



Jukka Stenvall

# Ratapihan käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

6.5.2025

## Tiivistelmä

Tekijä: Jukka Stenvall  
Otsikko: Ratapihan käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot  
Sivumäärä: 52 sivua + 1 liite  
Aika: 6.5.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka  
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen  
Ohjaajat: Tero Mäkinen, projektipäällikkö Sweco Finland  
Anu Ilander, lehtori Metropolia

---

Tämän opinnäytetyön tavoite oli tuottaa raportti henkilöratapihoille käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnoista. Opinnäytetyö toteutettiin Sweco Finland Oy:n Turun henkilöratapihan toteutussuunnittelun yhteydessä.

Opinnäytetyön lähtötietoina toimivat Väyläviraston, VR:n, urakoitsijoiden, laite- ja putkistotoimittajien haastattelut ja ohjeistukset sekä muut vesihuolto- ja infra-alan suunnitteluohjeet. Näiden lisäksi toteutustapojen vertailua varten selvitettiin käyttövalmiushuollon periaatteet Joensuun ratapihan osalta.

Työn tuloksena saavutettiin selkeämpi kuva toiminnoista sekä näille määriteltiin jatkoa varten suunnitteluperiaatteet sekä kehitystarpeet.

Avainsanat: käyttövalmiushuolto, vesi ja jätevesi, ratapiha

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Jukka Stenvall  
Title: Water and Wastewater Operations in Rail Yard's Standby Maintenance  
Number of Pages: 52 pages + 1 appendices  
Date: 6 May 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineer  
Professional Major: Infrastructural Engineering  
Supervisors: Tero Mäkinen, Project Manager Sweco Finland  
Anu Ilander, Senior Lecturer Metropolia

---

The purpose of this thesis was to conduct a report on the functions of water and wastewater operations in rail yard standby maintenance. The study was carried out in connection with Sweco Finland's renovation planning of the Turku rail yard.

Information for the thesis was collected by interviews and instructions from Väylävirasto, VR, contractors and different equipment and piping suppliers, as well as from the instructions for the water service and infrastructure sector. Also, for the purpose of comparing the implementation methods of different standby maintenances, the principles of the standby maintenance of the Joensuu rail yard were investigated.

As a result of the thesis, a clearer image of the functions was achieved, and the planning principles and the development needs were defined for the future.

Keywords: standby maintenance, water and wastewater, rail yard

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Käyttövalmiushuollon palvelupaikat ja näiden nykyaikaistaminen	1
1.2	Opinnäytetyön lähtökohta ja toteutus	2
2	Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot	3
2.1	Toimintojen määrittely ja sijoitus	3
2.2	Toimintojen käyttäminen ja kuvaus	4
2.2.1	Alipaineviemäröinti	5
2.2.2	Vesijohtovesi	6
2.2.3	Huuhteluvesi ja katkaistu vesi	7
2.2.4	Paineilma	8
3	Suunnittelu	10
3.1	Aluesuunnittelu	11
3.1.1	Putkimateriaalit ja liitostavat	12
3.1.2	Putkistojen asennuseriaatteet	13
3.1.3	Raiteiden alitukset	18
3.2	Prosessi ja toimintatapasuunnittelu	19
3.2.1	Alipaineviemäröinti	20
3.2.2	Vesijohtovesi	23
3.2.3	Huuhteluvesi ja katkaistu vesi	24
3.2.4	Paineilma	27
3.3	Laite- ja käyttöpistesuunnittelu	28
3.3.1	Laitetila koneisto- ja putkistosuunnittelu	29
3.3.2	Käyttöpisteen koneisto- ja putkistosuunnittelu	31
4	Turun henkilöratapihan parantaminen	35
4.1	Turun henkilöratapihan käyttövalmiushuolto	35
4.2	Käyttövalmiushuollon toteutus	36
4.2.1	Käyttövalmiushuollon käyttöpisteet	37
4.2.2	Käyttövalmiushuollon laitetila	38
4.2.3	Alueputkisto	39

4.2.4	Käyttövalmiushuollon toiminnallisuus ja mitoitus	41
4.2.5	Yhteensovitus	42
4.2.6	Käyttövalmiushuollon rakentaminen ja käyttöönotto	43
4.3	Turun ja Joensuun ratapihojen toteutuksien erot	43
5	Yhteenveto ja kehittäminen	45
5.1	Käyttövalmiushuolto tulevaisuudessa	45
5.1.1	Toteutuksen vaikutus toiminnallisuuteen	45
5.1.2	Kustannuksien hallinta	46
5.2	Käyttövalmiushuollon kehittäminen	47
5.2.1	Toiminnallisuus ja standardisointi	47
5.2.2	Automaatio- ja hälytysjärjestelmä	48
5.2.3	Tuojantunnistusjärjestelmä	49
5.3	Pohdinta	49
	Lähteet	51
	Liitteet	
	Liite 1: ATU aukean tilan ulottuma	

## Lyhenteet ja käsitteet

ATU:	Aukean tilan ulottuma. Raidetta pitkin ulottuva tila, minkä sisäpuolella ei saa olla kiinteitä rakenteita eikä laitteita.
Harmaa vesi:	Jätevesi, mikä sisältää keittiö pesu ja siivousvesiä.
Katkaistu vesi:	Eriyisen vesilaitteiston vesi, mikä on erotettu muusta kiinteistön vesilaitteistosta.
Käyttöpiste:	Käyttövalmiushuollon käyttöpiste, mistä toiminnot liitetään junavaunuihin.
LKU:	Liikkuvan kaluston ulottuma. Tila minkä sisällä liikkuvan kaluston pysyttävä.
mvp:	Metriä vesipatsasta. Osoittaa putkessa olevan painetason vesipatsaan korkeutena metreissä.
Musta vesi:	Jätevesi, mikä sisältää käymälävesiä.
Palveluntarjoaja:	Palvelupaikan toiminnoista vastaava taho.
Palvelupaikka:	Raideliikenteen huoltoon liittyviä toimintoja tarjoava raitiha tai junavarikko.
RakMk:	Suomen rakentamismääräyskokoelma
Talousvesi:	Vesihuoltolaitosten toimittama talousvesikäyttöön soveltuva vesijohtovesi. Talousvettä käytetään juoma- ja ruokavetenä sekä hygienian ylläpitämiseen.
Vesihuoltolaitteisto:	Kiinteistön vesihuoltolaitteisto sisältää kiinteistön vesilaitteiston, vesijohtot ja tonttijohdot. Kiinteistö vastaa

vesihuoltolaitteistostaan vesihuoltolaitoksen liittymiskohtaan asti.

Vesijohtovesi: Vesijohtoverkostossa ja kiinteistön vesijohdoissa johdettava talousvesikäyttöön soveltuva vesi.

Yhdyskuntajätevesi: Vesi sisältää mustaa ja harmaata vettä sekä teollisuuden jätevesiä.

# 1 Johdanto

Käyttövalmiushuollolla tarkoitetaan raideliikenteen yhteydessä suoritettavia junavaunujen käyttövalmiuden ylläpitoon liittyviä huoltotoimenpiteitä. Käyttövalmiushuollon toimintoja ovat muun muassa junavaunujen vesi- ja jätevesitoiminnot, paineilmatoiminnot, siivoamispalvelut ja junavaunujen lämmitys.

Vesi- ja jätevesitoiminnot ovat tärkeä osa matkustajajunavaunujen huoltoa, millä ylläpidetään matkustusmukavuutta ja huomioidaan ympäristönäkökulmat vesihuollon osalta. Matkustaja- ja ravintolajunavaunuissa tulee olla matkustajilla käytettävissä puhdasta talousvettä ja käymälöissä muodostuvat jätevedet tulee johtaa kunnalliseen jätevesiverkostoon.

## 1.1 Käyttövalmiushuollon palvelupaikat ja näiden nykyaikaistaminen

Palvelupaikoista ja rautatieliikenteeseen liittyvien palvelujen käyttöoikeudesta säädetään Euroopan komission täytäntöönpanoasetuksessa (EU) 2017/2177. Käyttövalmiushuollon palvelu on direktiivin 2012/34/EU liitteen II kohdan 2 mukainen peruspalvelu, jonka tulee olla kaikkien raideliikennetoimintaa harjoittavien toimijoiden käytettävissä [1].

Käyttövalmiushuollon palvelupaikkoina toimivat ratapihat ja junavarikot. Kaikilla ratapihoilla tai junavarikoilla ei kuitenkaan ole vesi- ja jätevesitoimintoja tarjolla tai näiden toiminnot voivat rajoitettua. Palvelupaikkojen tarjoajien tulee tehdä palvelupaikkakohtainen palvelupaikka kuvaus, jossa on esitetty tarjottavat palvelut. Palvelupaikan kuvaukset löytyvät Väyläviraston sivustolta [2].

Ratapihojen saneerauksien yhteydessä palvelupaikkojen käyttövalmiushuollon toimintoja nykyaikaistetaan. Nykyaikaistamiselle tai uudisrakentamiselle ei ole kuitenkaan olemassa standardisoitua suunnittelu- tai toteutusmallia.

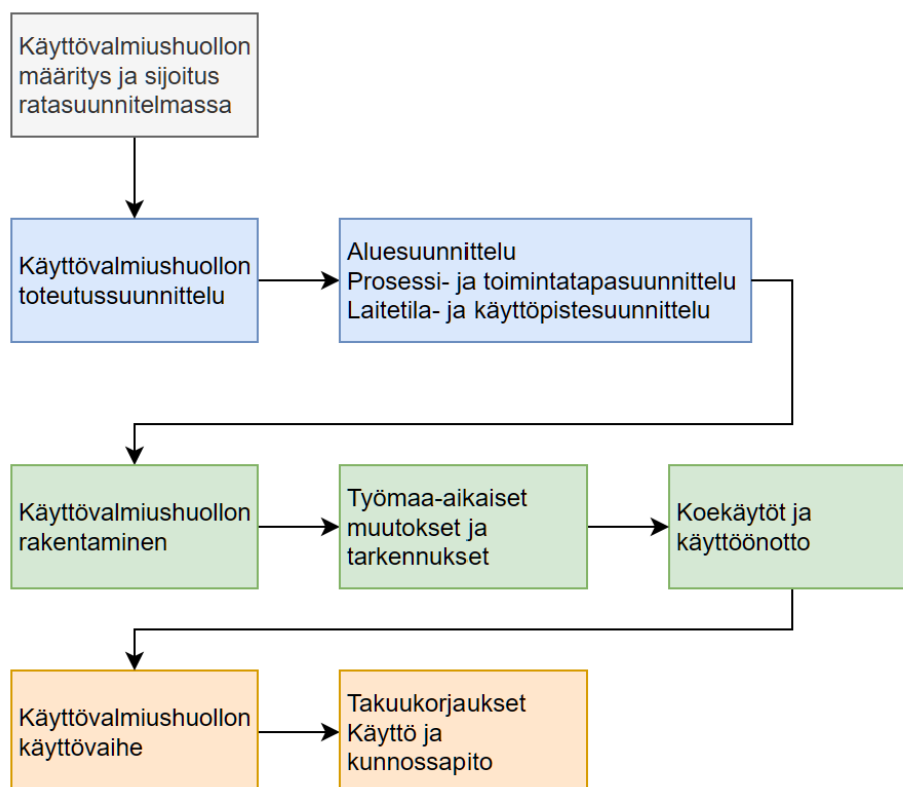
## 1.2 Opinnäytetyön lähtökohta ja toteutus

Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen toteuttaminen on monialaista suunnittelua ja rakentamista, jonka vaatimukset poikkeavat radan ja ratapiha-alueiden normaalista suunnittelusta ja rakentamisesta. Toteutukset ovat harvinaisia ja usein ovat poikenneet toisistaan, minkä takia kokonaisuuden hallitsevia henkilöitä tai suunnittelu- ja rakentamisohjeistuksia ei ole suoraan saatavilla. Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen ja periaatteiden selkeyttämiseen ja kehittämiseen on nykytilanteessa ollut osalta selkeä tarve. Tätä varten tähän opinnäytetyöhön kootaan käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot ja suunnitteluperiaatteet.

