



# Vesihuollon suunnittelun optimointi automaation avulla AFRYllä

Helmi Pölkki

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2025

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka

**Pölkki, Helmi**

## **Vesihuollon suunnittelun optimointi automaation avulla AFRYllä**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2025, 41 sivua

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

### **Tiivistelmä**

Vesihuollon investointitarve kasvaa olemassa olevan infrastruktuurin lisääntyneen saneeraustarpeen vuoksi. Rakentamiselle tarvitaan myös suunnittelijoita, joten suunnitteluprojekteja ulkoistetaan suunnitteluyrityksille. Vesihuollon suunnittelussa on lukuisia rutiinimaisia suunnittelutehtäviä, joita voisi automatisoida. Automaation kehittymisen myötä sen hyödyntäminen on lisääntynyt suunnittelualoilla, jonka vuoksi myös vesihuollon ja automaation yhdistämisen tarkastelu oli ajankohtaista. Toimeksiantajana toimi konsultti- ja suunnitteluyritys AFRY.

Tavoitteena oli tutkia keinoja automaation hyödyntämiseen toimeksiantajan vesihuollon suunnittelutehtävissä. Työ toteutettiin kehittämistyönä ja tutkimusmenetelminä käytettiin havainnointia sekä kokeneiden vesihuollon suunnittelijoiden haastatteluita. Työn aikana tarkasteltiin automatisoitavia ja jo automatisoituja suunnittelutehtäviä sekä keinoja automaation lisäämiselle.

Opinnäytetyön aikana selvisi, että vesihuollon suunnittelussa on tarvetta automatisoinnille. Automaation hyödyntäminen vesihuollon suunnittelijoiden toimesta on ollut vähäistä, mutta automatisoinnilla on potentiaalia vesihuollon suunnittelualan kehittämisen kannalta. Merkittävin keino automaation lisäämiselle oli Dynamo- ohjelmointialusta, jolla pystyy automatisoimaan suunnittelutehtäviä visuaalisella ohjelmoinnilla.

Vesihuollon suunnittelualan automaatoratkaisut tulevat kehittymään tulevaisuudessa suunnitteluohjelmistojen kehittäjien myötä. Vesihuollon suunnittelijoiden on hyvä ymmärtää automaation prosessia ja olla mukana kehitystyössä, jotta uudet teknologiat vastaavat suunnittelijoiden käytännön tarpeisiin. Työn tulosten myötä suunnittelijoilla on työkaluja suunnittelutehtävien automatisointiin myös itsenäisesti.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Vesihuolto, suunnittelu, automaatio, Civil 3D, Dynamo

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Liitteet 1 ja 2 sisältävät salassa pidettäviä tietoja, joten ne on poistettu opinnäytetyön julkisesta osuudesta. Perusteena salassapidolle on Julkisuuslain 621/1999 24§ kohta 17; liike- tai ammattisalaisuus. Salassapito aika on viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 16.4.2030

**Pölkki, Helmi**

### **Optimization of water supply design through automation at AFRY**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2025, 41 pages.

Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Investment for water supply is increasing due to the need of renovations of existing infrastructure. Constructions need designers, so the projects are outsourced to design companies. There are numerous tasks in water supply design that could be automated. It was time to study the combination of water supply and automation due to the development of automation. The client for the thesis was the consult and design company AFRY.

The goal was to investigate ways to use automation in the client's water supply design tasks. The work was carried out as a development project and the research methods included observation and interviews with experienced water supply designers. During the thesis automated, and automatable design tasks were examined along with ways to increase automation.

There is a need for automation in water supply design. The use of automation by water supply designers has been limited, but automation has a potential to develop the water supply design field. The most significant tool for increasing automation was Dynamo programming software. It enables the automation of design tasks through visual programming.

Automation solutions in the water supply design field will be evolved by software developers in the future. Water supply designers should understand the automation process and actively participate in the development work, so new technologies meet practical needs. The designers will have tools for automating design tasks independently because of the thesis.

### **Keywords/tags (subjects)**

Water supply, design, automation, Civil 3D, Dynamo

### **Miscellaneous (Confidential information)**

Attachments 1 and 2 contain confidential information, so they have been removed from the public part of the thesis. The confidentiality is based on the law 621/1999 24§ section 17, business or professional secret. The period of secrecy is five (5) years, and it ends on 16.4.2030.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
1.1	Vesihuollon järjestelmien nykytila ja tulevaisuus .....	3
1.2	Aiheen valinta ja rajaus .....	4
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet.....	5
1.4	Työn toimeksiantaja AFRY .....	6
1.5	Tutkimusmenetelmät .....	6
1.6	Työn eettisyys ja luotettavuus .....	8
<b>2</b>	<b>Vesihuolto</b> .....	<b>9</b>
2.1	Vesihuollon toteutus Suomessa .....	9
2.2	Vesihuollon järjestelmät .....	11
2.3	Hulevesien hallinta .....	12
2.4	Vesihuollon saneeraus .....	13
<b>3</b>	<b>Vesihuollon suunnittelu</b> .....	<b>14</b>
3.1	Civil 3D- suunnitteluohjelmisto .....	14
3.2	Vesihuollon suunnittelun tavoitteet .....	14
3.3	Vesihuollon suunnitteluprosessi .....	15
3.4	Vesihuollon kaivannot ja rakenteiden sijoittaminen .....	18
3.5	Vesihuollon materiaalit ja mitoitus .....	21
<b>4</b>	<b>Automaatio vesihuollon suunnittelussa</b> .....	<b>22</b>
4.1	Älykäs automaatio.....	22
4.2	Älykkään automaation käyttämisen eettisyys .....	23
4.3	Parametrinen suunnittelu .....	24
<b>5</b>	<b>Vesihuollon suunnittelutehtävät</b> .....	<b>25</b>
5.1	Automatisoitavissa olevat suunnittelutehtävät .....	25
5.2	Automatisoidut suunnittelutehtävät .....	28
<b>6</b>	<b>Vesihuollon suunnittelutehtävien automatisointi</b> .....	<b>28</b>
6.1	Automaatio Civil 3D- suunnitteluohjelmistossa .....	28
6.2	Dynamo- ohjeistus .....	31
6.3	Esimerkki Dynamon käytöstä .....	35

<b>7 Johtopäätökset ja pohdinta .....</b>	<b>35</b>
<b>8 Jatkokehitysehdotukset .....</b>	<b>37</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>38</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>42</b>
Liite 1. Automatisoidut suunnittelutehtävät (Salassa pidettävä) .....	42
Liite 2. Esimerkki Dynamon käytöstä (Salassa pidettävä) .....	43

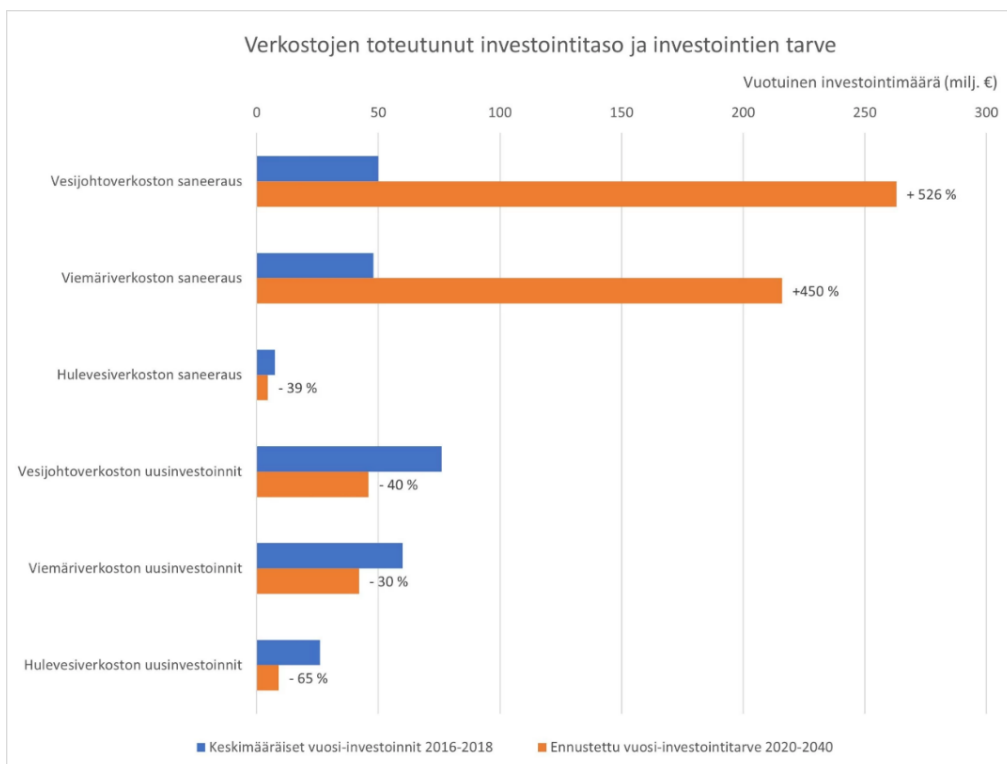
## **Kuviot**

Kuvio 1. Verkostojen toteutunut investointitaso ja investoinnin tarve (Vesihuoltoverkostot kaipaavat kunnostusta 2023).....	3
Kuvio 2. Käyttöveden prosessi Kymen Veden alueella (Kymen Vesi n.d.).....	10
Kuvio 3. Kuvitteellinen pelkistetty suunnitelmakartta (Pölkki 2025b). ....	16
Kuvio 4. Kuvitteellinen kaivokortti (Pölkki 2025a). ....	17
Kuvio 5. Kuvitteellinen pituusleikkaus (Pölkki 2025c).....	18
Kuvio 6. Tukemattoman maakaivannon vähimmäismitat (16210:K1 Tukemattoman maakaivannon vähimmäismitat 2024). ....	19
Kuvio 7. Johtokaivanto (31100:K1 Johtokaivanto 2024). ....	20
Kuvio 8. Create- välilehti (Civil 2024). ....	29
Kuvio 9. Edit- välilehti (Civil 2024). ....	29
Kuvio 10. Manage- välilehti (Civil 2024).....	30
Kuvio 11. Elevation & Profile- välilehti (Civil 2024).....	30
Kuvio 12. Select- välilehti (Civil 2024). ....	31
Kuvio 13. Dynamo kuvakkeet (Civil 2024).....	31
Kuvio 14. Dynamon aloitusnäkymä (Dynamo 2025).....	32
Kuvio 15. Dynamo kirjasto (Dynamo 2025). ....	33
Kuvio 16. Solmujen jaottelu (Dynamo 2025). ....	34
Kuvio 17. Esimerkkikuva solmusta (Dynamo 2025). ....	34

# 1 Johdanto

## 1.1 Vesihuollon järjestelmien nykytila ja tulevaisuus

Olemassa oleva vesihuollon infrastruktuuri ikääntyy, jolloin vesihuollon omaisuuden korjaustarve kasvaa. Saneerausten lisäksi uusille asuinalueille rakennetaan jatkuvasti uutta verkostoa. Kokonaisinvestointitarve koostuu saneeraus- ja uusinvestoinneista ja se on tällä hetkellä noin 400 miljoonaa euroa vuodessa. Vesilaitosyhdistys on kuitenkin arvioinut, että luku tulee jopa kaksinkertaistumaan lähitulevaisuudessa. (Ks. kuvio 1.) (Vesihuolto n.d.)



Kuvio 1. Verkostojen toteutunut investointitaso ja investoinnin tarve (Vesihuoltoverkostot kaipaavat kunnostusta 2023).

Kasvaneen saneeraustarpeen lisäksi ilmastonmuutos on tuonut esille ongelman liittyen hulevesiin. Lisääntyneet rankkasateet eivät pääse imeytymään maaperään rakennetuilla alueilla, jolloin hulevedet aiheuttavat tulvia. Näiden syntymistä voidaan kuitenkin estää hyvällä hulevesien hallinnalla. Yksi keino hulevesien hallintaan ovat rakennetut hulevesijärjestelmät, joilla hulevesiä voidaan kuljettaa imeytysalueille. Hulevesien hallinnan suunnittelulla on oma roolinsa rakennuskohteita suunniteltaessa. (Hulevesien aiheuttamat tulvariskit 2022.)

Investointitarpeen kasvaessa ongelmaan on vastattava. Vesihuollon rakennusprojekteja tullaan toteuttamaan tulevaisuudessa enemmän. Tämä tarkoittaa sitä, että projekteihin tarvitaan myös suunnittelijoita. Rakennustavasta riippuen kunnilla ja muilla vesihuollon järjestäjillä ei välttämättä ole resursseja suunnittelujen toteuttamiseen. Suunnittelua ulkoistetaan konsultti- ja suunnittelu-yrityksille, jotta projektit saadaan toteutettua aikataulussa ja kestävän kehityksen laatukriteerien mukaisesti.

## **1.2 Aiheen valinta ja rajaus**

Opinnäytetyön aihevalinnan taustalla vaikutti kasvava suunnittelutarve ja automaation kehittymisen ajankohtaisuus. Automaattisia suunnitteluratkaisuja on tarkasteltu muilla suunnittelualoilla. Vastaavia tutkimuksia ei ole vielä toteutettu vesihuollon suunnittelun suhteen, vaikka työtehtävissä on paljon rutiinimaisia ja aikaa vieviä suunnittelutehtäviä. Tämän vuoksi opinnäytetyön aiheeksi valikoitui vesihuollon suunnittelun optimointi automaation avulla. Käytännössä aihe tarkoitti suunnittelun automatisoinnin keinojen ja automatisoitavissa olevien suunnittelutehtävien tarkastelua.

Konsultti- ja suunnittelu-yrityksille sekä suunnittelutöiden tilaajille on tärkeää, että suunnitteluprojektit saadaan suoritettua aikataulussa. Tarkkojen aikataulujen ja lukuisten projektien myötä vesihuollon suunnittelijoiden työmäärä voi vaihdella. Suunnittelutehtävien automatisoinnilla suunnittelijoille vapautuu aikaa ja resursseja niitä vaativiin työtehtäviin. Näin pystytään parantamaan suunnittelun tehokkuutta ja nopeuttamaan suunnitteluprojekteja. Suunnitteluprojektien nopeuttamisella taas mahdollistetaan useamman projektin työstäminen, jolloin pystytään vastaamaan kasvaneeseen suunnittelutarpeeseen tehokkaammin.

Opinnäytetyön aiheen rajaus toteutettiin ammattikorkeakoulutason opinnäytetyön laajuus huomioiden. Yleisesti ajateltuna automaatio ja infrasuunnittelu ovat hyvin laajoja käsitteitä. Nykyaikana automaatio-käsite sisältää keinoja teollisuusautomaatiosta koneoppimiseen. Infrasuunnittelu taas on katujen, teiden ja niiden rakenteiden suunnittelua. Rakenteisiin kuuluu vesihuollon lisäksi kaukolämpö- ja kaasuverkostot, sekä sähkö- ja telekaapelit. Lisäksi infrasuunnitteluun sisältyy myös siltojen ja tunneleiden suunnittelua.

Infrasuunnittelun laajuuden vuoksi aihe rajattiin koskemaan vain vesihuollon suunnittelun työtehtäviä. Vesihuollon rakennusprojekteissa yhdistetään vesijohtojen sekä jätevesi- ja hulevesiviemäreiden rakentaminen. Vesihuollon järjestelmien rakentaminen samalla kertaa on järkevää, jotta katuja ei tarvitse avata monesti uudestaan. Joskus voi olla projekteja, joissa uusitaan vain osa järjestelmistä, mutta se ei ole tavanomaista. Rakennusprojektien yhdistämisen myötä myös vesihuollon suunnitteluprosessit yhdistetään. Vesihuollon suunnittelun työtehtävien tarkastelu rajattiin koskemaan vesihuollon jokaista osa-aluetta toimeksiantajan tavanomaisten suunnitteluprosessien vuoksi.

