpöhäviötä ei laskettu.

Kuopiossa lämpöhäviölaskennassa käytetään ulkolämpötilaa -32, minkä ChatGPT asetti oikein. Laskelmalla saatiin pienen rakennuksen lämpöhäviöt suoraan pohjakuvaan merkattuna. Tässä on potentiaalia suunnittelutyön nopeuttamiseen, varsinkin jos kohde on iso rakennus. Lähtöarvot ja laskennat tulee kuitenkin tarkastaa. Liite 4 on ChatGPT:n pohjakuvaan tuottama lämpöhäviölaskelma huonekohtaisesti. Alla on tehtävään ChatGPT:lle syötetty kehote:

*Laske rakennuksen johtumislämpöhäviöt tämän pohjan mukaan, ja merkitse ne pohjakuvan huoneisiin watteina punaisella. Oletetaan, että rakennuksessa ei ole muita kerroksia, vaan yläpohja on yläpuolella. Käytä lähteenä asetuksen 1010/2017 U-arvoja. Älä huomioi vuotoilmaa tai ilmanvaihtoa. Kohde sijaitsee Kuopiossa.*

## 6 POHDINTA

Tekoälymallien käyttäminen tiedonhakuun tai laskentoihin on perusasia, joka tuottaa hyötyä kaikille työntekijöille, mutta erityisen tärkeää on muistaa tarkistaa vastausten oikeellisuus ja pyytää lähteet saatuihin vastauksiin. Laskelmien pyytämässä varsinkin pitää antaa erittäin tarkat lähtöarvot, ja tarkastaa tarkasti tekoälymallin tekemän laskelman oikeellisuus.

Tämän opinnäytetyön tekstin tuottamisessa ja kieliopin tarkastamisessa on käytetty ChatGPT:tä. Kaikki tuotetun tekstin asiasisältö on tarkastettu. Tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia tutkittaessa päädyttiin johtopäätökseen, että yritykselle suositellaan kahta ratkaisua tässä vaiheessa.

Ensimmäinen ratkaisu on ottaa käyttöön ChatGPT Enterprise tai vastaava eri valmistajan LLM tekoälymalli joillekin yksittäisille työntekijöille tai kaikille työntekijöille. Lähtökohtaisesti asiakas- sekä yritystietojen vuotaminen ei tapahdu kielimallin koulutusaineistoksi Enterprise versiossa. Kun työntekijällä on Enterprise versio ”suunnitteluapurina” sitä voidaan kouluttaa muistamaan aiemmin opetettua tietoa. Kun ChatGPT Plus versiota testattiin luvussa 5 joillakin tehtävillä tässä opinnäytetyössä, huomattiin että jo tavallisella ChatGPT Plus versiolla on potentiaalia nopeuttaa suunnitteluprosessissa aikaa vieviä tehtäviä. Tästä hyvänä esimerkkinä lämpöäviölaskelmien tekeminen ChatGPT:llä. Tätä ajattelua voidaan soveltaa muihinkin suunnittelutyössä eteen tuleviin tehtäviin. Hidastavana elementtinä on toistaiseksi tarve tarkistaa tekoälymallin tekemien tehtävien lopputulokset, ja juuri tämä tarkastamisen tarve voi monesti työelämässä ajaa tekemään tehtävät perinteisin menetelmin. Tavallisen tekoälymallin kuten ChatGPT potentiaali on jo nyt kuitenkin selvästi tullut esiin suunnittelun aikaa säästävänä apulaisena.

Toisena ratkaisuna ehdotetaan API-ohjelmistojen teettämistä ohjelmistoyrityksen avulla työpaikallemme, koska yleisimmät kielimallit kuten ChatGPT ei tietoturvasyistä pääse suoraan käsiksi paikallisiin tiedostoihin ja kovalevyihin. Lisäksi tässä ratkaisussa voisi olla tietoturvasyistä oma levy yrityksen palvelimella tekoälymallin lähdeaineistoksi. Tuolla levyllä olisi PDF dokumentteina asiakas- ja