Opinnäytetyö toteutetaan Sweco Finland Oy:n Turun henkilöratapihan käyttövalmiushuollon toteutussuunnittelun yhteydessä, missä määritellään ja tarkennetaan käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot ja suunnittelun periaatteet. Nämä määritykset sekä tarkennukset esitetään tämän opinnäytetyön käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot ja suunnittelu -kohdissa. Toiminnot ja näiden toteutusperiaatteet määritellään Turun henkilöratapihan entisen käyttövalmiushuollon palveluntarjoajan ja nykyisenä käyttäjänä toimivan VR matkustajaliikenteen sekä nykyisen palveluntarjoajan Väyläviraston vaatimuksien perusteella. Suunnitteluperiaatteet määritellään ratapihalle sijoitettavien toimintojen mukaisesti noudattaen soveltuvilta osin laite- ja putkistotoimittajien ohjeistuksia sekä Väyläviraston ratasuunnittelu-, RIL-vesihuolto- ja InfraRyl-suunnitteluohjeita sekä PSK-standardeja ja talotekniikan vesi- ja viemärlaitteisto-opasta.

## 2 Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot

Kuvassa 1 on esitetty käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen toteutuksen tarkennettu prosessi sekä tähän liittyvät pääasialliset toteutus- ja käyttötehtävät [3].



Kuva 1. Käyttövalmiushuollon toteutuksen prosessi.

### 2.1 Toimintojen määrittely ja sijoitus

Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoiminnot liittyvät palvelupaikoilla suoritettavaan junavaunujen puhdasvesisäiliöiden täyttöön ja jätevesisäiliöiden tyhjentämiseen [2]. Näihin liittyviä toimintoja ovat vesijohtovesi, alipaineviemäri ja huuhteluvesi sekä avustavana toimintona paineilma [3].

Palvelupaikalle toteutettavat käyttövalmiushuollon toiminnot, laittilan sijoituskohta ja käyttöpisteiden sijoitusraiteet määritellään ratasuunnitelman yhtey-

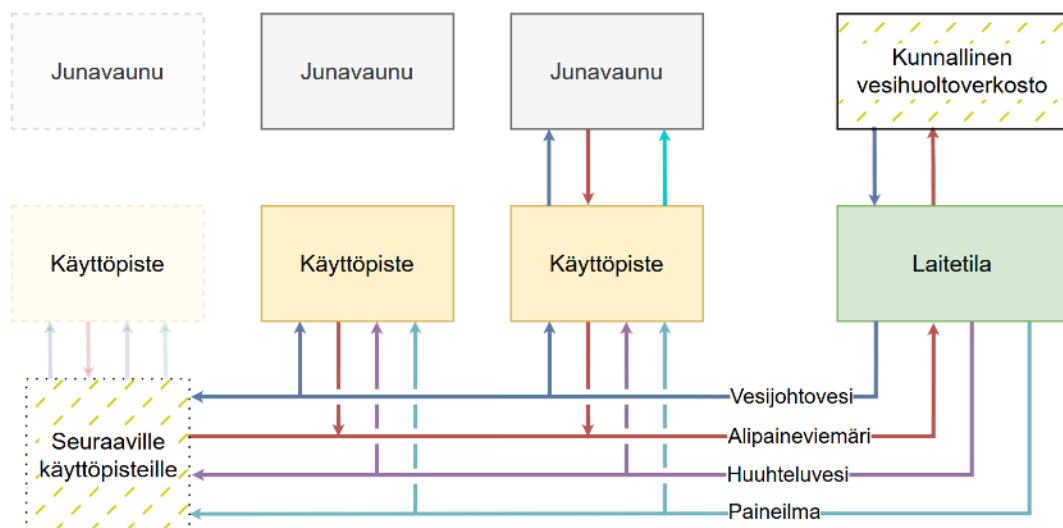
dessä. Näitä tarkennetaan tarvittaessa käyttövalmiushuollon toteutussuunnitelman perusteella [3].

Toimintojen määrittämisen ja sijoituksen periaatteet:

- Toiminnot määritellään palvelupaikan vaatimuksien mukaisesti.
- Laitetilan sijoituskohdan tilavarauksen tulee olla riittävä laitetilan toteutukselle sekä tarvittavalle huoltoajoliikenteelle.
- Käyttöpisteiden sijoituskohdan tilavarauksen tulee olla riittävä käyttöpisteiden toteutukselle ja huolto- ja käyttötoimenpiteille.

## 2.2 Toimintojen käyttäminen ja kuvaus

Vesi- ja jätevesitoimintoihin sekä paineilman käyttöön tarvittava laitteisto sijoitetaan laitetilaan, missä näiden toimintaa ohjataan automaattiohjauksella laitteistojen paikallisohjaukskeskuksilla sekä tarvittaessa käyttäjän toimesta käsikäyttökytkimillä. Käyttöpisteille sijoitetaan toimintojen käyttämistä varten käyttöventtiileillä varustetut liitospisteet sekä liitosletkut, millä toiminnot liitetään junavaunuihin. Toimintoja käytetään yhdeltä käyttöpisteeltä kerrallaan. Kuvassa 2 on esitetty junavaunujen vesijohtoveden, alipaineviemäröinnin, huuhteluveden sekä paineilma toimintojen periaatteellinen virtauskaavio [3].



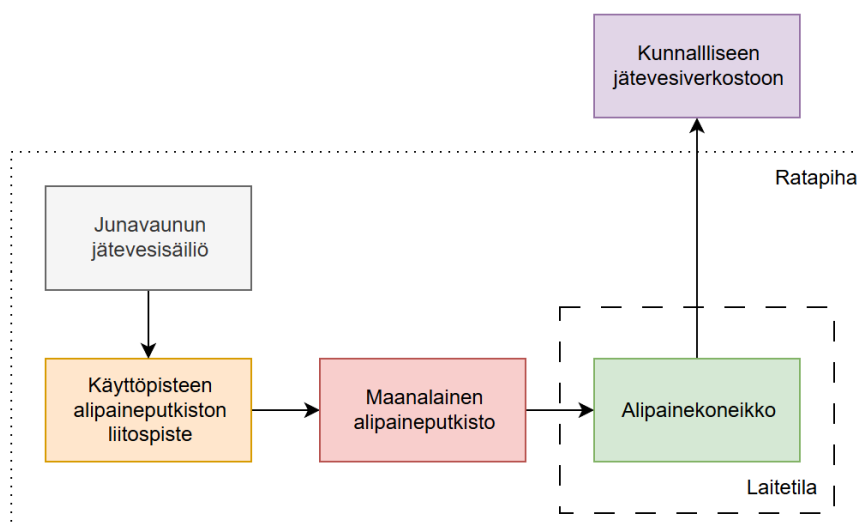
Kuva 2. Junavaunujen vesi- ja jätevesitoimintojen virtauskaavio.

## 2.2.1 Alipaineviemäröinti

Alipaineviemäröintiä käytetään tyhjentämään junavaunujen jätevesisäiliöt. Alipaineviemärin toiminnot koostuvat:

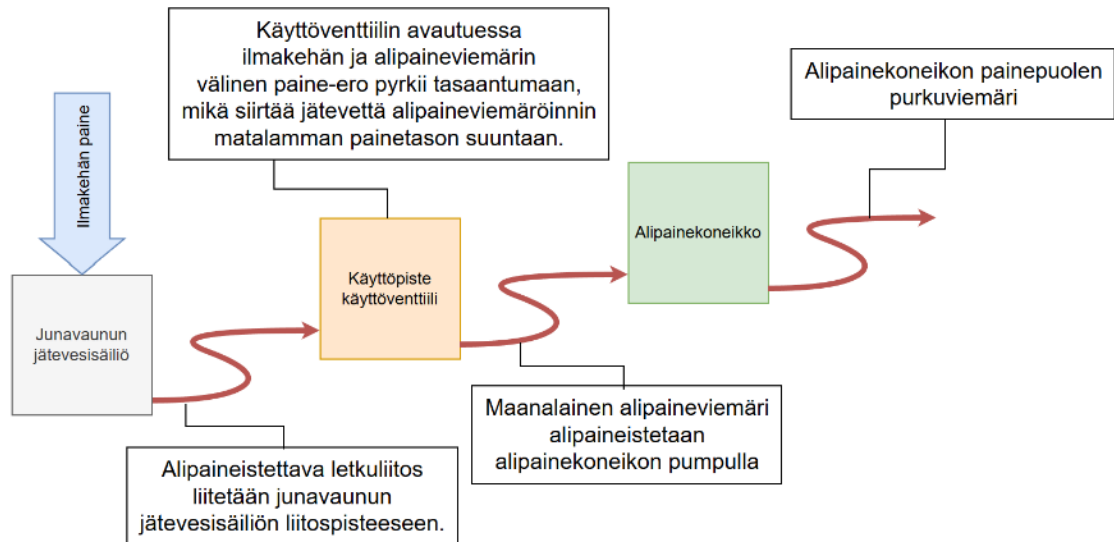
- Raiteiden yhteyteen sijoitettavista käyttöpisteistä
- laitetilaan sijoitettava alipainekoneikosta
- laittilan ja käyttöpisteiden välisestä alueputkistosta.

Kuvassa 3 on esitetty alipaineviemäröinnin toiminnoille tarkennetut periaatteet. Junavaunujen jätevedet johdetaan alipaineella jätevesisäiliöiltä käyttöpisteiden kautta alipaineputkistoa myöten laitetilassa olevalle alipainekoneikolle, mistä jätevesi johdetaan kunnalliseen jätevesiviemäriin [3].



Kuva 3. Alipaineviemäröinnin toimintojen periaate.