Opinnäytetyössä käsiteltiin vesihuollon järjestämistä ja suunnittelua Suomessa, koska toimeksiantajan vesihuollon suunnittelijat suunnittelevat pääsääntöisesti kotimaan rakennuskohteita. Lisäksi he käyttävät vesihuollon suunnittelussa pääasiassa Civil 3D- suunnitteluohjelmistoa, joten suunnittelutehtävien tarkastelu rajattiin koskemaan vain kyseisellä suunnitteluohjelmistolla toteutettavia suunnittelutehtäviä. Automatisoinnin keinojen tarkastelu rajattiin koskemaan Civil 3D- suunnitteluohjelmiston ohjelmointialustaa Dynamoa, koska se on matalan kynnyksen ohjelmointialusta suunnittelutehtävien automatisointiin. Näin automaation osuus koski vain toimeksiantajan vesihuollon suunnittelun rutiininomaisia suunnittelutehtäviä ja parametrisen suunnittelun yhdistämisen tarkastelua. Aiherajauksilla opinnäytetyöstä saatiin aikaan kattava kokonaisuus ja se täytti vaaditut opinnäytetyön kriteerit, mutta työn laajuus pysyi silti maltillisena.

### **1.3 Opinnäytetyön tavoitteet**

Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena oli tarkastella tapoja hyödyntää automaatiota vesihuollon suunnittelutehtävissä. Lisäksi tavoitteena oli lisätä tietoisuutta automaation tuomista mahdollisuuksista vesihuollon suunnittelijoiden keskuudessa. Tällä pyrittiin edistämään automaation hyödyntämistä vesihuollon suunnittelussa ja näin kehittää toimeksiantajan suunnitteluprosesseja. Suunnitteluprosessien kehittämällä pyrittiin nopeuttamaan suunnittelua, helpottamaan suunnittelijoiden työskentelyä ja parantamaan toimeksiantajan tulosta. Prosessien kehityksen myötä ja automaattisten ratkaisujen tarkastelulla tavoiteltiin vesihuollon suunnittelualan edistämistä.

Vesihuollon suunnittelutehtävien lisäksi työn tuloksia voidaan hyödyntää myös eri alojen suunnittelutehtävissä. Tarkasteltua suunnitteluohjelmistoa käytetään myös muilla suunnittelualoilla. Varsinkin automatisoinnin keinot ovat hyvin sovellettavissa myös muihin suunnittelutehtäviin. Työssä

tarkasteltua ohjelmointialusta Dynamoa voidaan soveltaa eri suunnittelutehtävien lisäksi myös toiseen suunnitteluohjelmistoon.

Automaattioratkaisujen lisääminen ei ole täysin ongelmaton. Tämän vuoksi yhtenä opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää vesihuollon suunnittelun ja automaattioratkaisuiden yhdistämisen haasteet sekä samalla pohtia syitä haasteille. Haasteiden tarkastelun lisäksi opinnäytetyön aikana pohdittiin jatkokehitysehdotuksia. Kehitysehdotukset liittyivät vesihuollon suunnittelualan kehittämiseen suunnittelutehtävien ja automaation yhdistämisen näkökannalta. Lisäksi kehitysehdotuksissa sivuttiin myös muita suunnittelualoja.

## **1.4 Työn toimeksiantaja AFRY**

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi AFRY. AFRY on kansainvälinen yritys, joka toimii konsultti- ja suunnittelualalla. AFRY on luotu vuonna 2019, kun ÅF osti Pöyryn. ÅF oli alun perin ruotsalainen yritys ja se perustettiin vuonna 1895. Pöyry taas oli suomalainen yritys ja sen perustusvuosi oli 1958. Molemmat yritykset toimivat konsultti- ja suunnitteluyrityksinä ennen yhdistymistä. (ÅF ja Pöyry yhdistyivät AFRYksi n.d.) AFRYn pääkonttori on Ruotsissa ja heillä on toimistoja yhteensä 40 maassa, joissa työskentelee noin 19 000 työntekijää. Tästä määrästä noin 3000 työntekijää työskentelee Suomessa. Suomessa AFRYn toimistoja on 30 eri kaupungissa. (Faktat n.d.)

Suomessa yrityksellä on lukuisia palveluita eri aloilla. Energiateollisuuden palveluihin kuuluvat energiantuotannon ja -siirron konsultointia sekä suunnittelua. Infrasektorin suunnittelutehtävät liittyvät ratojen, teiden, katujen, siltojen ja tunneleiden suunnitteluun. Tähän lukeutuu vahvasti myös rakenteet, kuten vesi- ja jätehuollon järjestelmät. Kiinteistösektorilla on erilaisia suunnittelu-tehtäviä sekä valvontaa ja korjaustarpeen arviointia. Ympäristökonsultit taas toteuttavat ympäristövaikutusten arviointeja. Yrityksen projektit vaihtelevat pienistä projekteista laajoihin ja useita vuosia kestäviin kansainvälisiin projekteihin. (Palvelut n.d.)

## **1.5 Tutkimusmenetelmät**

Kehittämistyön yhtenä tavoitteena oli muokata suunnittelun prosessia niin, että toimeksiantajan toiminta paranee. Opinnäytetyön pääasiallisen tavoitteena oli siis parantaa vesihuollon suunnitte-

luprosessia, jonka vuoksi työ toteutettiin kehittämistyönä. Yleisesti ottaen kehittämistyö pyrkii kehittämään prosessia, mutta sen tuloksia voi myös soveltaa muihin yhteyksiin. Työn toimeksiantajana toimi yksi yritys, joten tapaustutkimus olisi voinut olla toinen vaihtoehto. Vesihuollon suunnittelu on kuitenkin hyvin laaja aihe, jonka vuoksi opinnäytetyön tulokset eivät kosketa vain kyseistä yritystä tai suunnitteluyksikköä. Lisäksi opinnäytetyön aihe on hyvin sovellettavissa myös eri yhteyksissä ja aloilla, joten kehittämistyö lopulta valikoitui optimaaliseksi työtavaksi. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2009.)

Työ rajattiin koskemaan seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Mitkä ovat vesihuollon suunnittelutehtävät, joita voisi automatisoida?
- Onko vesihuollon suunnittelutehtäviä jo automatisoitu?
- Miten vesihuollon suunnittelutehtäviä voidaan automatisoida?

Työ aloitettiin kartoittamalla toimeksiantajan vesihuollon suunnitteluprosessin nykytilanne. Käytännössä tämä tarkoitti suunnitteluprosessin sisällön ja suunnittelutehtävien tarkastelua. Nykytilan kartoituksen jälkeen tunnistettiin suunnittelutehtävät, joita voisi automatisoida. Suunnittelutehtävien tunnistus toteutettiin suunnittelutehtävien havainnoinnilla, jonka tueksi lisättiin vesihuollon suunnittelijoiden haastatteluita. Tämän jälkeen tarkasteltiin keinoja suunnittelutehtävien automatisointiin. Keinojen tarkastelu toteutettiin analysoimalla mahdollisuuksia. Työn aikana toteutettiin tiedonhaku tietokannoista. Tietokantojen tietoja verrattiin lisäksi toimeksiantajan omiin tietokantoihin, kuten tilaajien suunnitteluohjeisiin. Työssä pyrittiin löytämään vesihuollon suunnittelun luonteeseen ja suunnittelutehtäviin sopivat automaation keinot.

Tutkimuksen kohteita työssä oli vähän, jonka vuoksi tutkimusmenetelmiksi valikoitui laadulliset menetelmät. Opinnäytetyön kirjoittaja työskenteli opinnäytetyön kirjoittamisen ajan toimeksiantajalla vesihuollon suunnittelussa. Näin opinnäytetyön kirjoittaja pystyi osallistumaan ja havainnoimaan vesihuollon suunnitteluprosessia lähietäisyydeltä. Tämän vuoksi laadulliseksi menetelmäksi valikoitui osallistuva havainnointi. Havainnoinnin tavoitteena oli ymmärtää vesihuollon suunnitteluprosessia ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyön kirjoittajalla ei ollut taustalla omakohtaista kokemusta vesihuollon suunnittelusta, jonka vuoksi havainnoinnin tueksi lisättiin avoimet haastattelut. Näin saatiin lisättyä eri näkökulmia opinnäytetyön aiheeseen. Avoimet haastattelut olivat optimaalisia kyseiseen työhön, jotta haastateltava ja haastattelija pystyivät keskustelemaan aiheesta avoimesti toistensa kokemuksia hyödyntäen. (Ojasalo ym. 2009) Haastateltavat valikoituivat heidän osaamistaustansa ja työtehtävien mukaan. Haastattelut toteutettiin kasvotusten ja sähköpostin välityksellä. Niissä oli pääpaino nimenomaan suunnittelutehtävissä ja niiden kehittämisessä. Vesihuollon suunnittelutehtäviin liittyvien haastatteluiden lisäksi haastatteluaiheena oli myös automatisointi ja sen hyödyntäminen.

Automatisoitavien suunnittelutehtävien selvityksen lisäksi työssä tarkasteltiin keinoja niiden automatisointiin. Käytännössä työssä luotiin ohjeistuksia suunnittelutehtävien automatisoinnista vesihuollon suunnittelijoille. Näin pystyttiin takaamaan työn hyödyllisyys, jolloin suunnittelijoille saatiin avattua automatisointia ja kerättyä työkaluja suunnittelutehtävien automatisointiin tulevaisuudessa.

## **1.6 Työn eettisyys ja luotettavuus**

Työn toteutuksessa huomioitiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettiset periaatteet. Opinnäytetyössä hyödynnettiin ChatGPT- tekoälysovellusta aiheen rajauksen ja tavoitteiden ideoinnissa sekä kieliasun tarkastuksessa. Työ sisältää salassa pidettäviä osia liikesalaisuuksien vuoksi, joten työtä käsiteltäessä keskityttiin erityiseen tarkkaavaisuuteen. Salassa pidettäviä osuuksia käsiteltiin vain toimeksiantajan järjestelmissä. Näin varmistettiin, että toimeksiantajayrityksen ja opinnäytetyön kirjoittamisen kannalta ulkopuolisilla henkilöillä ei ole pääsyä salassa pidettäviin tietoihin. Valmis opinnäytetyö ja väliversiot tallennettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun ohjeiden mukaisesta salassa pidettävien tiedostojen kansioon.

Tiedonhakuja tehtiin eettisistä ja monipuolisista lähteistä. Yleisistä tietokannoista tiedonhaussa käytetyt hakusanat olivat: vesihuolto, vesihuollon suunnittelu, automaatio ja parametrinen suunnittelu. Aiheena vesihuollon suunnittelu on hyvin spesifi, jonka vuoksi yksittäisiä lähteitä oli vaikea löytää. Tästä johtuen lähteitä yhdisteltiin tarpeen mukaan ja tietoja verrattiin toisiinsa. Alan ohjeistukset ja hakemistot eivät löydy yleisten hakujen myötä, jonka vuoksi tiedonhakuja tehtiin myös suoraan kyseisiltä sivustoilta, kuten InfraRYL- sivustolta. Havainnollistaviin kuviin kysyttiin käyttö-lupa kuvien omistajilta.

Osa lähteistä oli ajallisesti vanhempia, koska vesihuollon suunnittelun päälinjaukset eivät ole muuttuneet vuosien aikana. Vanhempia lähteitä käytettäessä luotettavuutta tarkasteltiin kriittisesti. Luotettavuuden parantamiseksi tietoja verrattiin toimeksiantajan suunnitteluohjeisiin ja suunnittelijoiden haastatteluihin. Kokonaisuudessaan lähteet valittiin kriittisellä tarkastelulla ja opinnäytetyön kirjoittajan arviointikykyyn luottaen. Näin pystyttiin takaamaan teoretietojen täsmällisyys. Lähdetiedot merkittiin lähdeluetteloon ja työhön lisättiin lähdeviitteet Jyväskylän ammattikorkeakoulun raportointiohjeiden mukaisesti.

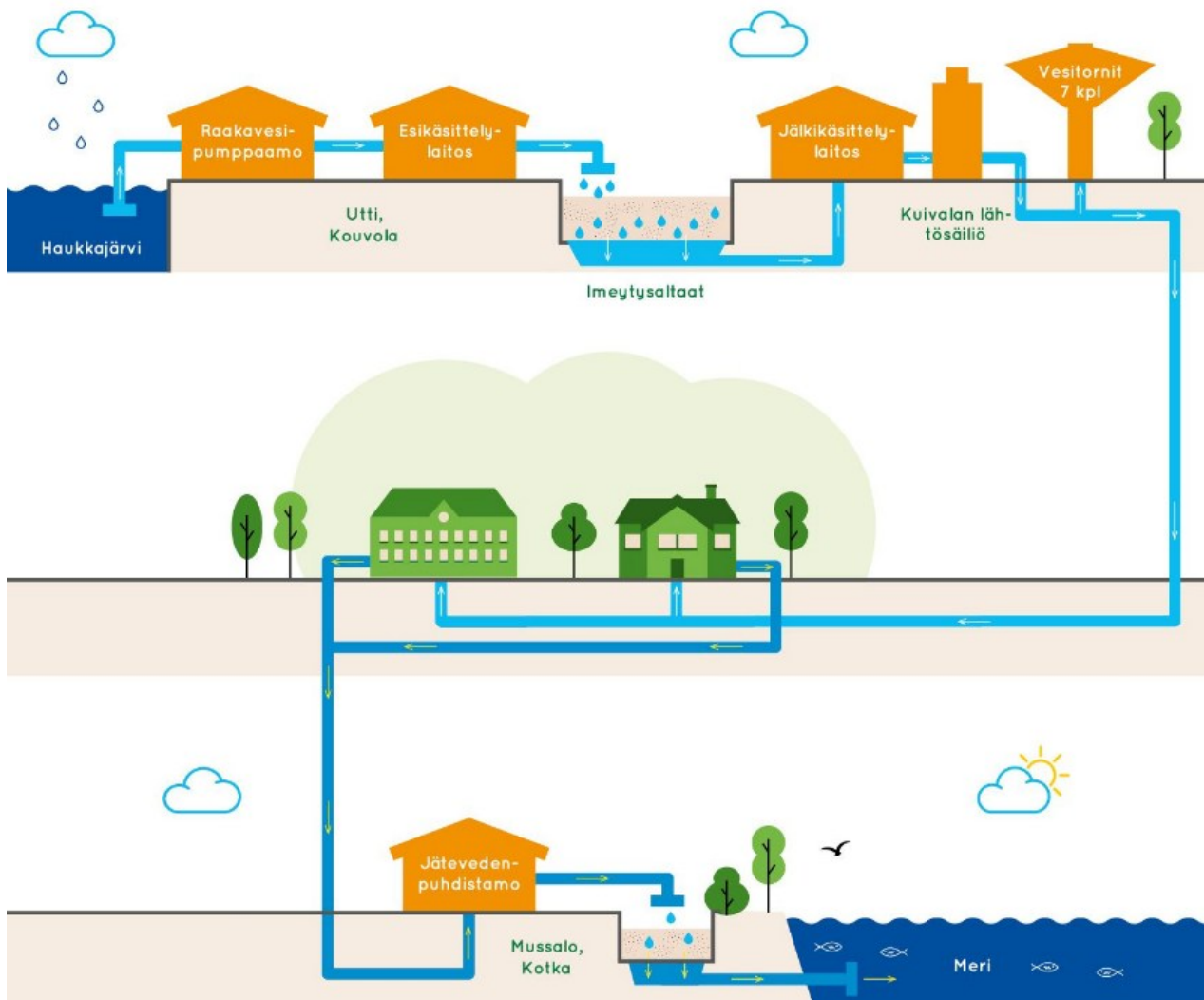
Lähteiden eettisyyden tarkastelun lisäksi myös tietoperustan aiheiden eettisyyttä käsiteltiin. Tietoperusta sisältää muun muassa tietoja koneoppimisesta, joka on osa tekoälyä. (Numminen 2023.) Tekoälyn käytön eettisyys on ajankohtainen aihe, jonka vuoksi koneoppimisen ja tekoälyn eettisyyttä tarkasteltiin myös erikseen tietoperustassa. Eettisyyden tarkastelussa pyrittiin huomioimaan koneoppimisen käyttö nimenomaan vesihuollon suunnittelun työtehtävissä.