yriytiedoista vapaata lähdeaineistoa. Esimerkiksi ChatGPT toimii pilvipalveluna, eikä sillä ole suoraa pääsyä yrityksen tietokoneisiin tai palvelimiin. Nykyisin ChatGPT voidaan yhdistää Sharepointin kautta Onedrivenessä oleviin tiedostoihin, jolloin voidaan pitää tekoälyn tarvitsemaa lähdeaineistoa Onedriven kansiossa tarvittaessa (Techspot 2025). ChatGPT:ssä on myös mahdollisuus yhdistää kielimalli Google Driveen. Levyltä (API-ohjelmiston avulla), Onedrivenessä tai Google Drivenessä tekoälymalli hakisi tietoa aineistosta, ja tuottaisi API-ohjelmiston avulla pyydettyä suunnitteluaineistoa PDF-dokumentteina. Huolimatta saatavilla olevista pilvipalveluista voi yritys haluta kytkeä tekoälymallin API-ohjelman kautta erilliselle levyllä tietoturvallisuuden maksimoimiseksi. Voi myös olla käytännöllisempää pitää tiedostoja ulkoisella levyllä, kuin että niitä erikseen ladattaisiin pilvipalveluun. Tekoälymalli voisi API-koodauksen tai API-ohjelmiston ja koodauksen avulla tehdä jonkinlaisia piirustuksia, kuten periaatepiirustuksia ja detaljeja DWG tiedostoista, ja tulostaa näistä PDF tulosteita. API-ohjelma liitetään ChatGPT:hen Enterprise version valikoiden kautta.

Tekoälyn kanssa toimimisen kehittämistä kannattaa jatkaa. Tekoäly kehittyy kovaa vauhtia, joten vuoden päästä tilanne voi olla aivan erinäköinen. Kielimalleissa voi löytyä silloin jo itsessään sellaiset keinot, että voidaan kielimalli yhdistää suoraan käsittelemään jotain tiettyä levyä palvelimella. Tekoäly pitää ottaa käyttöön, jotta siitä voi oppia. Kun käyttäjä oppii tekemään DWG piirustuksia tekoälyn välityksellä, niin siitä voi oppia lisää. Sama käyttäjän oppiminen on kyseessä, jos käyttäjä alkaa käyttämään ChatGPT Enterprise versiota suunnittelun avustaviin tehtäviin, niin käyttäjä itse rutinoituu siihen, ja työprosessilla on todellinen potentiaali nopeutua.

Tekoälyn hyödyntämistä voidaan ajatella myös täysin uusista näkökulmista, joissa se toimii eräänlaisena "digitaalisena LVI-asiantuntijana" yrityksen sisällä. Esimerkiksi tekoälylle voitaisiin opettaa yrityksen aiempien hankkeiden onnistumiset ja virheet, jolloin se voisi jo suunnittelun alkuvaiheessa ehdottaa riskikohtia, vaihtoehtoisia järjestelmäratkaisuja tai kustannustehokkaampia toteutustapoja. Lisäksi tekoälyä voisi käyttää erilaisten suunnitteluskenaarioiden nopeaan vertailuun tai luonnossuunnittelun ideointiin, jolloin suunnittelija saa nopeasti useita toteutusvaihtoehtoja harkittavaksi ilman raskasta manuaalista työtä.

## LÄHTEET

Aalto yliopisto 2025. Talotekniikka 2030. Luettavissa: [https://www.aalto.fi/sites/default/files/2025-09/TH12-Vakioitu tieto ja tekoaly talotekniikan datatoulouden mahdollistajina.pdf](https://www.aalto.fi/sites/default/files/2025-09/TH12-Vakioitu_tieto_ja_tekoaly_talotekniikan_datatoulouden_mahdollistajina.pdf) . Luettu 11.11.2025.

Adobe 2025. OCR PDF: Tunnista tekstiä skannatuista dokumenteista. Luettavissa: <https://www.adobe.com/fi/acrobat/online/ocr-pdf.html> . Luettu 23.12.2025.

AI-opas s. a. a. Johdanto tekoölyyn. Luettavissa: <https://ai-opas.fi/tekoaly/> . Luettu 29.12.2025.

AI-opas s. a. b. Hallusinaatioista. Luettavissa: <https://ai-opas.fi/promptaus/hallusinaatioista/> . Luettu 29.12.2025.

AI-opas 2024. Johdatus tekoölyyn: Tekoölyyn liittyvät käsitteet. Luettavissa: <https://ai.xamk.fi/johdatus-tekoalyyn/tekoalyyn-liittyvat-kasitteet> . Luettu: 10.11.2025.

Arkkitehtitoimisto Jari Holopainen 2009. Pirtin viipalekoulut, pohjapiirustus. Luettu: 8.4.2026. Luettavissa: <https://kiertonet.fi/liitteet/139469/Viipale%20E%20pohja.pdf> .

Bimlogiq 2025. Revit AI Tools That Transform Your BIM Workflow. Luettavissa: <https://bimlogiq.com/> . Luettu 28.12.2025.

Brik 2023. ChatGPT ja kielimallit tekoölyn ytimessä. Luettavissa: <https://brik.fi/brik-lehti/chatgpt-kielimallit-tekoaly/> . Luettu 10.11.2025.