Kuvassa 4 on esitetty alipaineella suoritettavan jätevesisäiliöiden tyhjennyksen toimintatapa. Alipainekoneikon pumpuilla luodaan pumppujen imupuolelle alipainetta, mikä synnyttää putkiston sisäpuolelle matalamman painetasoa kuin sitä ympäröivä ilmakehän paine. Kun käyttöpisteellä avataan käyttöventtiili alkaa putkiston sisäinen ja ulkoinen paine-ero tasoittumaan aiheuttaen virtauksen putken sisälle [3].



Kuva 4. Alipaineviemiäriin toimintatapa.

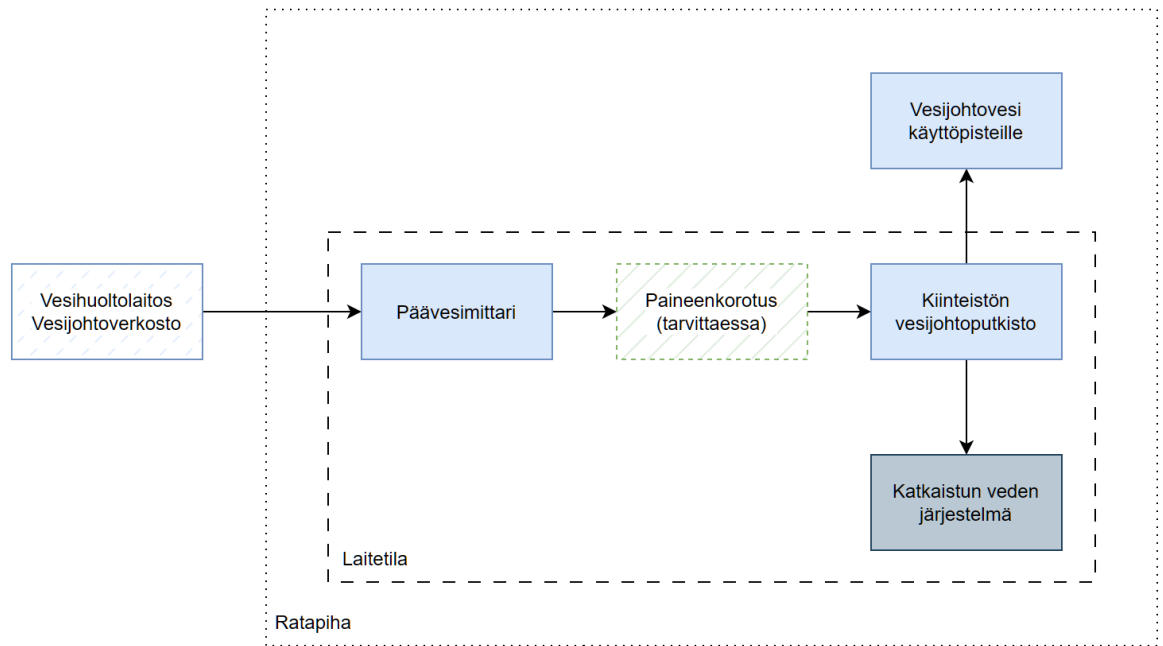
## 2.2.2 Vesijohtovesi

Vesijohtovedellä täytetään junavaunujen puhtasvesisäiliöt sekä laittilassa sijaitsevaa katkaistun veden järjestelmää. Vesijohtovettä käytetään junavaunuissa juoma- ja ruokavetenä sekä hygienian ylläpitämiseen [3].

Vesijohtoveden toiminnot koostuvat:

- Kiinteistön tonttivesijohdosta
- laittilaan tai muuhun kiinteistöllä sijaitsevaan tilaan sijoitettavasta päävesimittarista
- raiteiden yhteyteen sijoitettavista käyttöpisteistä
- laittilan ja käyttöpisteiden välisestä alueputkistosta.

Kuvassa 5 on esitetty vesijohtoveden toiminnoille määritetyt periaatteet. Vesi- huoltolaitoksen toimittama talousvesi johdetaan vesijohtoverkostosta kiinteistön päävesimittarin kautta alueputkistoa myöten raiteiden yhteydessä sijaitseville käyttöpisteille, mistä vesijohtovesi syötetään junavaunujen puhtasvesisäiliöön. Vesijohtovettä johdetaan myös laittilan katkaistun veden säiliöön tai avoastiaan sekä tarvittaville käyttöpisteille laittilassa [3].



Kuva 5. Vesijohtoveden toimintojen periaate.

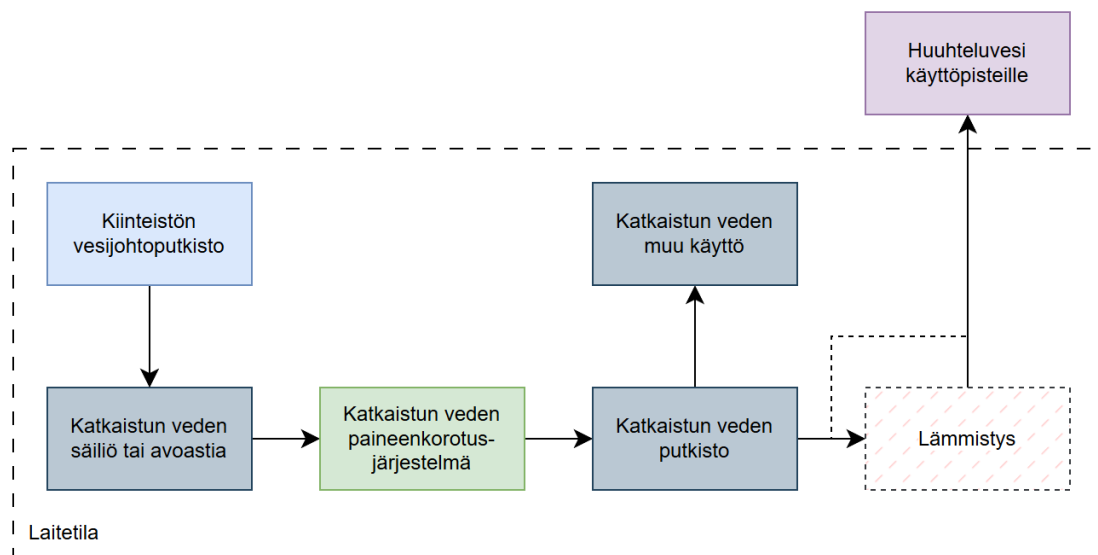
### 2.2.3 Huuhteluvesi ja katkaistu vesi

Huuhteluvettä käytetään junavaunujen alipaineviemäröinnin imuletkujen ja putkiston puhtaanapitoon. Huuhteluvetenä käytetään katkaistua vettä, jota käytetään myös tarvittaessa muihin jätevesilaitteiston toimintoihin sekä laittilan pesuvesiletkukeloilla [3].

Huuhteluvesi ja katkaistun veden toiminnot koostuvat:

- laittilaan sijoitettavasta katkaistun veden säiliöstä tai astiasta
- katkaistun veden paineenkorotuksesta
- huuhteluveden lämmityslaitteistosta
- raiteiden yhteyteen sijoitettavista käyttöpisteistä
- laittilan ja käyttöpisteiden välisestä alueputkistosta.

Kuvassa 6 on esitetty huuhteluveden ja katkaistun veden toiminnolle määritetyt periaatteet. Vesijohtovesi johdetaan katkaistun veden säiliöön tai avoastiaan, mistä vesi johdetaan laitetilaan sijoitettavaan paineenkorotusjärjestelmään. Paineenkorotukselta vesi johdetaan laittilan katkaistun veden toiminnolle sekä suoraan tai vedenlämmityksen kautta alueputkistoa myöten käyttöpisteillä käytettäväksi huuhteluvedenä [3].



Kuva 6. Huuhteluveden ja katkaistun veden toimintojen periaate.

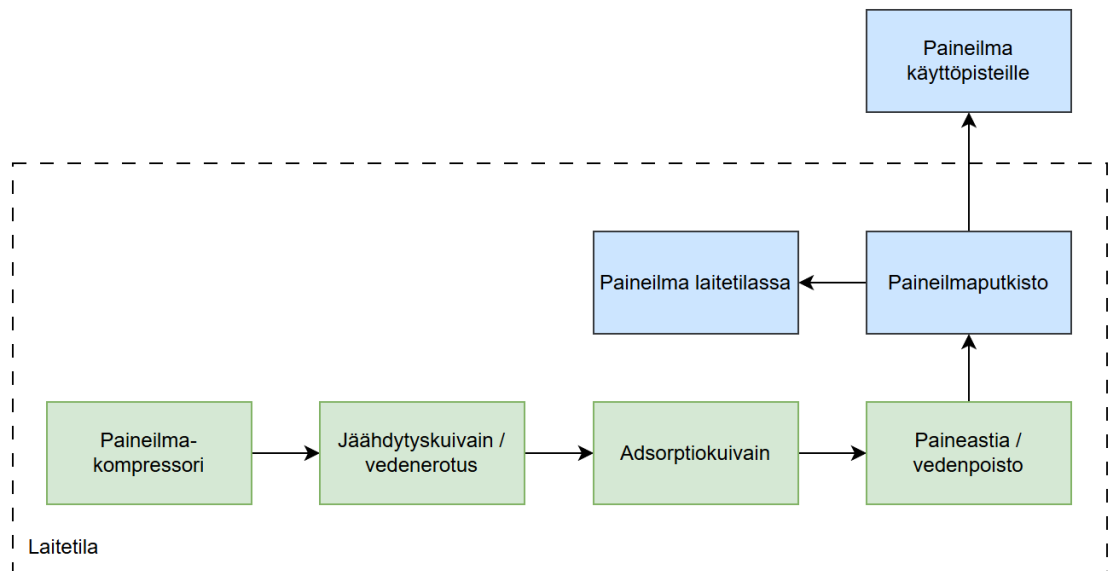
## 2.2.4 Paineilma

Paineilmaa käytetään muun muassa junavaunujen ovien auki-kiinni-ohjaukseen ja jarrujen testaukseen sekä tarvittaessa muihin avustaviin huolto- ja käyttötoimenpiteisiin [3].

Paineilmatoiminnot koostuvat:

- Laitetilaan sijoitettavasta paineilmalaitteistosta
- raiteiden yhteyteen sijoitettavista käyttöpisteistä
- laittilan ja käyttöpisteiden välisestä alueputkistosta.

Kuvassa 7 on esitetty paineilma toiminnoille määritetyt periaatteet. Paineilma tuotetaan ja kuivataan laitetilaan sijoitettavalla paineilmalaitteistolla. Paineilma johdetaan paineilmalaitteistolta alueputkistoa myöten käyttöpisteille, mistä paineilma kytketään junavaunuihin tai muihin tarvittaviin toimintoihin [3].