Aineistonkeruussa havainnoinnin luotettavuutta pyrittiin parantamaan vertaamalla havaintoja vesihuollon suunnittelijoiden kokemuksiin ja eri tietokantoihin. Lisäksi havainnoinnin luotettavuutta parannettiin lisäämällä tutkimustavaksi avoimet haastattelut. Haastattelut toteutettiin niin, että pääpaino oli vesihuollon suunnittelun työtehtävissä. Haastattelut eivät sisältäneet henkilötietoja, jolloin haastatteluiden toteutukselle ei tarvittu tutkimuslupaa. Haastattelujen kohteena olivat toimeksiantajalla työskentelevät vesihuollon suunnittelijat. Haastateltavaksi valituilla vesihuollon suunnittelijoilla oli laajaa kokemusta eri suunnittelutehtävistä. Heidän kokemuksensa vaihtelivat vesijohtojen, viemäreiden ja huleveden hallinnan suunnittelujen välillä. Haastatteluiden kohteiden rajaamisella pyrittiin lisäämään luotettavuutta suunnittelutehtävien tarkasteluun liittyen.

## **2 Vesihuolto**

### **2.1 Vesihuollon toteutus Suomessa**

Käsiteltäessä vesihuollon suunnittelua on hyvä ymmärtää, että Suomen vesihuollon kokonaisuus kattaa monta eri osaa. Vesihuollon toimitus- ja jätevesijärjestelmät koostuvat vesijohdoista sekä jäte- ja hulevesiviemäreistä. Näiden lisäksi vesihuollon järjestelmiin liittyvät myös talousveden ja jäteveden käsittelylaitokset. (Määrämittausohje 2015.) Käyttövesi kulkee raakavesipumppaamolta jätevedenpuhdistamolle. (Ks. kuvio 2.)



Kuvio 2. Käyttöveden prosessi Kymen Veden alueella (Kymen Vesi n.d.).

Vesihuollon järjestäjänä toimii kunta ja he päättävät vesihuollon palveluverkon alueen, jota kutsutaan myös toiminta-alueeksi. On säädelty, että palveluverkon alueen täytyy ulottua taajamiin. Joissakin tilanteissa se ulottuu myös taajamien ulkopuolelle, jolloin myös haja-asutusalueilla voi olla kuntien järjestämiä vesihuollon palveluverkkoja. Toisaalta haja-asutusalueille voidaan rakentaa vesihuollon verkostoja, vaikka palveluverkon alue ei ylettyisikään sinne asti. Isommat vesihuoltolaitokset vastaavat vesihuollon järjestämisestä käytännössä. Yleensä ne ovat kuntien yksityisomistuksessa, mutta joskus kunnat voivat jakaa omistajuuden keskenään. Osuuskunnat voivat omistaa pienempiä vesihuoltolaitoksia, mutta yleensä nekin ovat kuntien omistuksessa. (Vesihuolto 2023.)

Palveluverkon alueella sijaitsevien kiinteistöjen omistajilla on aina oikeus liittää kiinteistö kyseiseen verkkoon. Taajama-alueilla verkkoon liittyminen on pakollista, kun alueella on toiminnassa palveluverkko. Verkkoon liittyminen on myös pakollista sellaisilla alueilla, joissa on toiminnassa vesihuollon verkosto, paitsi jos kiinteistökohtainen vesihuollon toteutus täyttää lain asettamat vaatimukset (Vesihuolto 2023). Kiinteistön omistajalla on vastuu kiinteistön vesihuollon toteutuksesta ja hoidosta haja-asutus alueilla, jos yhtenäistä vesihuollon verkostoa ei ole saatavilla. Vastaavissa tilanteissa vesihuolto toteutetaan yleensä kiinteistökohtaisesti. Joissakin tilanteissa osuuskunnan järjestäminen voi olla järkevää, jolloin vesihuollon toteutuksen kulut jaetaan osuuskunnan kesken. (Vesihuolto 2024.)

Vesihuollon järjestäjinä kunnilla on myös velvollisuus kehittää alueen vesihuoltoa. Velvollisuus koskee vesihuollon toteuttamista uusille asuinalueille ja vanhan vesihuollon korjaamista tarpeen mukaan. Vanhan vesihuollon korjaamistarve voidaan arvioida joko omaisuuden iän, kuntotutkimusten tai vikaantumisten perusteella. Vesihuollon kehittämistä varten voidaan laatia kehittämissuunnitelma. Kehittämissuunnitelma voi sisältää aikataulut, jolloin tietty osa vesihuollosta korjataan. Lisäksi siinä voidaan näyttää laajennustarpeet ja eritellä vesihuolto alueiden mukaan. Vesihuollon rakentaminen ja korjaaminen yhdistetään monesti muun infran rakentamiseen. Tämän vuoksi vesihuollon rakentamista suunniteltaessa on hyvä tehdä yhteistyötä eri toimijoiden kesken, jolloin kehittämissuunnitelmasta saadaan kestävä ja reunaehdot täyttävä kokonaisuus. (Vesihuolto 2024.)

## **2.2 Vesihuollon järjestelmät**

Vesi kulkeutuu vesijohtoja pitkin asiakkaille. Asiakkaat koostuvat kotitalouksista, mutta vettä kuljetetaan myös teollisuuteen ja sammutustarkoitukseen. Paineellistettujen vesijohtojen lisäksi verkostoissa on erilaisia huoltorakenteita, kuten venttiilejä. Vesijuoksu voidaan sulkea ja tyhjentää venttiileistä tarvittaessa huoltotoimenpiteiden aikana. Vesijohtoverkkoon sijoitetaan myös paloposteja, joista voidaan ottaa vettä pelastustilanteissa. (Määrämittausohje 2015.)

Jätevesiputkia pitkin jätevettä siirretään jätevedenpuhdistamolle. Jätevesi koostuu pesu- ja käymälävesistä. Jätevesiviemärit ovat lähtökohtaisesti viettoviemäreitä, eli vesi virtaa korkeuserojen ja painovoiman avulla. Tämän vuoksi jätevesiverkostossa hyödynnetään rakenteiden korkoeroja. Jä-

tevesiviemäristöön voidaan lisätä tarvittaessa myös jätevesipumppaamoja, jolloin putkista saadaan paineellistettuja. Pumppujen avulla minimoidaan tukokset viemäristössä sellaisissa kohdissa, joissa viemäristön korkoerot ja kaltevuudet eivät riitä kuljettamaan siellä kulkevaa massaa. Jäteviemäreissä on tarkastuskaivoja ja -putkia, joita käytetään huoltotoimenpiteissä. Paineellistetuissa jätevesiviemäreissä on lisäksi venttiileitä vesijohtojen tapaan. (Määrämittausohje 2015.)

Hulevesiviemäristössä kuljetetaan vesiä, jotka koostuvat lähinnä sade- ja kuivatusvesistä. Hulevesiviemärit rakennetaan samalla periaatteella, mitä jätevesiviemärit. Pääsääntöisesti ne ovat siis viettoviemäreitä, mutta putkia saadaan tarvittaessa myös paineellistettua pumppujen avulla. Paineellistetuissa hulevesiviemäreissä on muiden järjestelmien tapaan venttiileitä. Hulevesiviemäreiden kaivot eroavat hiukan jätevesiviemäreiden kaivoista. Perinteisten umpikantisten tarkastuskaivojen lisäksi hulevesiviemäreissä on ritiläkantisia kaivoja, joista hulevesi kulkeutuu hulevesiviemäristöön. (Määrämittausohje 2015.)

Aikaisemmin suunniteltiin sekaviemäreitä, joissa virtaa jäte- ja hulevesi sekaisin. Tämä tekniikka lisää merkittävästi puhdistamojen jätevesimääriä, jonka vuoksi uusien sekaviemäreiden suunnittelusta on luovuttu. Sekaviemäreitä on kuitenkin vielä olemassa joillakin alueilla. Erillisten viemäriverkostojen myötä jätevesiviemäreiden tulviminen ja puhdistettavan jäteveden määrä on vähentynyt. Jäteveden vähentämisellä vedenpuhdistuslaitosten kuormaa on saatu pienennettyä. (Mitä on hulevesi? 2019.)

### **2.3 Hulevesien hallinta**

Jäteveden vähentyessä hulevesijärjestelmien tarve on kasvanut viime vuosien aikana rankkasateiden ja rakennettujen alueiden yleistymisen myötä. Rakennetuilla alueilla talojen pihat, tiet ja katujen pinnat ovat usein päällystettyjä, jolloin sadevesi ei imeydy maaperään. Kun vesi ei pääse imeytymään maaperään se kerääntyy tasaisille alueille. Veden kerääntyminen tasaisille alueille taas aiheuttaa tulvia. Arvioiden mukaan rankkasateet ja myrskyt tulevat lisääntymään tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen vuoksi, jolloin tulvariski kasvaa entisestään. (Hulevesien aiheuttamat tulvariskit 2022.)

Hyvällä suunnittelulla ja erilaisilla ratkaisuilla pystytään vastaamaan tulvariskiä. Yksi ratkaisu on hulevesien johtaminen järjestelmiä pitkin imeytysalueille tai purkuvesistöihin. Hulevesien johtamisen lisäksi hulevesille voidaan tehdä viivytyksaltaita hulevesijärjestelmiin. Hulevesijärjestelmien kapasiteetin nosto on kuitenkin verrattain kallista, jonka vuoksi ennen hulevesijärjestelmien lisäämistä ja suunnittelua kunnat pyrkivät vähentämään hulevesien aiheuttamia tulvia muilla keinoilla. Lisäksi hulevesijärjestelmät voivat vaatia kunnossapitoa. Kunnossapidon tarve kasvaa varsinkin keväisin sulamisvesien lisääntymisen myötä. Joillakin alueilla huleveden imeyttäminen maaperään onnistuu heti, jos pinnat jätetään ilman päällysteitä. Lisäksi vettä voidaan haihduttaa ilmaan erilaisilla viherratkaisuilla, kuten viherkatoilla ja painanteilla. Rakennetuilla alueilla on siis hyvä jättää ympäristöä luonnonmukaiseen tilaan tai toteuttaa vastaavia ratkaisuja rakentamalla. (Mitä on hulevesi? 2019.)

## **2.4 Vesihuollon saneeraus**

Saneerauskohteissa vesijohtoja ja viemäreitä voidaan kunnostaa joko aukikaivamalla tai aukikaivamattomilla menetelmillä. Aukikaivaessa vesiverkoston rakenne voidaan vaihtaa joko osittain tai kokonaan uusiin. Nimensä mukaisesti aukikaivaessa tehdään kaivantoja, joista uudet putket ja rakenteet lisätään paikoilleen. Vanhat rakenteet voidaan tarvittaessa poistaa kaivannoista, mutta niitä voidaan jättää myös paikoilleen. Tyhjästä käyttämättömistä putkista voi tulla riskikohteita. Jos tyhjät putket jätetään paikoilleen, niin niitä voidaan tarvittaessa täyttää esimerkiksi juotosbetonilla. (Karttunen & Heikkinen 2010, 132)

Aukikaivamattomia menetelmiä on erilaisia. Sujuttamisessa putkiin sujutetaan uudet putket. Sujuttamista voidaan toteuttaa eri tekniikoilla, kuten sukka- ja pakkosujutuksella. Sukkasujutuksessa putkeen laitetaan pehmeä putki, joka muotoillaan höyryllä vastaamaan olemassa olevan putken pintaa. Muotoilun jälkeen putki kovetetaan. Kovettaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi UV-valon avulla. Pakkosujutus eroaa hiukan muista sujutustekniikoista. Siinä uusi putki asennetaan halkaisutun putken tilalle. Putkia voidaan myös pinnoittaa, mutta sillä oikeastaan kunnostetaan vain korrosiosuojaa. Aukikaivamattomat menetelmät ovat lähtökohtaisesti yksinkertaisia ja kustannustehokkaita ratkaisuja verrattuna aukikaivamiseen. (Putkien saneeraus n.d.)

## 3 Vesihuollon suunnittelu

### 3.1 Civil 3D- suunnitteluohjelmisto

Vesihuollon suunnittelu toteutetaan sähköisiä järjestelmiä hyödyntäen. Infrasuunnittelun suunnitteluohjelmistoja on useita. AFRYllä käytetään suunnittelussa muun muassa Civil 3D- ohjelmistoa, joka on Autodeskin kehittämä suunnitteluohjelmisto. Autodesk taas on ohjelmistoyritys, joka tarjoaa erilaisia tuotteita ja palveluita teollisuuteen. Heillä on myös lukuisia muita suunnitteluohjelmistoja tuotteissaan. Civil 3D- ohjelmisto on luotu varsinaisesti yhdyskuntasuunnitteluun. Vesihuollon suunnittelua ajatellen Civil 3D- ohjelmistolla pystyy suunnittelemaan muun muassa viemäreitä, paineputkia ja mallintamaan maastoa. Muita mahdollisia suunnittelualoja ovat alue-, tie- ja raidesuunnittelu. (Civil 3D, n.d.)

### 3.2 Vesihuollon suunnittelun tavoitteet

Uusia katuja rakennetaan uusille asuinalueille ja olemassa olevia kunnostetaan säännöllisesti. Kadut sisältävät infrastruktuuria, johon lukeutuu mukaan vesihuollon erilaisia järjestelmiä. Tämän vuoksi vesihuollon suunnittelu toteutetaan monesti katusuunnittelun yhteydessä. Koko katualue on järkevää uusita tai rakentaa kerralla, jolloin katua ei tarvitse avata muutaman vuoden päästä uudestaan. Järjestelmien omistajia voi olla useita, jolloin tilaajina voivat toimia useat eri tahot. Suunnitteluprosessiin voi myös osallistua useampi tilaaja ja eri alojen suunnittelijoita. Yhteistyö eri tahojen välillä on tärkeää, jotta prosessista tulee selkeä. (Siikaluoma 2020.)