Britannica 2025. Large language model. Luettavissa: <https://www.britannica.com/topic/large-language-model> . Luettu 23.12.2025

Changyu D. 2024. Text2BIM: Generating Building Models Using a Large Language Model-based Multi-Agent Framework. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2408.08054> . Luettu 22.1.2026.

Chen, H., Xiang, Q., Hu, J., Ye, M., Yu, C., Cheng, H. & Zhang, L. 2025. Comprehensive exploration of diffusion models in image generation: a survey.

Artificial Intelligence Review, vol. 58, article 99. Luettavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-025-11110-3> . Luettu 4.12.2025.

Collins, C., Dennehy, D., Conboy, K. & Mikalef, P. 2021. Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda. International Journal of Information Management, 60, s. 7. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401221000761?via%3Dihub> . Luettu: 9.11.2025

FINVAC s.a. Opas ilmanvaihdon mitoituksiin muissa kuin asuinrakennuksissa. Luettavissa: [https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019b.pdf](https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas_ilmanvaihdon_mitoitukseen_muissa_kuin_asuinrakennuksissa_2019b.pdf) . Luettu 6.4.2026.

García-Peñalvo, F. & Vázquez-Ingelmo, A. 2023. What Do We Mean by GenAI? A Systematic Mapping of The Evolution, Trends, and Techniques Involved in Generative AI. Ijimai journal, 8, 4, s. 1. Luettavissa: <https://www.ijimai.org/index.php/ijimai/article/view/337> . Luettu: 9.11.2025.

Granlund 2025. Granlund jakaa maksutta valmiin tietomallinnuspohjan – tukee uuden rakentamislain vaatimuksia. Luettavissa: <https://www.granlund.fi/uutinen/granlund-jakaa-maksutta-valmiin-tietomallinnuspohjan/> . Luettu 25.3.2026.

Helsinki s.a. Ravintolan tai kahvilan perustamisohje. Sivu 4. Luettu 11.4.2026. Luettavissa: [https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Ravintola kahvila-MRL.pdf](https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Ravintola_kahvila-MRL.pdf) .

Insinööri Studio s.a. Paras referenssi on tyytyväinen asiakas. Luettavissa: <https://www.insinooristudio.fi/yritys/> . Luettu: 4.12.2025.

LVI 03-10360 2003. LVI-selostusohje. Rakennustieto Oy. Helsinki. Luettavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2003-10360> . Vaatii kirjautumisen. Luettu 27.12.2025.

Lämmitysvertailu s.a. Lämmitystapojen vertailulaskuri. Luettavissa: <https://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/> . Luettu 6.1.2026.

MDPI 2025. Performance and Efficiency Gains of NPU-Based Servers over GPUs for AI Model Inference. Luettavissa: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/9/797> . Luettu: 6.1.2026.

Motiva s.a. Kestävän kehityksen asiantuntija. Luettavissa: <https://www.motiva.fi/> . Luettu 6.4.2026.

Nvidia s.a. H100 GPU. Luettavissa: <https://www.nvidia.com/en-us/data-center/h100/> . Luettu: 6.1.2026.

Nithyanantham, B. Sesterhenn, T. Nedungadi, A. Garijo, S. Zenkner, J. Bartelt, C. & Lüdtke, S. 2025. MCP4IFC: IFC-Based Building Design Using Large Language Models. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2511.05533> . Luettu 16.3.2026.

OpenAI 2018. Learning Dexterous In-Hand Manipulation. arXiv:1808.00177. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/1808.00177> . Luettu: 4.12.2025.

OpenAI 2025. Esittelyssä GPT-5. Luettavissa: <https://openai.com/fi-FI/index/introducing-gpt-5/> . Luettu: 27.12.2025.

Paasi, H. 12.12.2025. Laatu- ja IT-päällikkö. Insinööri Studio Oy. Haastattelu. Microsoft Teams.

Pubmed 2018. Luettavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29934920/> . Luettu: 23.12.2025.

Rakennusteollisuus 2024. Rakennusalan digisanasto. Luettavissa: <https://rt.fi/wp-content/uploads/2024/04/Rakennusalan-digisanasto-RT.pdf> . Luettu 23.12.2025.

Rasha, S. 2025. Digitization of Document and Information Extraction using OCR. arXiv:1808.00177. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2506.11156> . Luettu: 23.12.2025.

Schneider Electric 2024. AI-Powered HVAC. Luettavissa: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Thought+Leadership+Article&p\\_Doc\\_Ref=TLA+AI+Powered+HVAC](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Thought+Leadership+Article&p_Doc_Ref=TLA+AI+Powered+HVAC) . Luettu 23.03.2026.