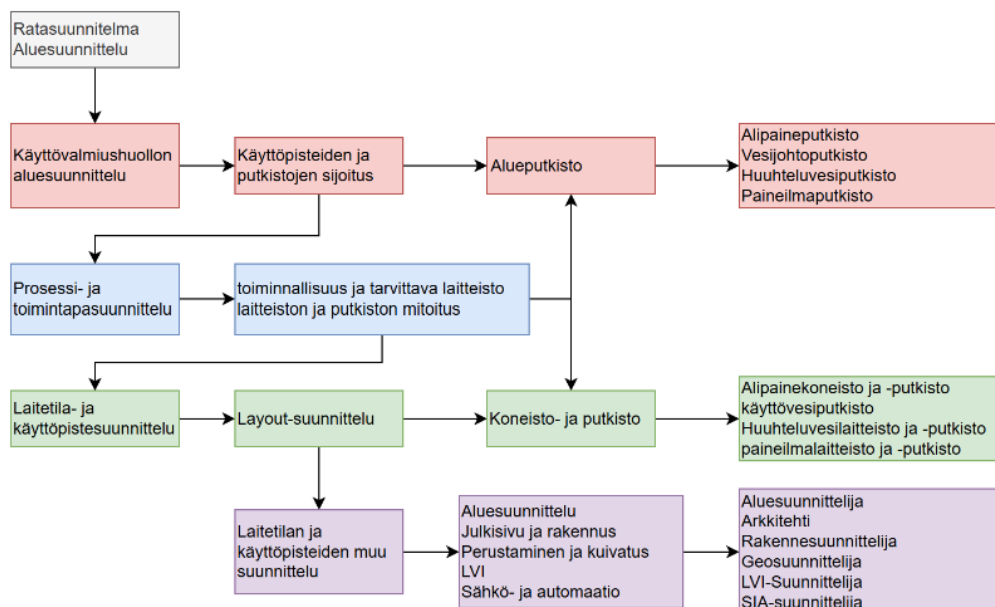
Kuva 7. Paineilmatoimintojen periaate.

### 3 Suunnittelu

Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen toteutussuunnittelu koostuu kolmesta kokonaisuudesta ja niiden suunnittelutehtävistä [3]:

- Käyttövalmiushuollon aluesuunnittelu
  - alueputkisto
  - käyttöpisteiden sijoitukset
- prosessi- ja toimintatapasuunnittelu
  - toiminta- ja ohjaustapa
  - tarvittavan laitteiston määrittely
  - laitteiston ja putkiston mitoitus
- laitetila- ja käyttöpistesuunnittelu
  - koneisto- ja putkistosuunnittelu
  - layout-suunnittelu.

Kuvassa 8 on esitetty käyttövalmiushuollon toteutussuunnitelmalle määritetyt vaiheet, tehtävät sekä vaikutukset muihin tekniikka-aloihin. Lopullinen laajuus ja toteutustapa määritellään suunnitelmakohteen vaatimuksien mukaisesti [3].



Kuva 8. Käyttövalmiushuollon toteutussuunnitelman vaiheet.

### 3.1 Aluesuunnittelu

Aluesuunnittelu käsittää käyttöpisteiden ja laittilan sijoitusten sekä alueputkistojen suunnittelun. Sijoitukset ja alueputkistot yhteensovitetaan muiden tekniikka-alojen kanssa [3].

Käyttöpisteiden sijoitukset suunnitellaan ratasuunnitelmassa osoitetuille raiteille. Sijoituskohtien suunnittelun periaatteina toimivat [3]:

- Junan pysähtymiskohta raiteella määrittää ensimmäisen käyttöpisteen sijoituksen. Sijoituksissa huomioitava molempiin suuntiin pysähtyvä junaliikenne.
- Raiteille sijoitettavien käyttöpisteiden lukumäärä määritellään suunnittelukohteen vaatimuksien mukaisesti. Käyttöpisteiden sijoitusvälinä käytetään matkustajajunavaunun pituutta 26,5 metriä.

Laittila suunnitellaan ratasuunnitelmassa osoitettuun tilavaraukseen. Sijoituskohdan tarkennuksen periaatteina toimivat [3]:

- rakennuksen mitat ja perustamistapa
- rakennusluvan vaatimukset
- huoltoajoliikenteen ja kiinteistönhoidon vaatimukset
- muun aluesuunnittelun yhteensovitus
- käyttövalmiushuollon toiminnallisuus.

Käyttövalmiushuollon aluesuunnitelmina laaditaan rakentamiseen liittyvät suunnitelma-asiakirjat. Asiakirjojen lopullinen laajuus ja toteutustapa tulee sovittaa suunnittelukohteen vaatimuksien mukaiseksi.

Esimerkkejä laadittavista suunnitelma-asiakirjoista ja niiden sisällöstä:

- työselostus
- 3D-tietomallinnus
- aluepiirustus
  - käyttövalmiushuollon toimintojen sijoitukset
  - alueputkiston toteutustapa
  - kaivojen ja muiden vastaavien sijoitukset

- radanalitukset
- alueputkiston pituusleikkaukset
- alueputkiston tyyppipoikkileikkaukset
- kaivokortit
- asennusdetaljit.

### 3.1.1 Putkimateriaalit ja liitostavat

Alueputkien materiaalina käytetään toiminnolle ja virtausaineelle soveltuvaa materiaalia sekä liitostapaa. Taulukossa 1 on esitetty ratapihoilla käyttövalmiisuuden alueputkien toteutukseen hyväksytyjä putkimateriaaleja ja näiden vaatimuksia [3].

Taulukko 1. Alueputkien yleiset putkimateriaalit ja vaatimukset.

Toiminto	Materiaali	Paineluokka	Liitostapa	Huomiot
Alipaineviemäröinti	PEH-muovi	PN16	Sähköhitsaus tai mekaaninen	Alipaineelle soveltuvuus tarkistettava valmistajalta.
Vesijohtovesi	PE-muovi	PN10	Sähköhitsaus tai mekaaninen	Talousvesikäyttöön hyväksytty.
Huuhteluvesi	PE-muovi	PN10	Sähköhitsaus tai mekaaninen	Lämpimällä huuhteluviedellä käytettävä jatkuvasti yli 70°C lämpöä kestävä putkimateriaalia kuten PEX.
Paineilma	PE-muovi	PN10	Sähköhitsaus tai mekaaninen	

Putkina käytetään PE-muovista valmistettuja putkia tai putkielementtejä, mitkä ovat valmiiksi eristettyjä ja lämmityskaapelilla varustettuja (kuva 9). Liitostapana käytetään ensisijaisesti sähköhitsausta. Mekaanisia liittimiä käytetään, kun putken materiaali, rakentaminen, huoltotoimien suorittaminen vaatii tätä tai erikseen sovitaan. Käyttäessä mekaanisia liittimiä tulee varmistaa näiden soveltuvan toiminnon käyttötarkoitukselle [3][4].



Kuva 9. Maahan asennettava eristetty PEH-muovista valmistettu putki [4].

### 3.1.2 Putkistojen asennuseriaatteet

Putki- ja johtokaivannot toteutetaan InfraRyl kohdan 16100 mukaisesti. Putket asennetaan InfraRyl kohdan 31000 sekä putkitoimittajien ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti [5].

Putket asennetaan riittävälle syvyydelle kestämään niihin kohdistuva maanpäällinen kuorma sekä minimoimaan jäätymisriski. Asentaessa putkistot routarajan (kuva 10) yläpuolelle putkien tulee olla kokonaan eristettyjä ja tarvittaessa varustettuja lämmityskaapelilla.



Kuva 10. Routarajat Suomessa.

Vesijohto-, huuhteluvesi- ja paineilmaputkien asennuksessa noudatetaan InfraRyl 31300.5 esitettyjä muovisen vesijohtoputkien asennukseen, tiiveyskoekseen ja käyttöönottoon liittyviä ohjeita.

Alipaineputkien asennuksessa noudatetaan InfraRyl 31100.5 esitettyjen muovisen paineviemäriputkien asennukseen ja tiiveyskoekseen liittyvien ohjeiden lisäksi alipaineputkien ja laitetoimittajien ohjeita [5].

Vaakasuoran alipaineputken suositeltu minimikaltevuus jäteveden virtaussuunnassa kuljetustaskuja ja alipainekoneikkoa kohti on 2 ‰. Putkia ei saa asentaa nousevaksi, eikä putkistossa saa olla supistuksia virtaussuuntaan nähden [5]. Alipaineputkiston vaakaosuusien asennuksien periaatteet on esitetty kuvassa 11.



Kuva 3 Putki alaspäin kalteva

Vaakasuoraa putkea ilman kaltevuutta voi käyttää, jos takaisinvirtaus on estetty.



Kuva 4 Vaakaputki

**! HUOM:** Putki ei saa ikinä olla nouseva.



Kuva 5 Nouseva vaakaputki

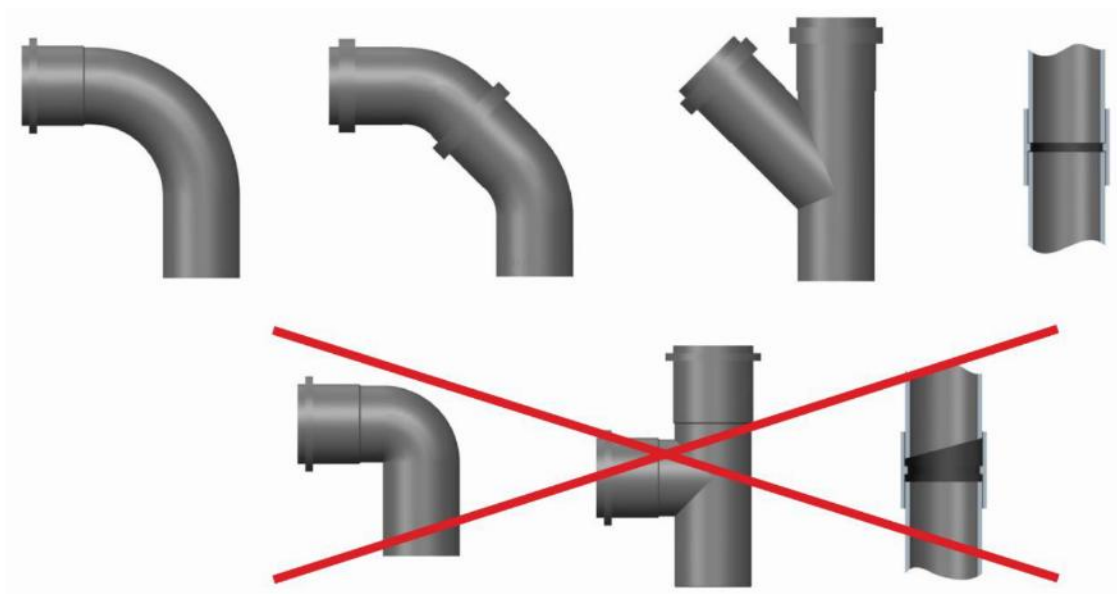
**! HUOM:** Putken halkaisijaa ei saa pienentää virtaussuuntaan nähden.