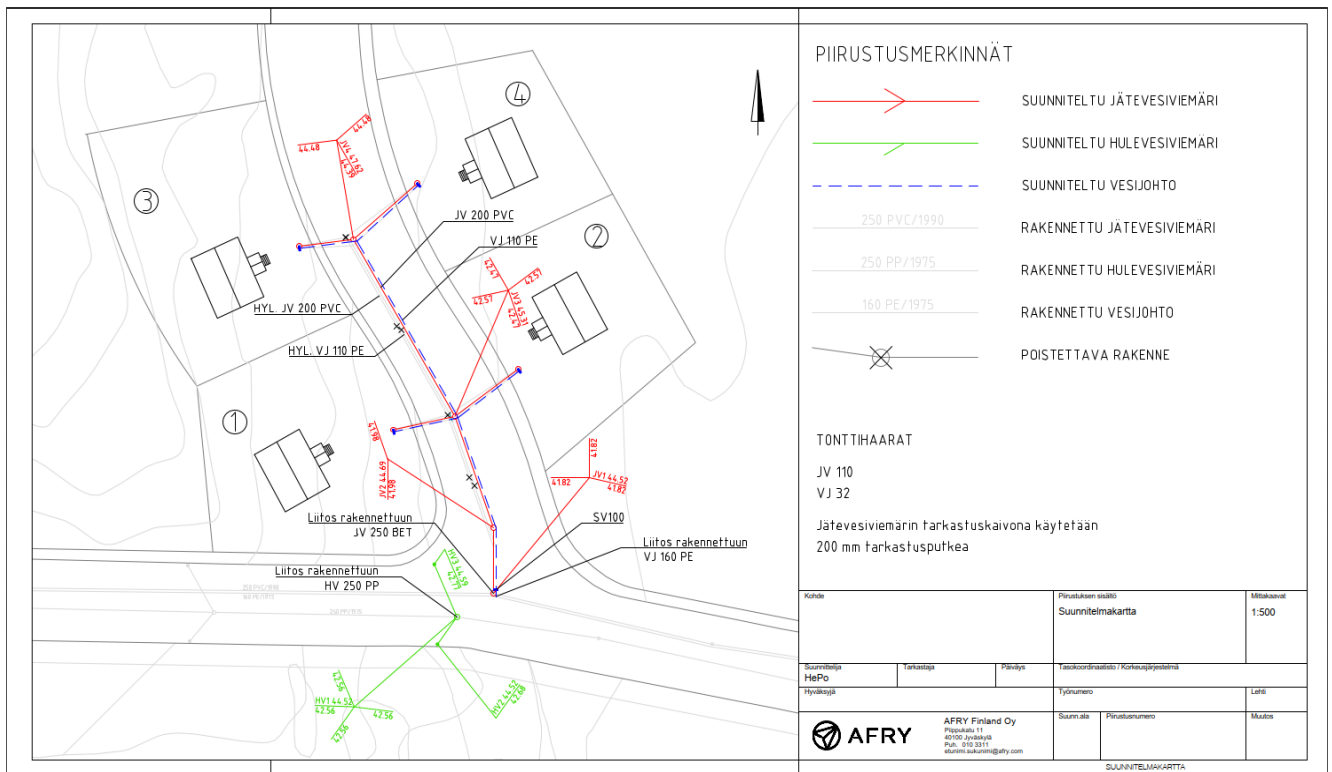
Vesihuollon suunnittelun tavoitteena on toteuttaa sellainen kokonaisuus, jolla saadaan johdettua käyttökelpoista vettä talouksille, teollisuuteen ja pelastustehtäviin. Kokonaisuuksien täytyy täyttää laatuvaatimukset ja olla samalla kustannustehokkaita. (Hyvän vesihuollon kriteerit 2021.) Veden saatavuuden lisäksi pitää huomioida onnistunut jäteveden kuljetus käsittelylaitoksille (Vesihuolto n.d.). Vesihuollon toteutukselle on asetettu erilaisia lakeja ja asetuksia, jotka ohjaavat vesihuollon suunnittelua. Vesihuollon toiminta on laadukasta täyttäessään lailliset vaatimukset ja asetukset. Lakien sisältö määräytyy Suomen omien tavoitteiden pohjalta, mutta myös kansainvälisillä asetuksilla on merkitystä. Lakeja arvioidaan ja kehitetään jatkuvasti sekä niissä pyritään huomioimaan kestävän kehityksen vaatimusten aiheuttamat muutokset. (Renko, Sahlstedt, Aurola & Vilppanen 2021.)

### 3.3 Vesihuollon suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessi riippuu kohteen rakennustavasta. Uudiskohteissa suunnitteluprosessit vaihtelevat alueellisten ohjeiden mukaan, mutta saneerauskohteissa alueellisten ohjeiden lisäksi suunnitteluprosessin laajuuteen vaikuttavat saneeraustavat. Aukikaivamattomat menetelmät eivät aina vaadi yhtä kattavaa suunnitelmaa verrattuna aukikaivettaviin kohteisiin, mutta suunnitelma on kuitenkin laadittava. Aukikaivamattoman saneerauksen suunnitelmat voivat sisältää yleisiä tietoja, kuten saneerausalueen ja sujutustavan. Lisäksi olemassa olevasta verkostosta merkitään putkimateriaalit ja -korot. Yleensä sujutus suunnitelmiin ei tarvitse lisätä tarkentavia tiedostoja. Suunnitelmien vaatimukset voivat kuitenkin vaihdella tilaajasta riippuen. (Karttunen & Heikkinen 2010, 132.)

Suunnittelu voidaan aloittaa alustavalla suunnitelmalla. Tässä vaiheessa selvitetään eri ratkaisuja ja luodaan pohjaa seuraaville vaiheille. Joillakin alueilla voi olla valmiina alustavia suunnitelmia aikaisempien projektien myötä. (Karttunen & Heikkinen 2010, 119) Kunnissa voi olla käytössä vesihuollon kehittämissuunnitelma, joka mahdollisesti sisältää myös alueellisen yleissuunnitelman. Kehittämissuunnitelmaa hyödynnetään suunnittelussa, koska sen tarkoituksena on ohjata vesihuollon varsinaista suunnitteluprosessia. Alueellisesta yleissuunnitelmasta nähdään alueet, jonne pitäisi rakentaa uutta tai kunnostaa olemassa olevaa vesihuollon verkostoa. (Vesihuollon kehittämissuunnitelma ja vesihuoltolaitosten toiminta-alueet 2024.)

Saneerauskohteissa yleissuunnitteluvaihe aloitetaan olemassa olevan verkoston selvityksellä. Selvitykset sisältävät tietoja verkostojen sijainnista, koroista ja mitoituksista. Kyseiset tiedot vedenjakelu- ja viemärintijärjestelmistä auttavat uuden vesihuollon suunnittelussa. Yleissuunnitteluvaiheessa tarkastellaan suunnittelun vaihtoehdot ja analysoidaan eri tekijöitä, kuten teknisiä ratkaisuja, putkien mitoitusta ja kustannuksia. Vaiheesta syntyy suunnitelma, jossa on esitetty suunniteltu verkosto. (Ks. kuvio 3.) Saneerauskohteissa suunnitelmassa näkyy myös olemassa oleva verkosto ja verkoston korkotiedot. Lisäksi suunnitelmaan voidaan laittaa muita tarkentavia tietoja. Suunnitelmaan laitetaan näkyville pohjakartta. (Karttunen & Heikkinen 2010, 122.)



Kuvio 3. Kuvitteellinen pelkistetty suunnitelmapaketti (Pölkki 2025b).

Kadun suunnittelussa katusuunnitelma asetetaan nähtäville vähintään 14 päivän ajaksi, jonka aikana suunnittelualueen kiinteistöjen omistajilla on oikeus valittaa suunnitelmasta. Nähtävillä olon jälkeen suunnitelma hyväksytään. Yleisesti suunnitelman hyväksyy taho, joka siihen on nimetty. (Siikaluoma 2020.)

Vesihuollon suunnittelu on usein osa katusuunnittelua, mutta vesiputkia ja jätevesiviemäreitä ei laiteta näkyville katusuunnitelmien tapaan. Kyseiset osat vesihuollosta lukeutuvat kriittiseen infrastruktuuriin, jonka vuoksi paikkatiedot salataan turvallisuustekijöiden takia. Paikkatietojen nähtävälle asettaminen saattaisi vesihuollon järjestelmät uhan alle. Julkisen jakamisen sijaan tilaaja tai nimetty taho hyväksyy vesihuollon suunnitelmat. Hulevesiverkostoja ei luokitella kriittiseen infrastruktuuriin, joten niiden sijainti voidaan asettaa nähtäville. (Kriittisen infrastruktuurin suojaaminen 2024.)

Suunnitelmien hyväksymisen jälkeen suunnitteluprosessi loppuu rakennussuunnitteluvaiheeseen, josta syntyy hyvin yksityiskohtainen suunnitelma. Kadun suunnittelussa rakennussuunnitelma laaditaan katusuunnitelman mukaan. Pelkän vesihuollon suunnittelussa rakennussuunnitelma pohjautuu yleissuunnitelmaan katusuunnitelman puuttuessa. (Karttunen & Heikkinen 2010, 123)

Rakennussuunnitelmat sisältävät varsinaisen suunnitelmakartan lisäksi myös tarkentavia tietoja. Tarkentavat tiedostot ovat kaivokortit ja pituusleikkaukset. Kaivokorteista nähdään putkien materiaalit, koot ja tarkat korkotiedot kaivoihin liittyessä. (Ks. kuvio 4.) Niissä on myös tietoja kaivoista. Kaivojen tiedoissa voi olla kaivon tarkka sijainti, korkeus ja rakennusmateriaali sekä kaivon halkaisijan koko. Lisäksi kaivon kannesta voi olla tietoja, kuten kannen materiaali ja kansiston kantavuus. (Karttunen & Heikkinen 2010, 123)

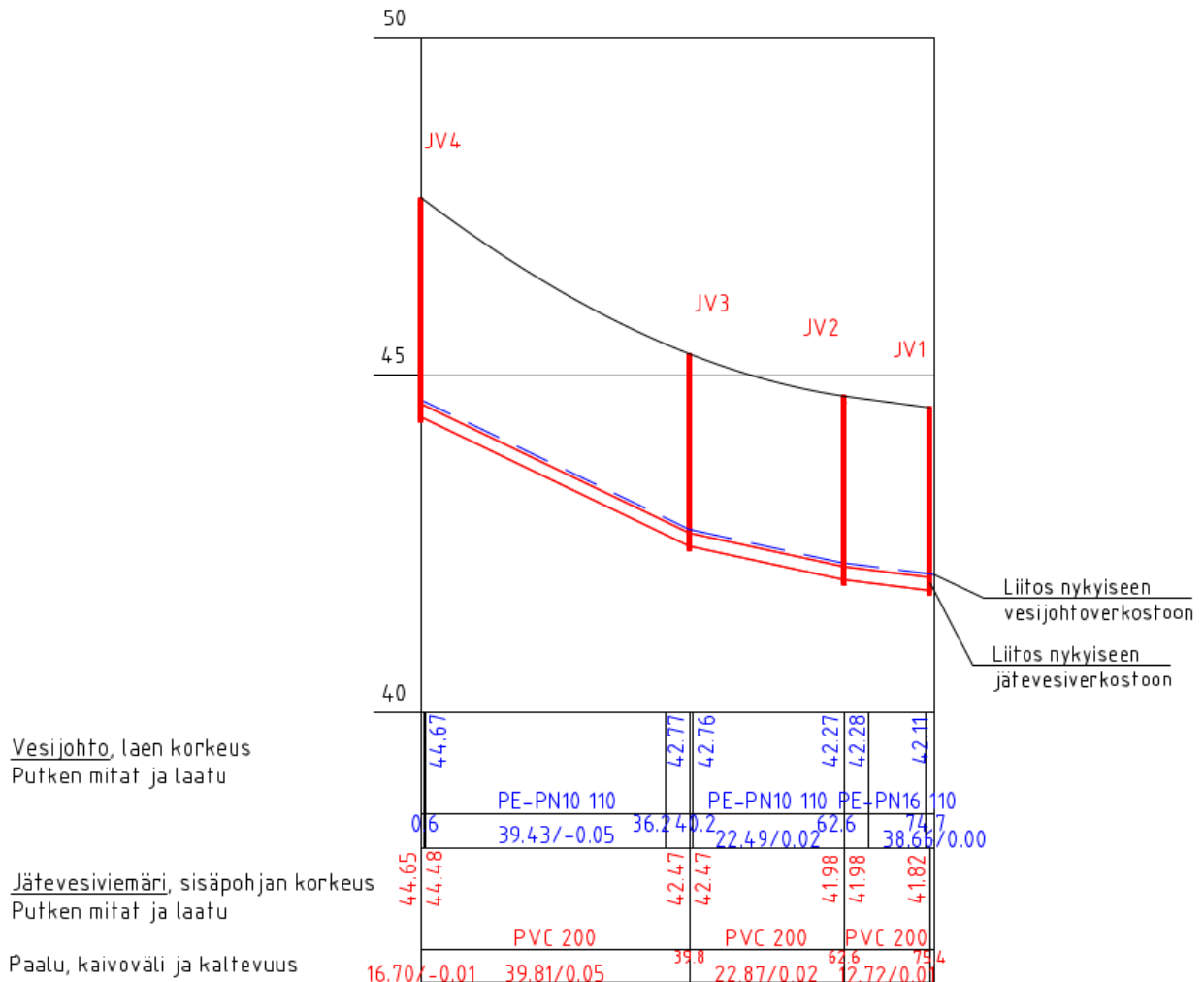
KOHDE :					
NO :	JV3				
MALLI :	JV_suun				
TYYPPI:	sanitary				
SELITE:	Muovikaivo				
KORKEUS m:	2.84				
MATERIAALI:	muovi				
SISÄHALKAISIJA mm :	550				
ULKOHALKAISIA mm :	560				
KANSI:	Umpi				
KANSIMATERIAALI:	valurauta				
KANSISTO:	40tn				
HATTU:					
SÄÄTÖPUTKI mm:	500				
SORAPESÄ m :	0.00 m				
		VESILUKKO :	<input type="checkbox"/>		
		HUUHTELUPUTKI :	<input type="checkbox"/>		
		JÄÄTYMISSUOJA :	<input type="checkbox"/>		
		UMPIKANNEN TIIVISTE:	<input type="checkbox"/>		
		SUJAINI :	2350102153 , 7769883.39 , 65.31		
		TELESKOOPPI :	X		
		LISÄTIEDOT :			

	Laatu	Koko mm	Korkeus m	Suunta	Kaato %
POISTØ	PVC Viemärit	200	0.00	0	-2.2
TULO 1	PVC Viemärit	110	0.09	98	1.0
TULO 2	PVC Viemärit	200	0.00	170	4.8
TULO 3	PVC Viemärit	110	0.09	254	1.0
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					

Kuvio 4. Kuvitteellinen kaivokortti (Pölkki 2025a).

Pituusleikkauksessa esitetään putket ja verkostojen järjestelmät, kuten kaivot. (Ks. kuvio 5.) Niistä nähdään putkien korkotiedot ja etäisyydet maanpintaan nähden. Jätevesiviemäri esitetään punaisella ja vesijohto sinisellä. Hulevesiviemäri esitetäisiin vihreällä. Lisäksi pituusleikkauksiin voidaan merkitä tarkentavia tietoja, kuten esitetyn putken materiaali. (Karttunen & Heikkinen 2010, 123)



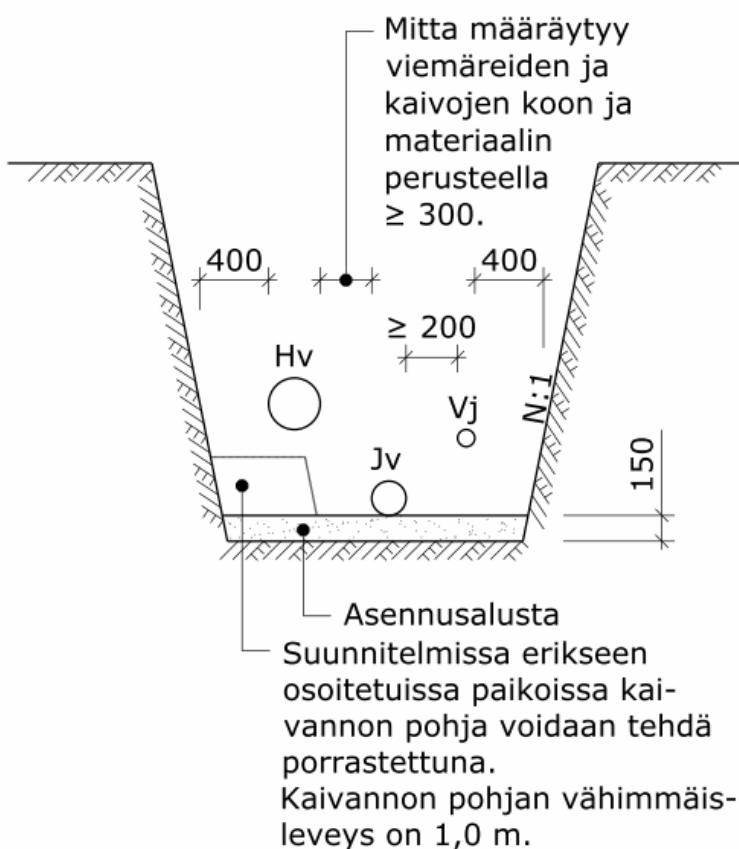
Kuvio 5. Kuvitteellinen pituusleikkaus (Pölkki 2025c).