Springer Nature 2025 a. Generative AI in depth: A survey of recent advances, model variants, and real-world applications. Luettavissa: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40537-025-01247-x> . Luettu 23.12.2025.

Springer Nature 2025 b. Reinforcement Learning in Education: A Systematic Literature Review. Luettavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-025-00494-6> . Luettu 23.12.2025.

Taye, M.M. 2023. Theoretical Understanding of Convolutional Neural Network: Concepts, Architectures, Applications, Future Directions. Computers, 13(2), 150. Luettavissa: <https://www.mdpi.com/2079-3197/11/3/52> . Luettu: 4.12.2025.

Techspot 2025. ChatGPT now integrates with Google Drive, Dropbox, Box, SharePoint, and OneDrive. Luettavissa: <https://www.techspot.com/news/108194-chatgpt-expands-business-features-cloud-access-transcription-tools.html> . Luettu: 6.4.2026.

Tilastokeskus 2024. 23 % suomalaisista käytti generatiivista tekoälypalvelua vuonna 2024. Luettavissa: <https://stat.fi/julkaisu/cm42fjq642e9507vyca4lko1r> . Luettu: 9.11.2025.

Valtiovarainministeriö 2025. Julkisen hallinnon API-periaatteet. Luettavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/items/1f5c1f04-ebbb-4ec8-a4f4-76ac3ab19db4> . Luettu 27.12.2025.

Vierijärvi, J. 11.11.2025. Product development engineer. MagiCAD Group Oy. Sähköposti.

Wikipedia 2025. Diffusion Model. Luettavissa: [https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_model) . Luettu 23.12.2025.

## **LIITTEET**

Liite 1 LVI-Työselostus – Elektroniikkateollisuuden puhdastila (Laajennus)

Liite 2 Pirtin viipalekoulut, pohjapiirustus (Arkkitehtitoimisto Jari Holopainen 2009.)

Liite 3 Valmistuskeittiön pohja. (Helsinki s.a.)

Liite 4 Lämpöhäviöt laskettuna Liitteen 2 pohjapiirustukseen.

## **1 YLEISTIEDOT**

Kohde: Elektroniikkateollisuuden puhdastila (laajennus)

Sijainti: Testitie 1, Espoo

Rakennustyyppi: Elektroniikkateollisuuden puhdastila

Tämä työselostus täydentää LVI-suunnitelmapiirustuksia ja esittää toteutukseen, laatuun ja liitännöihin liittyvät vaatimukset, joita ei ole esitetty piirustuksissa.

## **2 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ**

Kohteessa on oma ilmanvaihtokone puhdastilaa varten. Ilmanvaihto toteutetaan koneellisena tulo- ja poistoilmanvaihtona.

Puhdastilassa ei käytetä lämmöntalteenottoa (LTO) ristikontaminaatoriskin vuoksi. Ilmanvaihtokone varustetaan korkealuokkaisilla suodattimilla (esim. HEPA-suodatus) ja järjestelmä toteutetaan tiiviinä.

Kanavaliitokset tehdään tiiviysluokan C mukaisesti. Kaikki kanavat ja päätelaitteet puhdistetaan ennen käyttöönottoa. Asennuksissa tulee noudattaa puhdastilarakentamisen puhtausvaatimuksia.

## **3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ**

Lämmitysjärjestelmä toteutetaan kaukolämmöllä. Lämmönjakotapana on vesikiertoinen lattialämmitys.

Lattialämmitysputkistot asennetaan suunnitelmien mukaisesti ja varustetaan säätö- ja sulkuventtiileillä. Jakotukit sijoitetaan huollettaviin tiloihin. Putkiliitokset tehdään valmistajan hyväksymillä liitostavoilla.

## **4 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ**

Kohteessa on vedenjäähdytyskone. Jäähdytys toteutetaan puhallinkonvektoreilla.

Jäähdytysverkoston lämpötilat valitaan siten, että pintojen lämpötila pysyy kastepistelämpötilan yläpuolella, eikä kondenssiviemärointiä tarvita.

Putkistot eristetään huolellisesti kondenssiriskin estämiseksi. Liitännät tehdään joustavilla liittimillä tärinän vaimentamiseksi.

## **5 VESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT**

Vesi- ja viemärijärjestelmät toteutetaan normaalien määräysten mukaisesti.

Puhdastilassa käytettävien vesipisteiden materiaalien tulee olla helposti puhdistettavia ja korroosionkestäviä. Viemäröinnit toteutetaan siten, että likaantumis- ja takaisinvirtausriski minimoidaan.

Kaikki liitokset tehdään tiiviisti ja tarkastetaan ennen käyttöönottoa.