Kuva 6 Halkaisijan pienentäminen virtaussuuntaan nähden

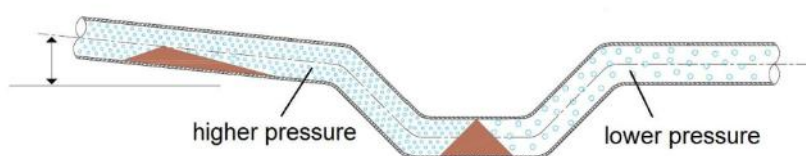
Kuva 11. alipaineviemäri vaakaputken asennusohje [5].

Alipaineputken toteutukselle hyväksytyt ja kielletyt kulma- ja haarayhteet on esitetty kuvassa 12. Ensisijaisesti kaikki kulmat ja on toteutettava käyttämällä  $45^\circ$  kulmayhteitä. Lyhyt säteiset  $90^\circ$  kulmayhteet ovat sallittuja vain yksittäisen putkihaaran kytkennän toteutuksessa, kuten esimerkiksi huoltokaapin sisällä olevassa putkiosuudessa. Runkoputkessa sallitaan ainoastaan suurempi säteisten ( $R > 2,5$ )  $90^\circ$  kulmayhteiden käyttö. Liityttäessä haaralla putkeen, haarayhteenä käytetään aina  $45^\circ$  haarayhteitä.  $90^\circ$  T-haarojen tai jyrkkien  $90^\circ$  kulmayhteiden käyttö on kielletty kokonaan [5].



Kuva 12. alipaineputken kulma- ja haarayhteet [5].

Alipaineputkeen asennetaan kuljetustaskuja koko putken matkalle tasaisinvälein. Näiden tarkoitus on kerätä putkessa oleva neste ja muodostaa nestetulpia. Nestetulpat varmistavat ja parantavat alipainejärjestelmän toiminnallisuutta ja puhtaana pysymistä sekä vähentävät alipainepumppuihin kohdistuvaa rasi- tusta [5]. Kuljetustaskut toteutetaan käyttämällä 45° kulmayhteitä. Kuljetustas- kujen toteutusperiaate ja ohjeelliset etäisyydet on esitetty kuvassa 13.



Kuva 7 Vesitulpan uudelleenmuodostuminen kuljetustaskussa

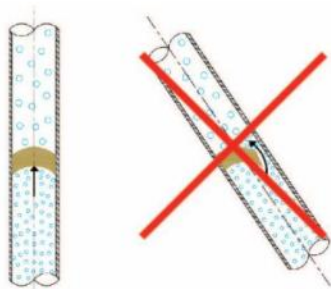
Kuljetustaskujen tulisi olla tasaisesti asennettuina pitkin putkilinjaa. Katso alla olevasta taulukosta suositeltava etäisyys putkilinjan kuljetustaskujen välillä. pipeline.

Putken koko	Etäisyys kuljetustaskujen välillä
Pieni koko $\leq$ OD 63	15–25 metriä
Suuri koko $>$ OD 63	25–35 metriä

Kuva 13. Alipaineputken kuljetustaskun toteutusperiaate ja etäisyydet [5].

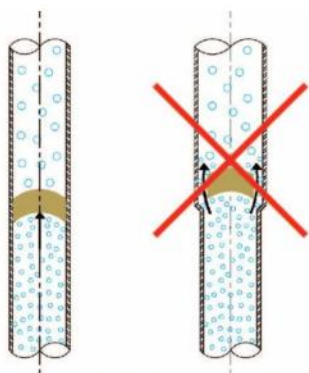
Alipaineputken pystysuorat nousuputket tulee asentaa täysin suoraan, eikä putken sisähalkaisija ei saa suurentua pystysuoran nousun kohdalla [5]. Alipaineputken pystysuoran nousuputken asennusohje on esitetty kuvassa 14.

Jos nousuputki ei ole täysin suora, painovoima pakottaa jätevesitulpan uudelleenmuodostumi putken sisällä siten, että ilma voi ohittaa vesitulpan. Kun tämä tapahtuu, jätevesi alkaa tippua taka painovoiman pakottamana. Tämän takia Ei-pystysuorat putket ovat kiellettyjä.



Kuva 17 Ei-pystysuorat putket ovat kiellettyjä

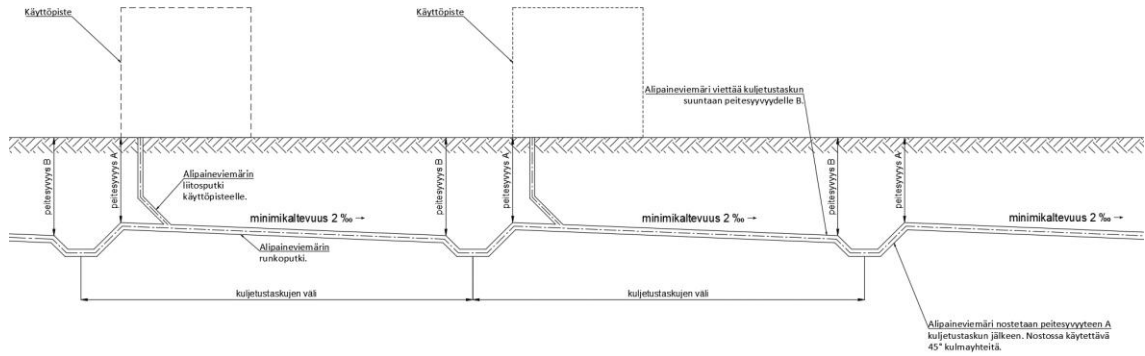
Nousevan putken halkaisijaa ei saa muuttua. Jos nousevan putken halkaisija suurenee, ilman voi ohittaa vesitulpan sivulta eikä jätevesi nouse ylös putkessa.



Kuva 18 Nousevan putken halkaisija ei saa muuttua

Kuva 14. alipaineputken nousuputken asennusohje [5].

Kuvassa 15 on esitetty alipaineviemärin toteutuksen periaatteellinen pituusleikkaus. Alipaineviemärin runkoputki asennetaan viettämään kuljetustaskun välillä peitesyvyydeltä A peitesyvyydelle B. Kuljetustaskun jälkeen runkoputki nostetaan peitesyvyydelle A. Alipaineviemärin runkoputken asennussyvyys toteutetaan koko pituudeltaan vaihtelevaan peitesyvyyden A ja B välillä. Peitesyvyydestä poiketaan tarvittaessa kuten raiteiden alituksien kohdalla [3].

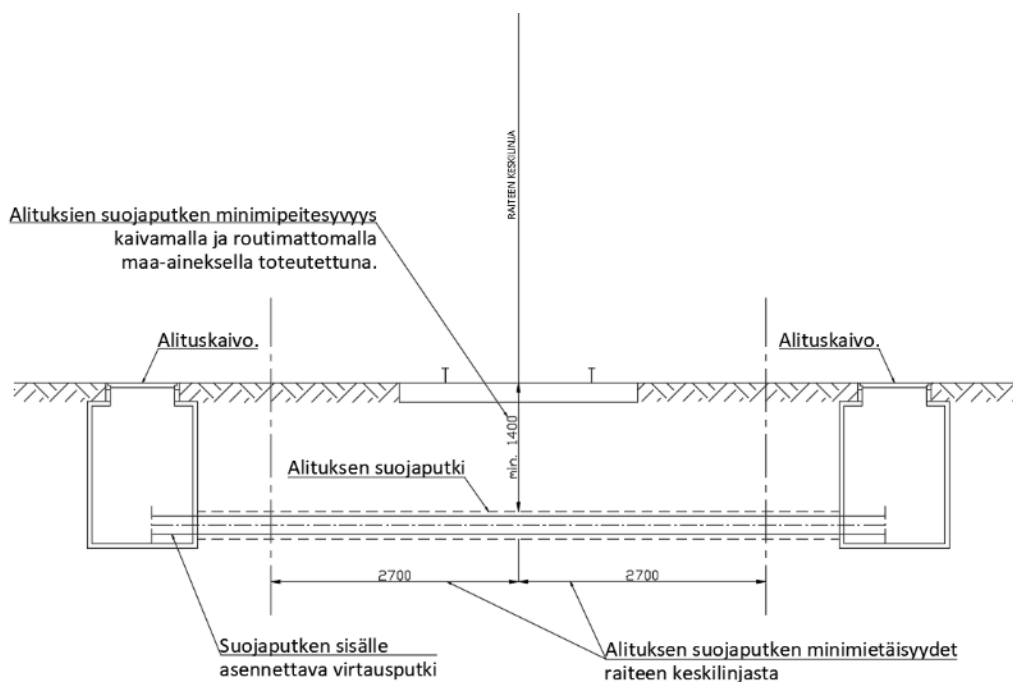


Kuva 15. Alipaineviemärin toteutuksen periaatepituusleikkaus.

### 3.1.3 Raiteiden alitukset

Raiteiden alitukset toteutetaan InfraRyl-kohdan 16500 mukaisesti [6]. Käyttövalmiushuollon radan alittavat putket asennetaan suojaputkeen, minkä molempiin päihin toteutetaan alituskaivo. Suojaputki mahdollistaa virtausputken vaihdon ilman radan rakenteiden rikkomista. Suojaputkella estetään myös paineellisten virtausputkien mahdollinen vuotaminen radan rakenteisiin. Suojaputken päihin toteutettavat alituskaivot toimivat vuotojen ja putkien kunnon tarkastuskaivoina [3].

Kaivamalla toteutettu raiteiden alitus tulee tehdä routimattomalla maa-aineksella ja alitusputket asennetaan vähintään 1,4 metrin peitesyvyyteen radan tasauksesta sekä 2,7 metrin leveydellä radan keskilinjasta sivuun mitattuna. Jos käytetään kaivamattomia alitustapoja, tulee routimattomuuden takaamiseksi alitusputken yläpuolella ja sivuilla olla vähintään 2,0 metriä routimatonta maata. Jollei maaperän routimattomuutta voida taata, tulee alitusten rousteristys toteuttaa InfraRyl-ohjeen mukaisesti. Yli 3,0 metrin syvyisille alituksille ei tarvitse toteuttaa erillisiä rousteristyksiä [6]. Kuvassa 16 on esitetty alitusputken toteutuksen periaate.



Kuva 16. Radan alituskaisien toteutuksen periaate.

### 3.2 Prosessi ja toimintatapasuunnittelu

Prosessi- ja toimintatapasuunnittelussa määritellään käyttövalmiushuollon toimintatapa, tarvittava laitteisto sekä laitteiston ja putkistojen mitoitus [3]:

- Toimintatavan määrittelyn periaatteena toimii käyttövalmiushuollon toimintojen käytettävyys ja käyttövarmuus.
- Laitteiston määrittelyn periaatteena toimii palvelupaikalle määritetyt käyttövalmiushuollon toiminnot.
- Mitoituksen periaatteena toimii junavaunujen käyttövalmiushuollon toimintoihin käytettävissä oleva huoltoaika.