Muita tarkentavia tiedostoja voi olla poikkileikkaukset, työselosteet ja turvallisuusliitteet. Yleisesti suunnitelmien ja muiden tiedostojen pitää olla niin tarkkoja, että niiden perusteella voidaan toteuttaa suunniteltu työ. (Karttunen & Heikkinen 2010, 123)

### 3.4 Vesihuollon kaivannot ja rakenteiden sijoittaminen

Vesihuollon putket asennetaan maahan kaivettuihin kaivantoihin tai kalliin louhittuihin putkikaanaleihin. Kaivannot voidaan toteuttaa luiskattuina tai tuettuina. Kaivannon pohjan leveyteen vaikuttaa kaivannossa olevien putkien määrät, koot sekä etäisyydet toisistaan ja kaivannon seinästä. Pohjan minimileveys on kuitenkin metrin, jotta kaivannossa mahdutaan työskentelemään.

Verkostojen putkia suunniteltaessa on tärkeää sijoittaa putket kaivantoihin asetuksia noudattaen. Vesijohtot ja viemärit pyritään sijoittamaan vierekkäin tietyillä etäisyyksillä toisistaan. Putkien välillä etäisyyksillä varmistetaan turvallinen veden kuljetus kohteeseen. Etäisyyksien avulla jätevedenjohtojen rikkoutuminen ei pääse saastuttamaan vesijohtossa kulkevaa vettä. Kaivannon seinämän ja putkien väliin pitää jättää myös tilaa asentamista varten. Kaivannon pohjan pitää olla vähintään metrin levyinen, jotta työntekijät mahtuvat työskentelemään kaivannossa rakentamisen aikana. (Ks. kuvio 6.) Lisäksi rakentamista helpottaa, jos vesijohto ja viemäri saadaan samaan kaivantoon samalla kaltevuudella. (16210 Putki- ja johtokaivannot 2024).

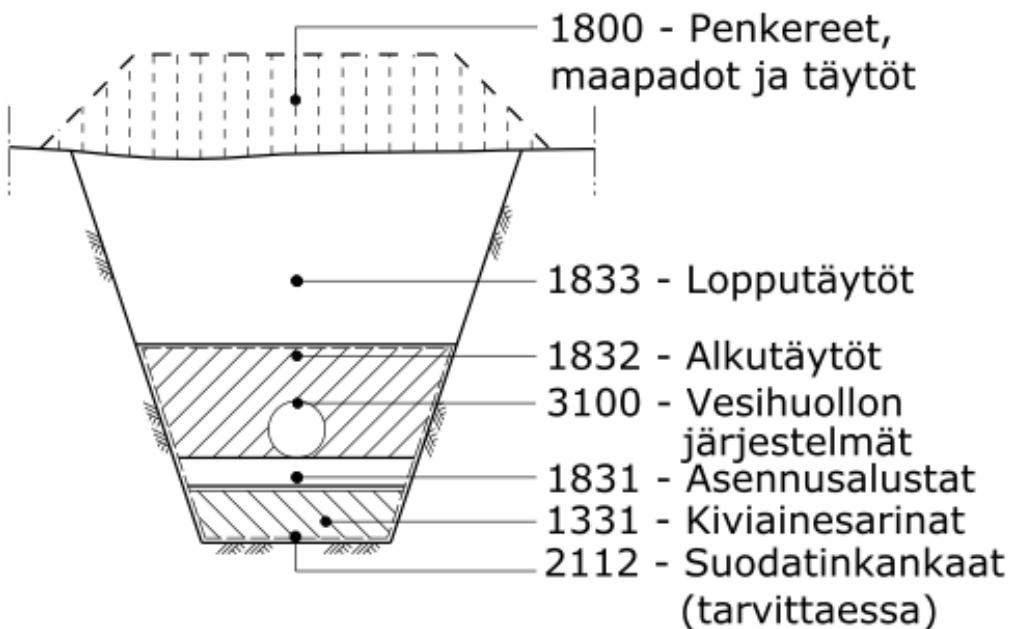


Kuvio 6. Tukemattoman maakaivannon vähimmäismitat (16210:K1 Tukemattoman maakaivannon vähimmäismitat 2024).

Kaivannot mitoitetaan tarpeen mukaan. Kaivantojen mitoitus määrittelee yleensä geoteknikko, mutta vesihuollon suunnittelija mallintaa ne ja katsoo rakenteiden etäisyydet vaatimusten mukaisiksi. Luiskattujen kaivantojen lisäksi kaivantoja voidaan tehdä myös tuettuina. Kaivanto pitää tukea, jos kaivannossa on sortumisvaara. Luiskattu kaivanto vie myös tuettua kaivantoa enemmän

tilaa, joten joskus tilanpuutteen vuoksi kaivanto vaatii tuennat. Yleisiä tuentatapoja ovat elementtituet ja ponttiseinät. Elementtituet tarkoittavat levyjä, jotka tuetaan poikkituilla. Ponttiseinät taas ovat teräspontteja, jotka tuetaan vaakatuilla. (16300 Kaivannon tukirakenteet 2024.)

Kaivantojen täytöt vaihtelevat kohteesta ja suunnittelualueesta riippuen. Pääsääntöisesti kaivantojen täyttö koostuu kuitenkin asennusalustasta sekä alku- ja lopputäytöstä. Asennusalustan alle voidaan laittaa tarvittaessa suodatinkangas. Kaivanto voidaan päällystää esimerkiksi asfaltilla. Vesi- ja viemärihuollon järjestelmät sijoitetaan asennusalustan päälle alkutäyttöön. Vesijohdon tai viemäriputken laen ja lopputäytön alapintaan pitää jäädä väliä. (Ks. kuvio 7.) (18300 Kaivantojen täytöt 2024.)



Kuvio 7. Johtokaivanto (31100:K1 Johtokaivanto 2024).

Putkille määritetään minimisyvyksiä. Minimisyvyyksillä pyritään estämään putkien jäätyminen talvella. Minimisyvydet ovat kunta- ja tapauskohtaisia. Niihin vaikuttaa myös suunnittelualueen maa-ainesten materiaalit. Putkia ei aina saada vaadittuihin minimisyvyksiin, jolloin putkia voidaan myös lämpöeristää. Lämpöeristys tapahtuu kouru- tai levyeristeillä. Yksi tapa eristää putki on pai-

suttaa polystyreeniä putken ympärille. Muita keinoja ovat sora- tai koteloeristykset. Koteloeristyksessä putkistosta vapautuu lämpöä, joka varastoituu kotelossa olevaan lämpövarastoon. (14220 Lämmöneristykset 2024.)

Huoltorakenteiden suunnittelussa pitää huomioida rakenteen otollinen sijainti. Venttiilit on tärkeä sijoittaa niin, että suljettaessa venttiiliä alueellinen vaikutus veden jakeluun tai paineellistetun viemärin toimintaan on mahdollisimman pieni. Risteysalueella venttiileitä pyritään laittamaan jokaiseen risteävään linjaan. Kaivot ja tarkastusputket sijoitetaan sellaisiin kohtiin, joista on hyötyä huollon kannalta. Näitä ovat usein putkien haarautumis- ja liitoskohdat. (Määrämittausohje 2015.)

### **3.5 Vesihuollon materiaalit ja mitoitus**

Vesihuollon verkostojen materiaalien tulee täyttää standardien vaatimukset. Lähtökohtaisesti käytettävässä putkimateriaalissa on aina oltava CE- merkintä. Näin taataan, että tuote täyttää eurooppalaisen teknisen arvioinnin vaatimukset. Putkien täytyy olla uusia ja jatkuvan laadunvalvonnan alaisia. Varsinkin vesiputkien täytyy olla hygieenisinä, jotta kriittisen infrastruktuurin laatu säilyisi. Vesijohtojen putkimateriaaleina käytetään muovia ja valurautaa. (31300 Vesijohdot 2024). Viemäriputkissa voidaan käyttää lisäksi betoniputkia. Materiaalin valintaan vaikuttaa suunnittelualue ja saneerauskohteissa vanhojen putkien materiaalit. (31100 Jätevesiviemärit 2024).

Vesiputkien koko mitoitetaan oikein, jotta putkissa saisi kuljetettua vaadittavan määrän vettä kohteeseen. Jäte- ja hulevesiputkistojen kokojen mitoituksella taas estetään tukokset ja tulvat. (Karttunen & Heikkinen 2010, 66–67) Mitoitustarpeeseen vaikuttaa pääasiassa vesihuollon kohteiden määrä ja saneerauskohteissa olemassa olevan putken koko. Mitoituskoko voi olla yksi merkittävä tekijä saneeraustavan valinnalle. Joskus suunnittelualueen siirtokapasiteettia ei voida pienentää, jolloin sujuttaminen ei ole mahdollista. Sujuttamisessa putkikoko lähtökohtaisesti pienenee, paitsi pakkosujuttamisessa. Tällöin saneeraustavaksi pitää valita aukikaivaminen. (Putkien saneeraus n.d.)

Putkikoon mitoituksen lisäksi vesihuollon putkien virtaamaa mitoitetaan. Varsinkin viemäreissä mitoitusvirtaama pitää huomioida, jotta viemäri huuhtoutuu ja sinne ei aiheudu tukoksia. Verkostojen kaltevuuksilla vaikutetaan virtausnopeuteen, joten kaltevuuksille on olemassa raja-arvoja. Verkoston minimikaltevuudella varmistetaan huuhtoutuminen, kun taas maksimikaltevuudella

estetään putkien eroosio. Käytännössä virtausnopeus ei saa ylittää nopeutta, jolla putkimateriaali kuluisi. Kaltevuuksien raja-arvojen määrittämiseen vaikuttaa putkien materiaali ja koko. (Karttunen & Heikkinen 2010, 49-53.)

## 4 Automaatio vesihuollon suunnittelussa

### 4.1 Älykäs automaatio

Automatisoinnissa koneella korvataan ihmisen työpanos työtehtävien toteuttamisessa. Kone toteuttaa määritellyn työtehtävän, jota ihminen voi tarvittaessa vahtia. Automaation prosessi voidaan saada toimimaan myös kokonaan ilman ihmistä. (Koneautomaatio käytännössä n.d.) Automatisointi on aloitettu yksinkertaisista työtehtävistä, kuten automaattisista liukuhihnoista.

Kyseiset työtehtävät eivät ole vaatineet koneelta ihmisen harkintaa tai ajattelukykyä. On riittänyt, että kone on suorittanut määritellyn työtehtävän alusta loppuun. Ihminen on voinut tarvittaessa seurata, että prosessi onnistuu. Automatisoinnin hyödyntäminen on kuitenkin muuttunut merkittävästi viime vuosien aikana teollisuuden ja koneoppimisen kehittymisen myötä. (Groover 2024.)

Nykyään koneita pystytään ohjelmoimaan niin, että koneen toteuttamat työtehtävät ovat monimutkaisia. Ohjelmointiprosessit vaihtelevat riippuen toteutettavan työtehtävän haastavuudesta. Ohjelmointikielien antavat koneelle ohjeita tietyn työtehtävän suorittamiseen. Käytännössä koodi kertoo koneelle, että mitä tehdään ja miten. (McGee 2024.) Yksi merkittävä koodikieli on Python-kieli. Sitä on kuvailtu helpoksi kieleksi järkevän jäsentelyn ja ymmärrettävyyden vuoksi. Python-ohjelma tarvitsee Python- tulkin, jolla lähdekoodi suoritetaan. Ohjelman toimintaa voidaan laajentaa kolmannen osapuolen Python- kirjastoilla. Varsinaisessa ohjelmointityössä suositellaan käytettäväksi IDE- sovelluskehitysympäristöjä, joihin on integroitu eri työkaluja helpottamaan ohjelmointia. (Peltomäki 2023.)

Ohjelmoinnin lisäksi koneita pystytään kouluttamaan, eli prosessissa hyödynnetään koneoppimista. Koneen kouluttamisen myötä ohjelmoitu toiminta muuttuu älykkääksi automaatioksi. Kone pystyy analysoimaan tietoja huomattavasti isompia määriä, mitä ihminen pystyisi. Tämä johtuu siitä, että koneella voi olla kyky tunnistaa kuvia ja analysoida dataa, jonka perusteella se voi jopa ratkaista ongelmia itsenäisesti. Älykkäät automaatiojärjestelmät käyttävät toimintansa perustana opittuja tietoja, jonka avulla koneen ongelmanratkaisu tapahtuu. Koneella voi näin olla kyky myös

asioiden ja tapahtumien ennakointiin. Koneesta riippuen tieto voi olla opetettu koneelle oman järjestelmän kautta tai se voi hakea tietoa sille määritetystä tietojärjestelmästä. (Numminen 2023.)

## 4.2 Älykkään automaation käyttämisen eettisyys

Automaation keinot voivat hyödyntää koneoppimista, joka taas liittyy vahvasti tekoälyyn. Koneoppimisen ja varsinkin tekoälyn käyttöön liittyy lukuisia eettisiä kysymyksiä. Selkeyden lisäämiseksi tekoälyn käyttämisen eettisiä kehyksiä on pyritty rajaamaan viime vuosien aikana. Vuonna 2019 teetetyssä tutkimuksessa arvioitiin tekoälyn eettisiä kehyksiä ja päästiin yhteisymmärrykseen tekoälyn käyttöä koskevista pääteemoista. Tekoälyn käyttö pitää olla läpinäkyvää, eli tekoälyn hyödyntämisen pitää olla nähtävillä kuluttajille. Lisäksi tekoälyn käytön pitää olla ihmisoikeuksia kunnioittavaa. Iso haaste tekoälyn käytössä on sen käytön myötä syntyneiden tuotosten oikeellisuus. Tekoäly voi tuottaa virheitä, joiden syyllistä on vaikea arvioida. Virheiden myötä kuluttaja voi myös uskoa tietoihin, jotka eivät ole totuuden mukaisia. (Jobin, Lenca & Vayena 2019.)