Prosessi- ja toimintatapasuunnittelussa laadittavia yleisiä suunnitelma-asiakirjoja ovat prosessi- ja toimintatapaselostus sekä PI-kaavio. Asiakirjojen lopullinen laajuus ja toteutustapa tulee sovittaa suunnittelukohteen vaatimuksien mukaiseksi.

Esimerkkejä laadittavista suunnitelma-asiakirjoista ja niiden sisällöstä:

- Prosessi- ja toimintatapaselostus
  - prosessin ja toimintatavan kuvaus
  - tarvittava laitteisto
  - laitteiston ja putkistojen mitoitus
  - laitteiston ja käyttöpisteiden käyttö- ja ohjaustapa
- PI-kaavio
  - virtauskaavio
  - käyttöpisteiden, laitteistojen, toimilaitteiden, instrumenttien, putkilinjojen ja venttiilien positiotunnukset.
  - putkikoot ja materiaalit.

### 3.2.1 Alipaineviemäröinti

Alipaineviemärin toimintavan suunnittelussa ja mitoituksessa tulee määritellä:

- Alipainekoneikon toimintapa ja tuotto
- tyhjennysvirtaama
- alipaineputkiston alipainetaso
- putkien ja letkujen sisähalkaisijat ja pituudet.

Alipaineistus toteutetaan tehdasvalmisteisella alipainekoneikolla (kuva 17), jonka toiminta perustuu alipainepumppujen imupuolen putkiston alipaineistukseen ja jäteveden pois johtaminen purkukaivoon asti ilman erillisiä siirtopumppuja [3].

Käyttövalmiushuollon alipaineviemäröintiin soveltuva alipainekoneikko sisältää vähintään seuraavat varusteet [3]:

- Kahdennettu alipainepumppaus
  - pumppumalli lohkoroottoripumppu
- taajuusmuuttajaohjaus
- paikallinen ohjauskeskus
- imuputkiston alipainemittaus.



Kuva 17. Esimerkki tehdasvalmisteisesta alipainekoneikosta [7].

Alipainekoneikon tuotto ja ohjausarvot määritellään mitoittettavan tyhjennysvirtaaman ja alipainetasojen perusteella [3]:

- Tyhjennysvirtaama määritellään junavaunun jätevesisäiliön tilavuuden ja tyhjennykselle käytettävissä olevan ajan perusteella. Tyhjennysaika määritellään suunnittelukohteen vaatimuksien mukaisesti.
- Pumppujen imupuolen alipaineenmittaus ohjaa pumppujen käynnistymistä ja pysähtymistä asetettujen arvojen mukaisesti.

Vaadittava alipainetaso sekä putki- ja letkukoot (ulkohalkaisija / sisähalkaisija) mitoitetaan vaaditun virtausnopeuden sekä käytettävissä olevan alipainetason perusteella:

- Virtausnopeuden mitoituksessa tulee pyrkiä saavuttamaan vähintään 0,7 m/s [8]. Virtausnopeus määritellään tyhjennysvirtaaman ja runkoputken sisähalkaisijan perusteella.
- Vaadittu alipainetaso määritetään alipaineputkessa tyhjennysvirtaamalla muodostuvan painehäviön ja alipaineputken muiden kertavastusten perusteella. Painehäviö mitoitetaan epäedullisimmalle käyttöpis- teelle.
- Putki- ja letkukoot (ulkohalkaisija / sisähalkaisija) valitaan mitoitetun tyhjennysvirtaaman, vaaditun virtausnopeuden ja käytettävissä olevan alipainetason perusteella.

Alipainekoneikon purkuviemärointi suunnitellaan johdettavaksi tonttviemäriin purkukaivon kautta InfraRyl-kohdan 31100 mukaisesti [6]. Purkukaivolta lähtevä tonttviemäri ja tämän liitoskohdan koko kunnalliseen jätevesiverkoston mitoite- taan kiinteistön mitoitusvirtamaan sekä tonttviemäriin toteutuksen perusteella [9][10].

Purkuviemäriin mitoitusperiaatteet:

- Jos yksittäinen normivirtaama on suurempi kuin mitoitusvirtaama, tont- tiviemäri mitoitetaan suurimman normivirtaaman mukaisesti.
- Tonttviemäriin putken halkaisijan ja kaltevuuden tulee olla riittävä put- ken huuhtoutumiseen mitoitusvirtaamalla.

Alipaineviemäriin toteutusperiaatteet [3]:

- Alipainekoneikon tuoton tulee vastata vähintään vaadittua tyhjennys- virtaamaa ja mitoitettua alipaineentuottoa.
- Alipainekoneikon pumppujen tulee pystyä johtamaan jätevesi pumppu- jen painepuoleiseen purkukaivoon.
- Alipaineviemäriin runkoputken virtausnopeuden tulee olla riittävä huuh- telemaan putkea.
- Alipaineputkessa virtausnopeus ei saa ylittää putkimateriaalin ja -koon korkeinta sallittua virtausnopeutta.
- Epäedullisimman mitoituspisteen kokonaispainehäviö ei saa olla suu- rempi kuin alipainekoneikon valmistajan määrittelemä jatkuva alipai- neentuottotaso.
- Alipaineputkistossa tulee huolehtia huollettavuudesta huoltoyhteiden avulla.
  - Sijoitus käyttöpisteille, laitetaan ja tarvittaessa alueputkiston yhteyteen rakennettaviin kaivoihin.
  - Asennusväli enimmillään 100 metriä alipaineputkistossa.
- Alipainekoneikon painovoimaisesti tai pumpaamalla johdettavan jäte- vesivirtaaman tulee olla riittävä pitämään purkuviemärointi ja kiinteis- tön tonttviemäri puhtaana.
- Jätevesivirtaama ei saa ylittää liitoskohtalausunnossa määriteltyä jäte- vesivirtaamaa tai muutoin aiheuttaa riskiä jätevesiverkoston toimin- nalle.

### 3.2.2 Vesijohtovesi

Toimintatavan suunnittelussa ja mitoituksessa tulee määritellä:

- Vesijohtoveden toiminnot ja käyttötapa
- vesijohtoveden mitoitusvirtaama ja käyttöpaine
- vesijohtoputkien ja -letkujen sisähalkaisijat ja pituudet.

Vesijohtoveden mitoitusvirtaama mitoitetaan alla olevien toimintojen mitoitus- ja normivirtaamien perusteella [3]:

- Junavaunujen puhdasvesisäiliön täytön mitoitusvirtaama. Virtaama mitoitetaan käytettävissä olevan täyttöajan perusteella. Täyttöaika määritellään suunnitelmakohteen vaatimuksien perusteella.
- Katkaistun veden säiliön tai avoastian täyttövirtaama.
- Muut laittilan toimintojen tai muihin tiloihin johdettavan vesijohtoveden veden normivirtaamat.

Putkien ja letkujen mitoitusperiaatteet:

- Putki- ja letkukoot (ulkohalkaisija / sisähalkaisija) määritetään mitoitusvirtaaman ja vaadittavan käyttöpainetason sekä käytettävissä olevan kunnallisen vesijohtoverkoston liitoskohdan painetason perusteella.
- Jos käytettävissä oleva kunnallisen vesijohtoverkoston painetaso ei ole riittävä tai putkien ja letkujen mitoitus muuttuu tarpeettoman suureksi, tulee laittilaan asentaa tarvittaessa kiinteistön vesijohtoputkistoon paineenkorotusjärjestelmä.
- Liitoskohdan ja -koon vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkoston ja tontti-vesijohdon sekä vesimittarin koon mitoittaa vesihuoltolaitos tai kiinteistön vesihuoltolaitteiston suunnittelija näin sovittaessa tai vaadittaessa. Mitoitus tehdään käyttöveden mitoitusvirtaaman ja vaadittavan käyttöpainetason perusteella [9] [10].
- Putkissa tai letkuissa virtaavan nesteen virtausnopeus ei saa ylittää putken tai letkun materiaalin tai koon suurinta sallittua virtausnopeutta.

Vesijohtoveden toteutusperiaatteet:

- Kaikki vesijohtoputket, -letkut, -varusteet ja -laitteet tulee olla elintarvikkekäyttöön hyväksytyjä.
- Vesijohtovettä ei saa kytkeä suoraan tai käyttää jätevesijärjestelmään liittyviin käyttö- ja kunnossapitotoimintoihin ilman riittävää erotusta ja takaisinimusojausta.

### 3.2.3 Huuhteluvesi ja katkaistu vesi

Toimintavan suunnittelussa ja mitoituksessa tulee määritellä:

- Huuhteluveden ja katkaistun veden toiminnot ja käyttötapa.
- Huuhteluveden ja katkaistun veden mitoitusvirtaama ja käyttöpaine.
- Huuhteluveden ja katkaistun veden putki- ja letkukoot (ulkohalkaisija / sisähalkaisija) ja pituudet.
- Katkaistun veden paineenkorotusjärjestelmän tuotto ja käyttötapa.
- Katkaistun veden säiliön tai avoastian täyttö ja tilavuus.
- Huuhteluveden lämmityslaitteiston tarve, lämmitysmuoto ja mitoitus.

Huuhteluveden ja katkaistun veden toiminta ja mitoitusperiaatteet [3]:

- Huuhteluvetenä käytetään katkaistua vettä.
- Huuhteluveden mitoitusvirtaama mitoitetaan käyttöpisteen junavau-  
nuun liitettävän imuletkun sisähalkaisijan ja vaadittavan 0,7 m/s imule-  
tkun virtausnopeuden perusteella.
- Katkaistu vesi mitoitetaan huuhteluveden virtaaman ja muiden katkais-  
tua vettä käyttävien toimintojen normivirtaamien perusteella.
- Huuhteluveden ja katkaistun veden tarvittavat putki- ja letkukoot (ulko-  
halkaisija / sisähalkaisija) mitoitetaan vaadittavan käyttöpisteen, mitoi-  
tus- ja normivirtaamien mukaisesti. Huuhteluveden mitoitus suoritetaan  
epäedullisimman käyttöpisteen perusteella.

Katkaistun veden paineenkorotus toteutetaan paineenkorotusjärjestelmällä (kuva 18). Käyttövalmiushuollon huuhteluveden toimintoihin soveltuva paineenkorotusjärjestelmä sisältää vähintään seuraavat varusteet [3]:

- Kahdennettu paineenkorotuspumppu
- kahdennettu taajuusmuuttajaohjaus
- paikallinen ohjauskeskus
- painepuolen painemittaus
- paineastia.