Vuonna 2019 Euroopan unioni laati tekoälylainsäädännön, joka hyväksyttiin vuonna 2024. Lainsäädäntö keskittyy tekoälyn käytön aiheuttamiin eettisiin kysymyksiin ja ristiriitoihin. Sen tavoitteena on minimoida tekoälyn aiheuttamia riskejä. Lainsäädännössä huomioidaan tekoälyn käytön läpinäkyvyyden puuttumisen aiheuttamat riskit. Lisäksi tekoälyn käytöstä aiheutuvat muut riskit jaetaan vähäiseen ja suureen riskiin. Suurin osa tekoälyjärjestelmistä kuuluu vähäisen riskin piiriin. Näitä järjestelmiä käyttäessä lainsäädännön sääntöjä ei tarvitse huomioida. Suuren riskin järjestelmät liittyvät esimerkiksi tekoälyn hyödyntämiseen kriittisen infrastruktuurin käsittelyssä. Suuren riskin tekoälyjärjestelmät tulee ilmoittaa EU:n omistamaan tietokantaan. Lisäksi niiden käyttöä tulee arvioida riskitekijöiden varalta jatkuvasti järjestelmien käytön aikana. (Euroopan parlamentti 2023.)

Kuten aikaisemmin mainittu, niin myös vesihuollon kokonaisuus lukeutuu kriittiseen infrastruktuuriin (Kriittisen infrastruktuurin suojaaminen 2024). Vesihuollon omaisuutta ja toimitusvarmuutta pitää pystyä suojelemaan, jonka vuoksi älykkäiden ratkaisujen hyödyntämistä vesihuollon suunnittelussa on arvioitava kriittisesti. Älykkäät ratkaisut voivat sisältää turvallisuusriskejä, joita on jokseenkin vaikea vielä arvioida. Tällä hetkellä automaation keinot vesihuollon suunnittelussa hyödyntävät ohjelmointia, mutta ne eivät kuitenkaan käytä koneoppimista ja tekoälyä sen

varsinaisessa merkityksessä. (Dynamo for Civil 3d n.d.) Tilanne voi kuitenkin muuttua lähivuosien aikana vesihuollon suunnittelualan, automaattioratkaisujen ja tekoälyn kehittymisen myötä.

### 4.3 Parametrinen suunnittelu

Parametrinen suunnittelu on yksi keino suunnittelutehtävien automatisointiin. Parametrisessa suunnittelussa suunnittelutehtäviä automatisoidaan yhdistämällä suunnittelutehtävät ja ohjelmointi. Sitä voidaan hyödyntää monimuotoisten kappaleiden mallintamisessa, mutta myös toistuvissa suunnittelutehtävissä. Parametrisen suunnittelun ohjelmointi ei ole kuitenkaan perinteistä ohjelmointia, vaan visuaalista ohjelmointia. Visuaalisessa ohjelmoinnissa suunnittelutehtävä pilkotaan pieniin osiin ja ohjelmoidaan niistä tehtäväsarja. Parametrisen suunnittelun toteuttaminen ei siis vaadi varsinaista ohjelmointiosaamista. Suunnittelun toteutus vaatii enemmänkin suunnitteluosaamista ja automatisoitavan työtehtävän ymmärtämistä, jotta tehtävä osataan pilkkoa tarpeeksi pieniin osiin ohjelmointialustan vaatimusten mukaisesti. Visuaalisessa ohjelmoinnissa on hyötyä myös matemaattisten funktioiden ymmärtämisestä. (Pirhonen, Vähänen & Forsman 2023.)

Visuaalisessa ohjelmoinnissa hyödynnetään parametreja. Parametri voi olla itse määritelty ominaisuus, kuten suunniteltavan kohteen pituus tai leveys. Parametrien lisäksi suunnittelussa hyödynnetään rajoitteita. Ne ovat sääntöjä, joilla voidaan yhdistää eri parametreja. Rajoitteiden luominen tarkoittaa käytännössä keskinäisten suhteiden luomista parametrien välille. Näin parametrin arvon muuttuessa myös toisen parametrin arvo muuttuu. Rajoitteita käyttämällä parametrissa suunniteltua voidaan soveltaa ja hyödyntää useassa eri suunnittelukohteessa. (Pirhonen ym. 2023.)

Civil 3D- suunnitteluohjelmiston ohjelmointialustana toimii Dynamo. Se on yksi parametrinen suunnittelun työkalu ja sen toiminta perustuu visuaaliseen ohjelmointiin. Tarkemmin ajatellen Dynamon toiminta perustuu solmujen, eli nodejen yhdistämiseen. Solmut sisältävät valmiita ohjelmutoisia toimintoja ja ne koostuvat syöttö- ja lähtöporteista. Dynamon käyttäjä yhdistää solmuja toisiinsa johtojen avulla ja ohjelmisto toteuttaa vaaditun suunnittelutehtävän automaattisesti. Dynamon käyttö ei siis vaadi ohjelmiston käyttäjältä varsinaista ymmärrystä perinteisestä ohjelmoinnista. Visuaalisen ohjelmoinnin lisäksi Dynamoon voidaan kuitenkin yhdistää Python- ohjelmointikieltä, jolloin avataan lisää mahdollisuuksia tehtävien toteutukseen. Python- ohjelmointikieltä hyödyntämällä automatisoinnin keinoja lisätään merkittävästi. (Dynamo for Civil 3D n.d.)

## 5 Vesihuollon suunnittelutehtävät

### 5.1 Automatisoitavissa olevat suunnittelutehtävät

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli selvittää vesihuollon suunnittelutehtäviä, joita voisi automatisoida. Selvitetyt suunnittelutehtävät liittyvät niin vesijohtojen, kun viemäreiden suunnitteluun. Lisäksi osa suunnittelutehtävistä liittyy vesihuollon rakenteisiin, kuten kaivoihin ja venttiileihin. Suunnittelutehtävien automatisoinnin tarpeen taustalla vaikutti suunnittelutehtävien toteuttamisen yksinkertaistaminen ja nopeuttaminen. Automatisoitavissa olevat suunnittelutehtävät on selvitetty yhdistämällä havaintojen ja haastatteluiden tulokset.

Automatisoitavat suunnittelutehtävät ovat seuraavat:

#### 1. Eristystarpeen arviointi

Kaivoja ja putkia eristetään tarvittaessa, jos niitä ei saada asennettua tilaajakohtaisiin tavoitesyvyyyksiin. Eristeillä pyritään estämään rakenteiden ja putkissa virtaavan nesteen jäätyminen pakkaskелеillä. Ohjelmisto arvioisi rakenteiden ja putkien eristystarpeen sekä suosittelisi eristysvahvuutta ja -materiaalia valitulle kohteelle. Rajaehtoina olisi putkilinjojen ja kaivojen asennussyvyys, rakenteiden koko ja pakkasmäärä. Lisäksi ohjelmisto veisi nämä tiedot tarvittaessa yksikömmäärätaulukoihin sekä kustannusarvioihin.

#### 2. Huleveden verkoston hahmottelu

Huleveden verkostoa voidaan hahmotella ennen varsinaista verkoston suunnittelua. Ohjelmisto hahmottelisi huleveden verkoston rakenteet ja putket alustavasti suunnittelijan toivomaan sijaan. Rajaehtoina olisi huleveden putken kaltevuus, purkupisteen haluttu korko ja verkoston sijainti.

#### 3. Kaivantojen massalaskenta

Suunnitellessa kaivantoja kaivantoihin tulee pääsääntöisesti asennusalusta, alkutäyttö ja lopputäyttö. Asennusalustan ja täyttöjen pinta-alat pitää saada selville, jotta saadaan laskettua täyttöön

kuluvien materiaalien määrät. Pinta-alojen kokonaissummat olisi hyvä saada selvitettyä suunnittelun aikana. Kaivannot voivat vaihdella kohteesta ja suunnittelukohdasta riippuen, jonka vuoksi pinta-alojen laskenta voi viedä paljon suunnittelu-aikaa. Ohjelmisto laskisi automaattisesti pinta-alojen summat, jonka jälkeen suunnittelija veisi summat normaaliin tapaan massalaskentalaskuriin. Rajaehtoina olisi täyttöjen pinta-alat.

#### 4. Kaivo- ja venttiilikokojen määrittäminen

Kaivojen ja venttiilien koko on yhteydessä putkien kokoon. Verkostoa suunniteltaessa ohjelmisto määrittäisi järjestelmien minimikoon automaattisesti. Rajaehtoina olisi kaivoon tulevien liitosten putkikoko ja lukumäärä. Venttiilien tapauksessa koko määrittäisi venttiiliin liitettyjen linjojen putkikokojen perusteella. Lisäksi rajaehdoksi voisi määrittää valinnan, jolla suunnittelija saa valita haluamansa kokoisen rakenteen.

#### 5. Kaivojen ja venttiilien sijoittaminen.

Kaivot ja venttiilit pyritään sijoittamaan suunniteltaessa hyödyllisiin paikkoihin, eli yleensä putkien risteämäkohtiin. Lisäksi tonttiliittymiin sijoitetaan tonttikaivoja ja -venttiilejä. Ohjelmisto sijoittaisi järjestelmät automaattisesti oikeille paikoille verkostoa suunniteltaessa. Rajaehtoina olisi risteämisen kohta tai tonttiliittymän pääty.

#### 6. Kaivojen liitosten tarkastus

Viemäri verkoston putket liitetään kaivoihin. Kaivojen liitokset eivät saa olla liian lähellä toisiaan. Ohjelmisto tarkastaisi kaivojen liitokset ja ilmoittaisi, jos liitokset ovat liian lähellä toisiaan. Lisäksi ohjelmisto ilmoittaisi, jos liitokset olisivat huomattavalla korkoerolla toisiinsa nähden. Eli esimerkiksi yhden liitoksen korko olisi huomattavasti korkeammalla mitä muiden liitosten korot. Ohjelmisto ilmoittaisi poikkeavuudet tai tarvittaessa muokkaisi arvoja. Rajaehtoina olisi liitosten sijainnit kaivossa ja niiden korkoerot.

## 7. Kaivojen tarkastus

Suunniteltaessa kaivoja niille määritellään tietoja, kuten kaivon syvyys ja sakkapesän korkeus. Ohjelmisto tarkastaisi tietoja kaivoista verraten niitä toisiinsa. Ohjelmisto ilmoittaisi poikkeavuudet tai tarvittaessa muokkasi niitä. Rajaehtoina olisi kaivon syvyys ja sakkapesän korkeus.

## 8. Johto- ja putkilinjojen mitoitus

Johto- ja putkilinjojen automaattinen mitoituksen tarkastaminen annettujen lähtötietojen ja rajaehdojen perusteella, joko käsin syötettynä tai mallinnuksesta tuoduin tiedoin. Tarvittaessa putkikoluokkien automaattinen muuttaminen siten, että täyttävät annetut ehdot. Vesijohdoissa rajaehdona olisi asuntojen kaavoitustiheys. Jätevesiviemäreissä rajaehdot olisivat valuma-alueen laajuus ja asukkaiden kaavoitustiheys. Hulevesiviemäreissä rajaehdoina olisivat valuma-alueen laajuuden ja asukkaiden kaavoitustiheyden lisäksi verkoston kaltevuus, pintojen valumakerroin ja huleveden viipymä.

## 9. Virtaamatiedon esittäminen

Virtausnopeuksilla varmistetaan viemäriputken huuhtoutuminen sekä estetään putkimateriaalin eroosio. Putkille määritellään virtaamatietoja, jotta putkessa kulkevan massan virtausnopeus olisi tarvittava. Ohjelmisto määrittäisi putkikohtaisen virtaamatiedon valitulle putkiosuudelle. Rajaehtoina olisivat putken koko, materiaali ja viettokaltevuus. Lisäksi rajaehdona olisi putken materiaalin valumakerroin.

## 10. Putkien mallinnus

Rakennettua verkostoa mallintaessa osa putkista voi mennä eri korkoon muuhun verkostoon verrattuna. Ohjelmisto ilmoittaisi automaattisesti, jos jokin putki on eri tasossa suhteessa muun verkoston putkiin. Ohjelmisto määrittäisi jokaisen putken korolle keskiarvon. Jos jonkun putken koron keskiarvo eroaisi huomattavasti toisista, niin ohjelmisto tekisi siitä ilmoituksen.

## 11. Putkien tilavuustiedon laskeminen

Putkien tilavuustiedon automaattinen laskeminen tilanteessa, jossa painelinja purkaa viettolinjaan kaivon sijaan. Viettolinjassa on purkukohdassa laajennuskohde ottamassa vesiä vastaan. Ohjelmisto laskisi tämän purkukohdan tilavuuden.

## 12. Painetasojen ja painehäviöiden laskenta

Painelinjaverkostoa suunniteltaessa pitää huomioida painehäviöt, joiden suuruuteen vaikuttavat putken pituus ja syvyys. Ohjelmisto määrittäisi painetason- ja painehäviön suunnitellulle verkostolle. Rajaehtoina olisi verkoston pituus, materiaali, koko ja mahdollisesti syvyys. Ohjelmisto huomioisi painehäviön myös verkoston pumppujen mitoituksessa.

## 5.2 Automatisoidut suunnittelutehtävät

Opinnäytetyössä tarkasteltiin automatisoituja suunnittelutehtäviä. Työn aikana kävi ilmi, että suunnittelijoiden toimesta automatisoinnin keinoja ei ole hyödynnetty laajasti.

Tässä kappaleessa on esitetty salassa pidettäviä tietoja.

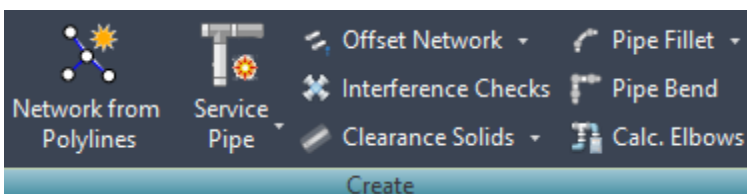
## 6 Vesihuollon suunnittelutehtävien automatisointi

### 6.1 Automaatio Civil 3D- suunnitteluohjelmistossa

Toimeksiantajan suunnittelijoiden käyttämään Civil 3D- suunnitteluohjelmistoon on mahdollista hankkia kolmannen osapuolen Symetrin kehittämä Naviate Pipe- työkalupaketti. Paketissa on valmiina jonkin verran ominaisuuksia ja komentoja, joilla pystyy tekemään osan suunnittelutehtävistä automaattisesti. (Naviate Pipe n.d.) Paketin myötä suunnitteluohjelmistoon tulee näkyviin Naviate- Pipe- välilehti. Kyseisen välilehden komennoilla pystyy nopeuttamaan työskentelyä varsinkin isoissa suunnittelukokonaisuuksissa. Naviate- Pipe- välilehti on jaettu pienempiin välilehtiin.

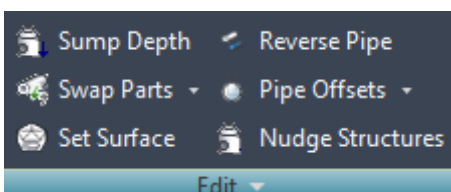
Create- välilehden yksi merkittävä komento on Network from Polylines. (Ks. kuvio 8.) Saneerauskohteissa olemassa olevien verkostojen putkien ja rakenteiden tiedot sekä sijainnit toimitetaan

suunnittelijoille yleensä viivoina. Kyseisellä komennolla nämä viivat voidaan mallintaa suoraan verkostoksi. Vanhojen verkostojen mallintamisella helpotetaan uusien verkostojen suunnittelua, jolloin saadaan oikeat etäisyydet olemassa oleviin verkostoihin. Yksittäin vanhojen verkostojen mallintaminen voi olla verrattain hidasta varsinkin isoissa suunnittelukokonaisuuksissa. Viivat voivat tulla suunnittelijoille 3D polyline- muodossa. Tällöin viivalle on määritetty korko. Jos viivalle on määritetty korko, niin komento mallintaa verkoston myös automaattisesti oikeaan korkoon. Offset Network- komennolla saa siirrettyä verkoston putkea halutun verran sivuun. Tätä komentoa pystyy hyödyntämään esimerkiksi tilanteessa, jossa uusi suunniteltu putkikokonaisuus on mallinnettu liian lähelle rakennettua putkea. Vanha putki pitää kuitenkin poistaa siirron jälkeen.