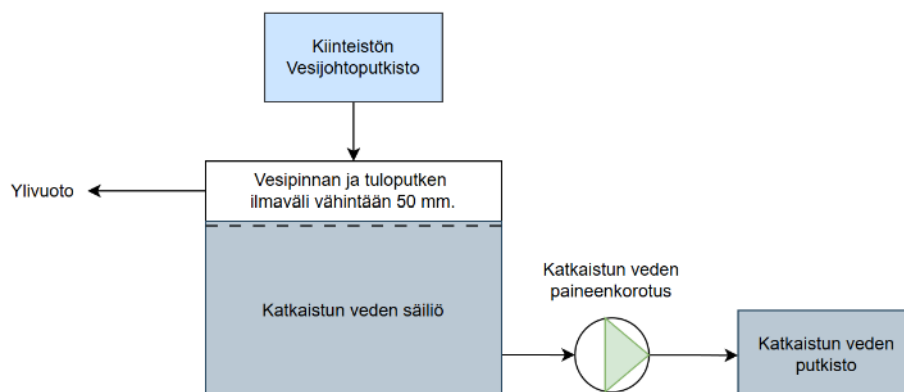


Kuva 18. Paineenkorotusjärjestelmä [11].

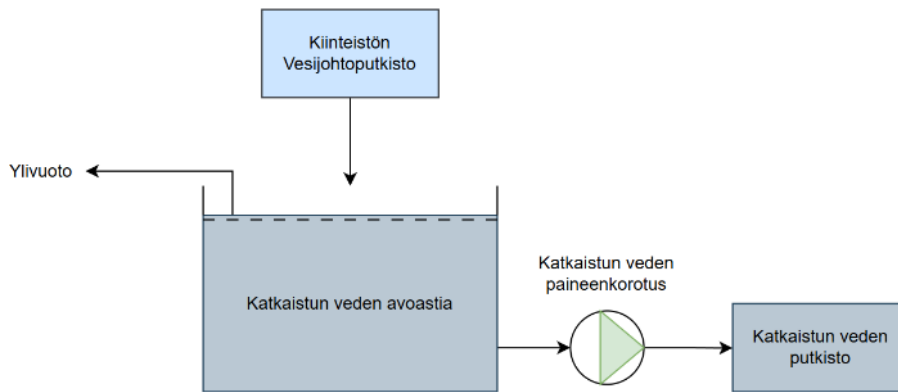
Katkaistun veden paineenkorotusjärjestelmän mitoitus ja toimintatapa [3]:

- Paineenkorotusjärjestelmän tuotto mitoitetaan katkaistun veden mitoituksen perusteella.
- Painepuolen painemittaus ohjaa paineenkorotuspumppujen tuottoa ja käynnistymistä ja pysähtymistä asetettujen arvojen mukaisesti.

Katkaistun veden toteutuksessa noudatetaan Suomen rakentamismääräyskoelman (RakMk) vesi- ja viemärlaitteistot-asetukseen pohjautuvan vesi- ja viemärlaitteistot-oppaassa esitettyä erityisen vesilaitteiston asentamiseen liittyvää ohjeistusta sekä standardia SFS-EN 1717 [9]. Kuvissa 19 ja 20 on esitetty kaksi hyväksyttävää katkaistun veden toteutustavan esimerkkiä.



Kuva 19. Katkaistun veden säiliö toteutusperiaate.



Kuva 20. Katkaistun veden avoastian toteutusperiaate.

Katkaistun veden säiliön tai avoastian täytön ja tilavuuden mitoitus [3]:

- Säiliön tai avoastian tilavuudeksi vaaditaan vähintään yksittäiseen huuhtelutapahtumaan kuluva vesimäärä \* 1,5.
- Vesijohtoputkistosta tuleva täyttöputki varustetaan normaalisti KIINNI- asennossa olevalla AUKI-ohjattavalla toimilaitteventtiilillä.
- Säiliö tai avoastia varustetaan pinnamittauksella tai pintakytkimellä, mikä ohjaa täyttöputken toimilaitteventtiiliä sekä toimii katkaistun veden paineenkorotuksen kuivakäyntisuojana.
- Säiliön tai avoastian täytön mitoitusvirtaaman on katkaistun veden paineenkorotuksen mitoitusvirtaama \* 1,2. Jollei täyttövirtaaman vaatimus täyty, tulee tämä huomioida katkaistun veden säiliön tilavuuden mitoituksessa.
- Säiliön tai avoastian tilavuuden ja täyttövirtaaman tulee olla riittävä tasaamaan hetkellisiä kahden käyttöpisteen huuhteluvien huippuvirtaamia.

Huuhteluvien lämmitys toteutustarve sekä lämmitysmuoto ja mitoitus määritellään suunnitelmakohteen vaatimuksien mukaisesti.

Yleisimmät lämmitysmuodot sekä mitoitusperiaatteet:

- Kaukolämpö
- sähkölämmitys.
- Lämmityslaitteisto mitoitetaan huuhteluvien mitoitusvirtaaman ja lämpötilan perusteella.
- Lämpimän huuhteluvien kierron pumppu mitoitetaan LVI-suunniteluohjeiden mukaisesti.

Huuhteluveden ja katkaistun veden toteutusperiaatteet [3]:

- Alipaineviemäröinnin huuhteluvetenä ja jätevesitoimintojen kunnossapitoon käytetään katkaistua vettä.
- Katkaistu vesi erotetaan kiinteistön vesijohtoputkistosta takaisinimusuojauksella.
- Katkaistu vesi paineistetaan omalla paineenkorotuksella.
- Katkaistua veden putkistoa ei saa liittää vesijohtoputkistoon.

### 3.2.4 Paineilma

Paineilman toimintavan suunnittelussa ja mitoituksessa tulee määritellä:

- Paineilman laitteisto ja toimintapa
- paineilman tuotto
- paineilmaputkien ja letkujen koot (ulkohalkaisija / sisähalkaisija) ja pituudet.

Paineilman laitteisto toteutetaan tavalla millä tuotetaan mahdollisimman kuivaa paineilmaa jäätyksen estämiseksi. Paineilman tuotetaan paineilmakompressorilla (kuva 21) ja kuivataan jäähdytys- ja adsorptiokuivaimella. Paineilmasäiliön tulee olla riittävän suuri estämään kompressorin lyhyet käyntiajat tai liiallinen käynnistely [3].

Suunnittelussa tulee määritellä ainakin seuraavat varusteet [3] [12]:

- Paineilmakompressori
- painesäiliö
- jäähdytyskuivain
- adsorptiokuivain
- vedenerottimet.



Kuva 21. Paineilmakompressori [12].

Paineilma järjestelmän mitoitus ja toimintatapa [3]:

- Paineilmakompressorin tuotto mitoitetaan junavaunujen vaatiman paineilmanpaineen ja -virtaaman perusteella. Tuotto määritellään suunnittelukohteen vaatimuksien mukaisesti.
- Painepuolen painemittaus ohjaa paineilma kompressorin tuottoa ja käynnistymistä ja pysähtymistä asetettujen arvojen mukaisesti
- Paineilmasäiliön tilavuus määritetään mitoitettun tuoton ja käyttömäärän perusteella.
- Adsorptiokuivain mitoitetaan  $-40^{\circ}\text{C}$  kastepisteelle paineilma kompressorin tuoton mitoituksella.

Paineilman toteutusperiaate [3]:

- Paineilmaa käyttö mahdollisuus junavaunun toimintojen lisäksi käyttöpisteillä ja laitetilassa.
- Tuotettavan paineilman tulee olla vedetöntä jäätymisen estämiseksi.

### 3.3 Laite- ja käyttöpistesuunnittelu

Laitetila- ja käyttöpistesuunnittelussa laadittavia yleisiä suunnitelma-asiakirjoja ovat koneisto- ja putkistosuunnitelmat, mikä käsittää layout-suunnittelun. Asiakirjojen lopullinen laajuus ja toteutustapa tulee sovittaa suunnittelukohteen vaatimuksien mukaiseksi.

Laitetilan ja käyttöpisteen rakennussuunnitelmien laadintaan tulee käyttövalmiushuollon toimintojen suunnittelun lisäksi tarvittaessa käyttää seuraavia suunnittelualoja:

- Arkkitehtisuunnittelu
- rakennesuunnittelu
- geosuunnittelu
- aluesuunnittelu
- LVI-suunnittelu
- SIA-suunnittelu.

### 3.3.1 Laitetila koneisto- ja putkistosuunnittelu

Koneisto- ja putkistosuunnittelu laaditaan prosessi- ja toimintatapasuunnittelussa määriteltyjen toimintojen ja mitoituksen perusteella. Koneisto- ja putkistosuunnittelussa noudatetaan PSK-standardeja sekä LVI-suunnitteluohjeita [3].

Suunnittelussa määritellään tarkemmin koneiston ja putkistojen hankinnat ja vaatimukset. Koneisto- ja putkistosuunnittelussa laaditaan laitetilan layout-suunnitelma, koneistojen ja putkistojen asennuspiirustukset sekä määritellään toteutustavan vaatimukset ja toimenpiteet. Laitteet, venttiilit, toimilaitteet, instrumentit ja muut putkiston lisävarusteet määritellään suunnitelma-asiakirjoihin

Laitetilan layout-suunnitelmassa määritellään laitetilan toimintojen tilavaraukset ja sijoitukset, minkä perusteella laaditaan laitetilan rakennussuunnitelmat.

Tilavarauksiin ja sijoituksiin määritellään:

- Koneisto- ja putkisto
- käyttö- ja huoltotilat
- työ- ja kulkutasot
- nostolaitteet ja -kiskot
- kulku- ja haalausreitit
- sähkö- ja LVI-laitteistojen tilavaraukset.

Taulukossa 2 on esitetty esimerkkejä käyttövalmiushuollon vesijohto- ja jätevesitoimintoihin laitetilaa asennettavista eri laitteistosta ja niiden asennuksen tilavarauksista ja käyttö- ja huoltotoimintoja varten vaadittavat yleiset etäisyydet. Taulukoissa esitettyjen toimintojen toteuttaminen vaatii noin 25 m<sup>2</sup> tilavaruuden. Tämän lisäksi sähkö- ja automaatiokeskuksille, LVI-laitteistolle, huolto- ja haalausreiteille tulee alustavasti varata noin 50 % toimintojen tilavarauksesta. Lopullinen vaadittava tila tarkistetaan valittujen ratkaisujen sekä viranomais- ja työturvallisuusmääräysten vaatimuksien perusteella [3].

Taulukko 2. Laitetilan toiminnot ja esimerkki tilavaraukset.