Kuvio 8. Create- välilehti (Civil 2024).

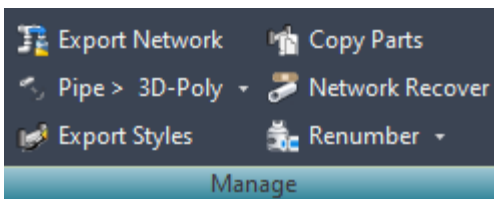
Edit- välilehdeltä löytyy komentoja, kuten Swap Parts. (Ks. kuvio 9.) Swap Parts- komennolla saa vaihdettua verkoston osia, kuten putkia ja rakenteita. Komennolla pystyy valitsemaan monta osaa kerrallaan ja ohjelmisto vaihtaa kaikki valitut osat. Reverse Pipe- komento kääntää putken suunnan. Käytännössä komento kääntää viivan piirtosuunnan tiedostossa vaihtamalla putkien päiden alkupisteiden paikkaa keskenään.



Kuvio 9. Edit- välilehti (Civil 2024).

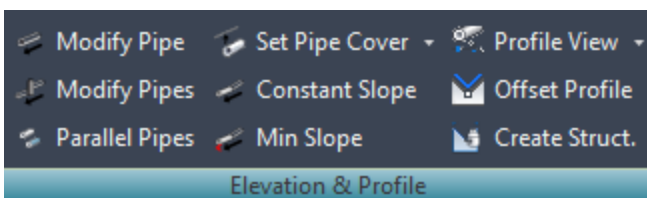
Manage- välilehdeltä löytyy yleispäteviä komentoja. (Ks. kuvio 10.) Putkien päihin tarvitaan rakenne, eli "structure". Ilman rakenteita putken tiedot eivät tule näkyviin esimerkiksi kaivokortteihin niitä tehdessä. Välillä putken pää voi kuitenkin jäädä ilman rakennetta tai putken pää on voinut

irrota rakenteesta, johon se on aikaisemmin liitetty. Network Recover- komento korjaa näitä tilanteita yhdistämällä putken pään lähellä olevaan rakenteeseen tai kaivoon. Jos putken pään lähellä ei ole rakennetta, niin komento lisää putkien väliin tai päihin niin sanottuja "null structure"-rakenteita. Rakenteiden lisäämisen jälkeen putken tiedot ilmestyvät myös kaivokorttiin kaivokortteja tehdessä. Renumber- komento vaihtaa rakenteiden nimet halutulla linjalla. Komentoa voi käyttää tilanteessa, jossa linjalle on tullut lisää uusia kaivoja ja ne pitää nimetä järjestyksessä. Näin kaivoja ei tarvitse ruveta nimeämään yksitellen. Komennolla pystyy nimeämään myös putkia.



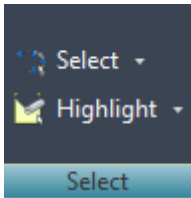
Kuvio 10. Manage- välilehti (Civil 2024).

Muita merkittäviä komentoja vesihuollon suunnittelun kannalta on Elevation & Profile- välilehdellä. (Ks. kuvio 11.) Kyseisen välilehden komennoilla pystyy vaihtamaan kerralla koko verkoston tietoja. Set Pipe Cover- komennolla pystyy määrittelemään putkelle tietyn peitekerroksen. Peitekerros määräytyy putken yläpinnan ja maanpinnan koron mukaan. Ohjelmistoon syötetään lähtötietoina maanpinnan tiedot, jolloin putken korko määräytyy näiden tietojen perusteella automaattisesti. Viemärien vietto on pääsääntöisesti ainakin yli yhden prosentin. "Min Slope"- komennolla pystyy määrittämään minimiviettoprosentin valitulle verkostolle.



Kuvio 11. Elevation & Profile- välilehti (Civil 2024).

Select- välilehdellä pystyy valitsemaan useamman osan verkostosta. (Ks. kuvio 12.) Select same Network Part- komennolla pystyy valitsemaan halutusta verkostosta kaikki samanlaiset osat.

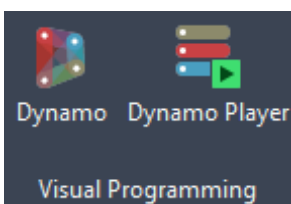


Kuvio 12. Select- välilehti (Civil 2024).

Työkalupakin ominaisuudet ovat päteviä automaation hyödyntämiseen suunnittelijan työssä. Pääsääntöisesti suunnittelijat eivät muokkaa suunnitteluohjelmistoa tai sen ominaisuuksia, nimittäin suunnitteluohjelmistojen kehitystyö on ohjelmiston kehittäjien vastuulla. Suunnittelijoilla on kuitenkin pääsy tekemään käyttäjäkohtaisia mukautuksia ohjelmointirajapintojen avulla. Käyttäjakohtaisten mukautusten ohjelmointi vaatisi ymmärrystä perinteisestä ohjelmoinnista. (Intended Audience n.d.)

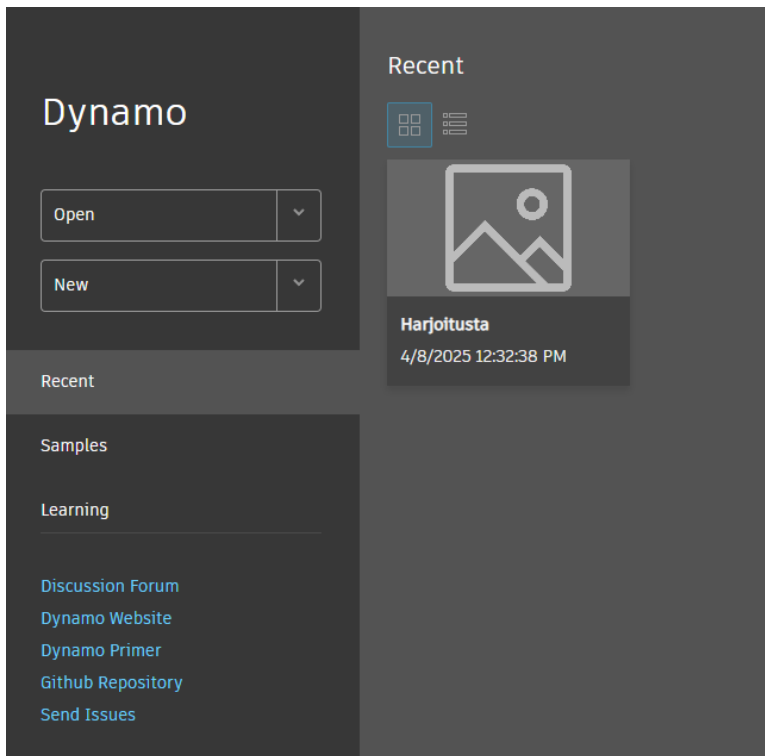
## 6.2 Dynamo- ohjeistus

Tarkasteltaessa automaation keinoja ohjelmointialusta Dynamo osoittautui merkittäväksi tavaksi automaation keinojen lisäämiseen, nimenomaan suunnittelijoiden toimesta. Dynamo pystyy käyttämään Civil 3D- ohjelmiston kautta. Dynamon ja Dynamo Playerin kuvakkeet löytyvät Civil 3D- ohjelmistosta Manage- välilehdeltä. (Ks. kuvio 13.)



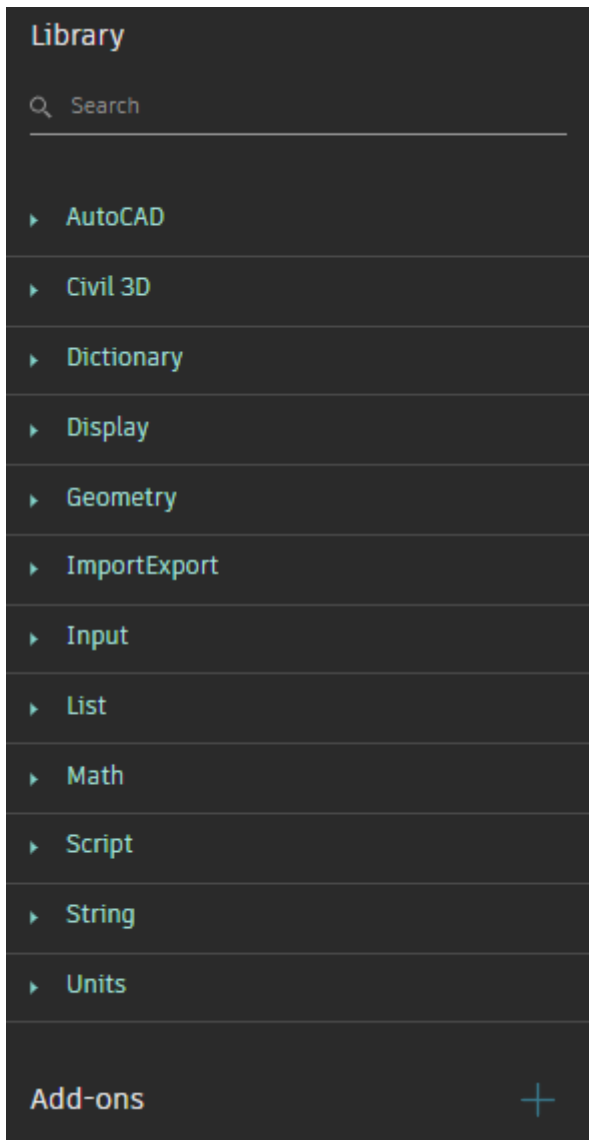
Kuvio 13. Dynamo kuvakkeet (Civil 2024).

Dynamo- kuvakkeesta aukeaa Dynamon aloitusnäky. (Ks. kuvio 14.) Aloitusnäkyssä pystyy valitsemaan joko uuden tai olemassa olevan tiedoston. Lisäksi aloitusnäkyssä on linkkejä esimerkiksi ohjevideoihin.



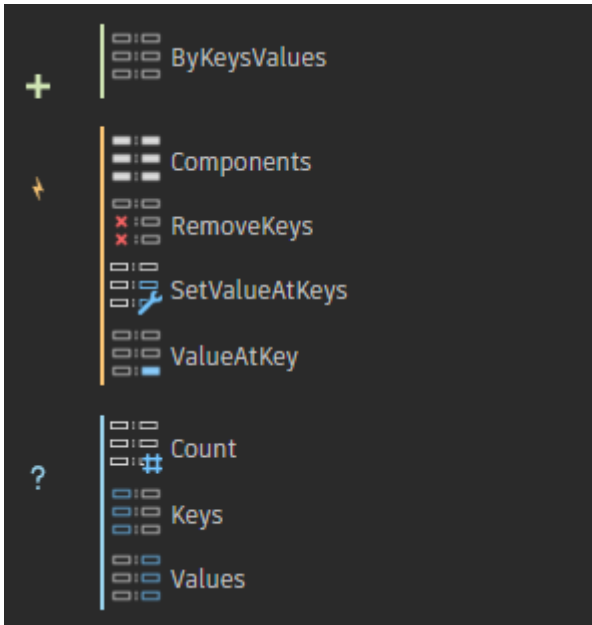
Kuvio 14. Dynamon aloitusnäky (Dynamo 2025).

Avaamalla uuden tiedoston päästään varsinaiseen näkymään, jossa voidaan automatisoida työtehtäviä visuaalisella ohjelmoinnilla. Näkymässä vasemmalla näkyy kirjasto. (Ks. kuvio 15.) Kirjastoon on jaettu nodeja, eli solmuja loogiseen järjestykseen. Yhdistelemällä solmuja, eli ohjelmuotoisia toimintoja ohjelmisto toteuttaa tehtävän automaattisesti. AutoCAD- ja Civil 3D- otsikoiden alta löytää suunnitteluohjelmille yksilöllisiä solmuja. Näitä solmuja käyttämällä ohjelmoitu ohjelma pyörii vain Civil 3D- suunnitteluohjelmalla. Muiden otsikoiden alla olevat solmut ovat yleispäteviä. Add-ons- osioon taas voi tallentaa kolmansien osapuolien tuottamia solmuja.



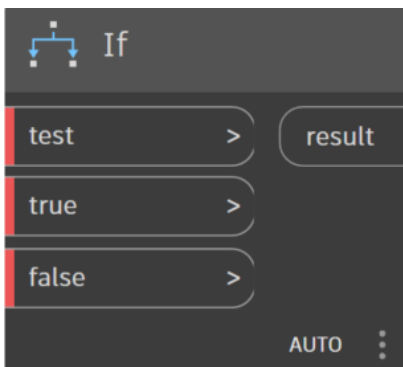
Kuvio 15. Dynamo kirjasto (Dynamo 2025).

Kirjaston jaottelun lisäksi solmut on vielä jaettu niiden tarkoituksen mukaan. (Ks. kuvio 16.) + - merkin solmut luovat uutta tiedostoon, kuten piirtää uuden viivan. "Salama"- merkin solmut suorittavat toiminnon tiedostossa, kuten pidentää viivaa. ?- merkin solmut taas hakevat tiedon tiedostosta, kuten viivan pituuden.



Kuvio 16. Solmujen jaottelu (Dynamo 2025).

Solmuissa on syöttö- ja lähtöportteja. (Ks. kuvio 17.) Solmujen välillä kulkee tietoa johtojen kautta. Portit ovat näille johdoille liitännäspisteitä. Käytännössä tieto tulee syöttöportista solmuun ja poistuu lähtöportista eteenpäin.



Kuvio 17. Esimerkkikuva solmusta (Dynamo 2025).

Dynamo Player- kuvakkeesta aukeaa näkymä, jossa pystyy käyttämään automatisoituja komentoja. (Ks. kuvio 12.) Tiedoston pitää olla avattuna, johon komentoja halutaan hyödyntää. Komennon saa pyörimään nuolesta otsikon vieressä. Usein komennoissa on ehtoja, joita käyttäjän pitää itse määrittellä. Ehdot voivat vaihdella suunnitellun verkoston tarpeista riippuen. Ne voivat olla kysymyksiä, joihin vastataan numeroilla, tekstillä tai true/false- vastauksella. Numerolla vastattaessa

voidaan määrittää esimerkiksi minimikoko putkelle. Tekstillä voidaan nimetä verkosto, johon kokennolla halutaan vaikuttaa. True/false- kysymyksissä vastaukselle on määritelty valmiiksi ehtoja, jotka lukevat kysymyksen alla.

### 6.3 Esimerkki Dynamon käytöstä

Tässä kappaleessa on esitetty salassa pidettäviä tietoja.

## 7 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa tapoja, joilla voidaan hyödyntää automaation keinoja vesihuollon suunnittelussa. Lisäksi tarkasteltiin automatisoitavissa olevia ja jo automatisoituja vesihuollon suunnittelutehtäviä. Opinnäytetyön tuloksilla pyrittiin kehittämään suunnitteluprosesseja antamalla työkaluja automaation lisäämiseen vesihuollon suunnittelijoille. Näin pyrittiin edistämään toimeksiantajan toimintaa ja vesihuollon suunnittelualan kehitystä. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan vesihuollon suunnittelua ja toimeksiantajan suunnittelijoiden käyttämää Civil 3D-suunnitteluohjelmistoa.

Opinnäytetyön alussa laadittiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- Mitkä ovat vesihuollon suunnittelutehtävät, joita voisi automatisoida?
- Onko vesihuollon suunnittelutehtäviä jo automatisoitu?
- Miten vesihuollon suunnittelutehtäviä voidaan automatisoida?

Opinnäytetyön aikana saatiin vastattua laadittuihin tutkimuskysymyksiin. Automatisoitavia suunnittelutehtäviä ja kehityskohteita löytyi työn aikana. Selvitettyjen suunnittelutehtävien taustalla vaikutti tarve suunnittelun nopeuttamiselle. Suunnittelutehtävät vaihtelivat yksityiskohtaisista tehtävistä laajempiin kokonaisuuksiin. Suunnittelutehtävien automatisoinnin keinojen tarkasteluun valikoitui ohjelmointialusta Dynamo, koska visuaalisen ohjelmoinnin työkalu on suhteellisen yksinkertainen tapa automatisoida suunnittelutehtäviä.

Automatisoituja suunnittelutehtäviä tarkasteltaessa huomattiin, että niiden määrä oli vähäinen. Tämän perusteella voidaan päätellä, että automatisoinnin keinot eivät ole suunnittelijoiden yleisessä tietoisuudessa ja automaatiota pystyisi hyödyntämään enemmän. Sama huomio kävi ilmi myös tiedonhaun aikana. Vähäinen automaation hyödyntäminen voi johtua siitä, että suunnittelijoiden työaika painottuu projektien tekoon, jolloin aikaa varsinaiselle kehitystyölle ei välttämättä ole. Lisäksi suunnittelijoilla voi olla oletus, että automaation keinojen lisääminen vaatii perinteistä ohjelmointiosaamista. Automatisoinnin keinojen taso vaihtelee kuitenkin merkittävästi. Ohjelmistoon voisi halutessaan ohjelmoida suunnittelijan omia komentoja ohjelmointirajapintoja käyttämällä. Matalamman kynnyksen ratkaisu automatisoinnille on opinnäytetyössä käsitelty visuaalisen ohjelmoinnin ohjelmointialusta Dynamo. Toisaalta myös Naviate- Pipe- välilehden valmiita komentoja käyttämällä voi hyödyntää automaatiota.

Alussa laadittuja tavoitteita saatiin edistettyä. Opinnäytetyön tulosten myötä vesihuollon suunnittelijoilla on työkaluja automaation lisäämiseen tulevaisuudessa. Suunnittelijat voivat hyödyntää opinnäytetyön tuloksia ja avartaa tietojaan automaation keinoista. Tulosten myötä heillä on tiedossa ohjeistusta ohjelmointialusta Dynamon käyttöön ja listattuna suunnittelutehtäviä, joita voi automatisoida. Lisäksi tuloksista käy ilmi myös suunnitteluohjelmiston valmiita komentoja jo automatisoituja suunnittelutehtäviä, joita voi hyödyntää suunniteltaessa. Tulosten avulla vesihuollon suunnittelijat pystyvät hyödyntämään yksinkertaisia automaation keinoja ja tarvittaessa automatisoimaan haasteelliseksi kokevia suunnittelutehtäviä. Näin nopeutetaan heidän työskentelyään. Työskentelyn nopeuttamisella he vapauttavat resurssejaan muihin suunnittelutehtäviin. Pitkällä aikavälillä tällä voi olla vaikutusta toimeksiantajan tulokseen. Lisäksi automaation keinojen lisäämisellä kehitetään vesihuollon suunnittelualaa.

Opinnäytetyön aiheet olivat uusia opinnäytetyön kirjoittajalle, joka loi haasteita opinnäytetyöprosessiin. Yleisesti opinnäytetyön luotettavuutta pyrittiin parantamaan vertaamalla havaintoja tiedonhaun tuottamiin tuloksiin ja muiden suunnittelijoiden kokemuksiin. Suunnittelutehtävien luonne on tutkimustyöhön haastava. Kehitysideat nousevat monesti suunnittelun aikana, eikä niitä välttämättä kirjoita työskentelyhetkellä muistiin. Opinnäytetyön tulosten luotettavuutta parannettiin suunnittelijoiden haastatteluilla. Suurin osa haastatteluista toteutettiin sähköpostitse. Vastausprosentti haastatteluihin oli verrattain alhainen. Haastateltavien kohteeksi olisi voinut valita enemmän suunnittelijoita, jolloin vastauksia olisi myös saatu enemmän. Lisäksi vastausprosenttia

olisi voitu kasvattaa vastauslomakkeella ja muokata haastattelukysymyksiä enemmän strukturoiduksi.

## 8 Jatkokehitysehdotukset

Automaattiset suunnitteluratkaisut tulevat todennäköisesti kehittymään lähitulevaisuudessa. Alan kehittyessä automaation tuomia mahdollisuuksia voisi tarkastella lisää. Tarkastelun kohteeksi voisi valita perinteisen ohjelmoinnin tapoja suunnittelutehtävien automatisointiin, jolloin automatisoinnin keinoja lisättäisiin huomattavasti. Lisäksi opinnäytetyön aikana havaittiin, että automaatio ja tekoäly liittyvät vahvasti toisiinsa. Tämän vuoksi juuri tekoälyn hyödyntämistä voisi tarkastella vesihuollon suunnittelualan kehittymisen kannalta. Tarkastelussa pitäisi kuitenkin huomioida eettiset näkökulmat ja kriittisen infrastruktuurin suojeleminen.

Vesihuollon lisäksi infrasuunnittelu sisältää katujen suunnittelua. Myös katusuunnittelussa on lukuisia rutiinimaisia suunnittelutehtäviä. Opinnäytetyössä käsitellyssä ohjelmointialusta Dynamossa olisi myös mahdollisuuksia katualueen suunnittelutehtävien automatisoinnille. Voidaan olettaa, että myös katusuunnittelun suunnittelutehtäville on luotu työkaluja, jotka toteuttavat suunnittelutehtäviä automaattisesti. Automaation keinojen tarkastelu myös katusuunnittelussa olisi ajankohtaista.

Opinnäytetyön aikana huomattiin, että automaation keinot eivät ole kaikkien vesihuollon suunnittelijoiden tietoisuudessa. Automaation keinojen hyödyntäminen voi vaihdella merkittävästi suunnittelijan mukaan. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että automaation keinot olisivat jokaisen suunnittelijan saatavilla ja tieto sen hyödyntämisestä kirjattaisiin toimeksiantajan tietokantoihin.

Automaation keinojen hyödyntämiselle voisi siis luoda esimerkiksi oman tiedoston, jota jokainen vesihuollon suunnittelija pääsisi tarvittaessa muokkaamaan.

## Lähteet

Civil 3D. N.d. Tuoteselostus Autodesk- yrityksen sivuilla. Viitattu 15.1.2025. <https://www.autodesk.com/fi/products/civil-3d/overview>

Civil 3D. 2024. Suunnitteluohjelmisto. Kuvakaappaukset suunnitteluohjelmiston toiminnasta.

Dynamo for Civil 3D. N.d. Tietosivusto Dynamosta. Viitattu 2.2.2025. <https://primer2.dynamobim.org/dynamo-for-civil-3d>

Dynamo. 2025. Ohjelmointialusta. Kuvakaappaukset ohjelmointialustan toiminnasta.

Euroopan parlamentti. 2023. EU:n tekoälysäädös on ensimmäinen laatuaan. Artikkelin Euroopan parlamentin sivustolla. Julkaistu 9.6.2023. Viitattu 24.2.2025. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20230601STO93804/eu-n-tekoalyasaados-on-ensimmainen-laatuuan>

Faktat. N.d. Tietosivusto AFRYn toiminnasta. Viitattu 20.1.2025. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

Groover, M. 2024. Automation. Verkkojulkaisu Britannica- sivustolla. Viitattu 14.1.2025. <https://www.britannica.com/technology/automation>

Hulevesien aiheuttamat tulvariskit. 2022. Suomen ympäristökeskuksen laatima julkaisu Vesi.fi- sivustolla. Julkaistu 1.2.2022. Viitattu 18.2.2025. <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-aiheuttamat-tulvariskit/>

Hyvän vesihuollon kriteerit. 2021. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja. Viitattu 14.1.2025. [https://www.vesilaitosyhdistys.fi/site/assets/files/5496/hyvan\\_vesihuollon\\_kriteerit.pdf](https://www.vesilaitosyhdistys.fi/site/assets/files/5496/hyvan_vesihuollon_kriteerit.pdf)

Intended Audience. N.d. Autodesk Civil 3D 2024. Kehittäjän opas Civil 3D suunnitteluohjelmiston käyttäjille. Viitattu 9.4.2025. <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2024/ENU/?guid=GUID-D6E4AE16-31DD-42E4-86F4-29B4AC93C453>

Jobin, A., Ienca, M. & Vayena, E. 2019. The global landscape of AI ethics guidelines. Health Ethics & Policy Lab, Zurich. Julkaistu 2.9.2019. Viitattu 24.2.2025. <https://arxiv.org/pdf/1906.11668>

Karttunen, E. & Heikkinen, M. 2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. Kustantaja Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Koneautomaatio käytännössä. N.d. Hefmec. Viitattu 10.1.2025. <https://www.finnishup.com/mitaon-koneoppiminen/>

Kriittisen infrastruktuurin suojaaminen. 2024. Verkkojulkaisu kuntaliiton sivuilla. Viitattu 4.2.2024. <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/varautuminen-ja-turvallisuus>

Kymen vesi. N.d. Kymen veden laatima julkaisu. Viitattu 2.3.2025. [https://www.linedin.com/posts/kymenvesi\\_kymenvesi-vesihuolto-vesiyhti%C3%B6-activity-7100713200114892803--MH1?trk=public\\_profile\\_like\\_view](https://www.linedin.com/posts/kymenvesi_kymenvesi-vesihuolto-vesiyhti%C3%B6-activity-7100713200114892803--MH1?trk=public_profile_like_view)

McGee, V. 2024. What Is Coding and What Is It Used For? Julkaistu 9.8.2024. Viitattu 4.3.2025. <https://www.computerscience.org/resources/what-is-coding-used-for/>

Mitä on hulevesi? 2019. Suomen ympäristökeskuksen laatima julkaisu Vesi.fi- sivustolla. Julkaistu 28.10.2019. Viitattu 10.1.2025. <https://www.vesi.fi/vesitieto/mita-on-hulevesi/>

Määrämittausohje. 2015. Rakennustieto Oy. Rakennusosa ja hankenimikkeistö. Viitattu 13.1.2025. [https://tiedostot.rakennustieto.fi/liitteet/infraryl/Infra\\_2015\\_Maaramittausohje.pdf](https://tiedostot.rakennustieto.fi/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf)

Naviate Pipe. N.d. Naviate. Tuoteseloste Naviaten sivustolla. Viitattu 8.4.2025. <https://www.naviate.com/naviate-for-civil-3d/naviate-pipe/>

Numminen, L. 2023. Mitä on koneoppiminen. Verkkojulkaisu. Viitattu 10.1.2025. <https://www.fin-nishup.com/mita-on-koneoppiminen/>

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2009. Kehittämistyössä käytettävien tutkimuksellisten menetelmien valinta. Opetusmateriaali Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.1.2025.

Palvelut. N.d. Tietosivusto AFRYn toiminnasta. Viitattu 20.1.2025. <https://afry.com/fi-fi/palvelut>

Peltomäki, J. 2023. Python 3 – Ohjelmoinnin perusteet. Kustantaja BoD- Books on Demand.

Pirhonen, I., Vähänen, P. & Forsman, J. 2023. Suunnitteluprosessin tehostaminen parametrisella suunnittelulla. Verkkojulkaisu Rakennustekniikkalehden sivustolla. Julkaistu 6.10.2023. Viitattu 12.2.2025. <https://ril.fi/lehti/suunnitteluprosessin-tehostaminen-parametrisella-suunnittelulla/>

Putkien saneeraus. N.d. Verkkojulkaisu Gidon Infra- sivustolla. Viitattu 5.3.2025. <https://gidoninfra.fi/kaivamaton-tekniikka/>

Pölkki, H. 2025. Kuvitteellinen kaivokortti. Kuvituskuva opinnäytetyötä varten.

Pölkki, H. 2025. Kuvitteellinen pelkistetty suunnitelmakartta. Kuvituskuva opinnäytetyötä varten.

Pölkki, H. 2025. Kuvitteellinen pituusleikkaus. Kuvituskuva opinnäytetyötä varten.

Renko, T., Sahlstedt, J., Aurola, A. & Vilppanen, M. 2021. 4. Hyvän vesihuollon tavoitteet. Suomen Vesilaitosyhdistys ry. Viitattu 20.1.2025. [https://www.vvy.fi/site/assets/files/5496/hyvan\\_vesihuollon\\_kriteerit.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/5496/hyvan_vesihuollon_kriteerit.pdf)

Siikaluoma, T. 2020. 2.4 katusuunnittelu. Suomen kuntatekniikan yhdistys. Viitattu 20.1.2025. <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/katusuunnittelu/>

Vesihuollon kehittämissuunnitelma ja vesihuoltolaitosten toiminta-alueet. 2024. Verkkojulkaisu kuntaliiton sivuilla. Viitattu 20.1.2025. <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/vesihuolto>

Vesihuoltoverkostot kaipaavat kunnostusta. 2023. Suomen ympäristökeskuksen laatima julkaisu Vesi.fi- sivustolla. Julkaistu 27.3.2023. Viitattu 2.3.2025. <https://www.vesi.fi/vesitieto/vesihuolto-verkostot-kaipaavat-kunnostusta/>

Vesihuolto. N.d. Verkkojulkaisu maa- ja metsätalousministeriön sivuilla. Viitattu 28.1.2025. <https://mmm.fi/vesi/vesihuolto>

Vesihuolto. 2023. Julkaisu Suomi.fi- sivustolla. Päivitetty 15.2.2023. Viitattu 11.1.2025. <https://www.suomi.fi/kansalaiselle/asuminen-ja-rakentaminen/rakentaminen-ja-kiinteistot/opas/rakentaminen-ja-jatehuolto/vesihuolto>

Vesihuolto. 2024. Verkkojulkaisu kuntaliiton sivustolla. Viitattu 10.1.2025. <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/vesihuolto>

ÅF ja Pöyry yhdistyivät AFRYksi. N.d. Tietosivusto AFRYn toiminnasta. Viitattu 20.1.2025. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

14220 Lämmöneristykset. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kirjallinen kuvaus. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/14220.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/14220.html)

16210 Putki- ja johtokaivannot. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kirjallinen kuvaus. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/16200.html#id16210](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/16200.html#id16210)

16210:K1 Tukemattoman maakaivannon vähimmäismitat. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kuva. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/16200.html#id16210.1](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/16200.html#id16210.1)

16300 Kaivannon tukirakenteet. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kirjallinen kuvaus. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/16300.html#id16300.4](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/16300.html#id16300.4)

18300 Kaivantojen täytöt. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kirjallinen kuvaus. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/18300.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/18300.html)

31100. Jätevesiviemärit. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kirjallinen kuvaus. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/31100.html#id31100.1](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/31100.html#id31100.1)

31300. Vesijohdot. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kirjallinen kuvaus. Julkaistu 12.12.2024. Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/31300.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/31300.html)

31100:K1 Johtokaivanto. 2024. InfraRYL. Rakennustieto Oy:n laatima kuva. Julkaistu 12.12.2024.  
Viitattu 3.3.2025. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/31100.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/31100.html)

## **Liitteet**

### **Liite 1. Automatisoidut suunnittelutehtävät (Salassa pidettävä)**

**Liite 2. Esimerkki Dynamon käytöstä (Salassa pidettävä)**