Toiminto	Laitteistot	Esimerkki tilavaraukset
Alipaineviemäröinti	Alipainekoneikko Alipaineputkisto	Alipainekoneikko ja putkiston asennukselle tilavarauksena noin 5 m <sup>2</sup> pinta-alan.
Vesijohtovesi	Päävesimittari Pesuallas ja vedenlämmitys. Tarvittaessa käyttöveden paineenkorotus.	Vesimittarin asennus vaatii noin 1 m <sup>2</sup> pinta-alan. Pesualtaan ja vedenlämmityksen toteutus vaatii noin 1 m <sup>2</sup> pinta-alan. Paineenkorotuksen asennus vaatii noin 3 m <sup>2</sup> pinta-alan.
Huuhteluveden ja katkaistu vesi	Katkaistun veden säiliö tai avoastia. Katkaistun veden paineenkorotus. Tarvittaessa huuhteluveden lämmitys ja lämpimän huuhteluvedenkierto. Pesuvesiletkukela	Katkaistun veden säiliön tai avoastian asennus vaatii noin 2 m <sup>2</sup> pinta-alan. Paineenkorotuksen asennus vaatii noin 3 m <sup>2</sup> pinta-alan. Huuhteluveden lämmitys ja kiertoveden asennus vaatii noin 5 m <sup>2</sup> pinta-alan.
Paineilma	Paineilmakompressori Jäähdytinkuivain Adsorptiokuivain Painesäiliö Vedenerottimet	Paineilma toimintojen asennus vaatii noin 5 m <sup>2</sup> pinta-alan.

Laitetilan putkisto toteutetaan HST-putkilla ja toiminnon vaatimilla paineluokilla. Liitostapana käytetään ensisijaisesti hitsausta. Kierrelitoksia tai mekaanisia liittimiä käytetään, kun huoltotoimien suorittaminen vaatii tätä tai erikseen sovitaan. Käyttäessä mekaanisia liittimiä, tulee varmistaa näiden soveltuvan toiminnon käyttötarkoitukselle. Letkut ja letkukelat hankitaan toiminnon vaatimuksien ja paineluokan mukaisesti [3].

Laitetilan tarkempaa rakentamissuunnittelua varten laaditaan koneisto- ja putkistosuunnitelma-asiakirjat. Asiakirjojen lopullinen laajuus ja toteutustapa tulee sovittaa suunnittelukohteen vaatimuksien mukaiseksi.

Esimerkkejä tuotettavista suunnitelma-asiakirjoista ja niiden sisällöstä:

- Koneisto- ja putkistotyöselostus
- koneisto- ja putkistosuunnitelmat
  - 3D-suunnitelmamalli IFC-muodossa
- tasopiirustus ja poikkileikkaukset
- laite- ja instrumenttiluettelo
- venttiili- ja toimilaiteluettelo
- laitetilan layout-suunnitelma
  - laitteiston ja putkiston tilavaraukset
  - käyttö-, huolto- ja pesupisteet
  - työtasot
  - nostolaitteet ja -kiskot
  - kulku- ja haalausreitit.

### 3.3.2 Käyttöpisteen koneisto- ja putkistosuunnittelu

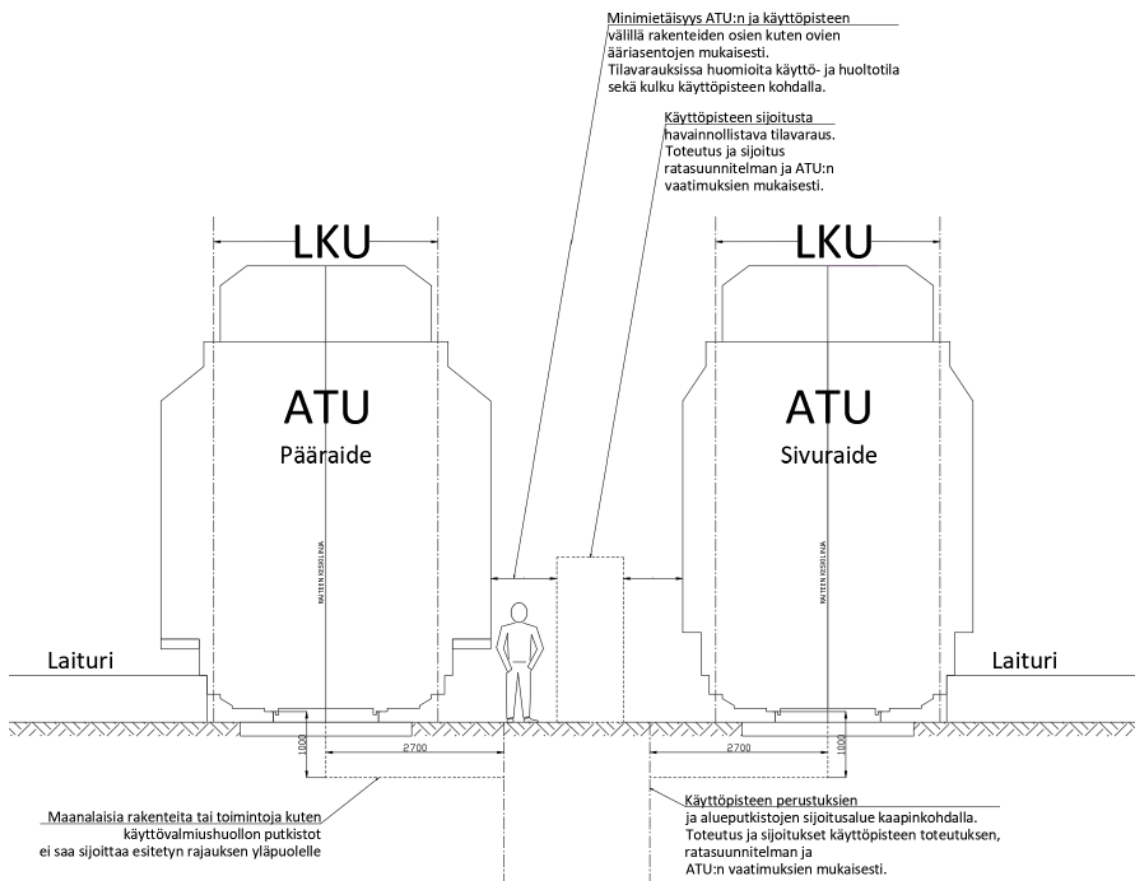
Koneisto- ja putkistosuunnittelu laaditaan prosessi- ja toimintatapasuunnittelussa määriteltyjen toimintojen ja mitoituksen perusteella. Koneisto- ja putkistosuunnittelussa noudatetaan PSK-standardeja sekä LVI-suunnitteluohjeita [3].

Suunnittelussa määritellään tarkemmin koneiston ja putkistojen hankinnat ja vaatimukset. Koneisto- ja putkistosuunnittelussa laaditaan käyttöpisteen layout-

suunnitelma, koneistojen ja putkistojen asennuspiirustukset sekä määritellään toteutustavan vaatimukset ja toimenpiteet. Laitteet, venttiilit, toimilaitteet, instrumentit ja muut putkiston lisävarusteet määritellään suunnitelma-asiakirjoihin

Käyttöpisteen layout-suunnittelussa määritellään käyttöpisteen rakenteen ja toiminnallisuuden periaatteet, tilatarve sekä käyttö- ja huoltotoiminnoille tarvittavat työskentely- ja kulkutilat. Alustavan sijoituksen karkeana minimi-tilavarauksena käyttöpisteen rakenteelle ja käytölle voidaan käyttää L 2 m x S 2 m x K 2 m [3].

Käyttöpisteen sijoittaminen pää- tai sivuraiteen yhteyteen rajoittuu aukean tilan ulottumaan (ATU), minkä sisäpuolella ei saa olla kiinteitä rakenteita eikä laitteita [9]. Käyttöpisteiden sijoitusperiaate pää- ja sivuraiteiden yhteyteen on esitetty poikkileikkauksena kuvassa 22.



Kuva 22. Käyttöpisteen sijoitusperiaate pää- ja sivuraiteelle.

Taulukossa 3 on esitetty käyttöpisteiden yleisiä toimintoja ja varusteita. Toiminnot ja varusteet toteutetaan suunnittelukohteen vaatimuksien mukaisesti [3].

Taulukko 3. Käyttöpisteen toiminnot ja varusteet.

Toiminto	Varusteet
Alipaineviemäröinti	Käyttöventtiili, liityntäletku, letkuliitin, letkuteline
Vesijohtovesi	Käyttöventtiili, takaiskuventtiili, letkukela, letku-/kynsilii- tin
Huuhdeluvesi	Käyttö- ja korvausilmaventtiili, kiinteä huuhdeluvesiteline varustettuna alipaineviemärin liityntäletkuun soveltu- valla letkuliittimellä.
Paineilma	Käyttöventtiili, letkukela, letku-/kynsilii- tin

Käyttöpisteiden putkisto toteutetaan HST-putkilla ja toimintojen vaatimilla paineluokilla. Liitostapana käytetään ensisijaisesti hitsausta. Kierrelitoksia tai mekaanisia liittimiä käytetään, kun huoltotoimien suorittaminen vaatii tätä tai erikseen sovitaan. Käyttäessä mekaanisia liittimiä, tulee varmistaa näiden soveltuvan toiminnon käyttötarkoitukselle. Letkut ja letkukelat hankitaan toiminnon vaatimusten ja paineluokan mukaisesti [3].

Käyttöpisteiden koneisto- ja putkistosuunnittelun toteutusperiaatteet:

- Rakenteen tilavarauksissa huomioitava ratasuunnittelun asettamat vaatimukset etäisyyksille, työturvallisuus sekä käyttö- ja huoltotoimenpiteet [9].
- Jäätymisen estämiseksi toiminnot suojataan eristämällä sekä lämmityksellä.

Käyttöpisteiden suunnitelmina laaditaan käyttöpisteen hankintaan, rakentamiseen tai tarkempaan jatkosuunnitteluun liittyvät koneisto- ja putkistosuunnitelma-asiakirjat. Asiakirjojen lopullinen toteutustapa ja laajuus sovitetaan suunnittelukohteen vaatimuksien mukaisesti.

Esimerkkejä laadittavista suunnitelma-asiakirjoista ja niiden sisällöstä:

- Koneisto- ja putkistotyöselostus
- koneisto- ja putkistosuunnitelmat
  - 3D-suunnitelmamalli, oltava toimitettavissa IFC-muodossa
- tasopiirustus ja poikkileikkaukset
- laite- ja instrumenttiluettelo
- venttiili- ja toimilaiteluettelo
- käyttöpisteen layout-suunnitelma
  - rakenteen ja perustuksen yksinkertaistettu toteutustapa ja mitat.
  - mahdolliset käyttöovet tai -luukut
  - toteutuksen vaatima tilavaraus
  - käytävissä oleva käyttö- ja huoltotila
- käyttöpisteen hankintaperiaatepiirustukset.



Suunnittelun lähtökohtana toimi VR yhtymä Oy:n käyttöhenkilökunnan käyttökemukset ja parannusehdotukset käyttövalmiushuoltoon liittyvistä haasteista, vaatimuksista ja tarvittavista toiminnoista. Tämän lisäksi selvitettiin alustavasti aikaisempien ratapihojen käyttövalmiushuollon nykyaikaistamisen toteutusratkaisuja. Ratapihojen ratkaisut eivät kuitenkaan olleet kohteeseen suoraan soveltuvia ja olisivat rajoittaneet käyttövalmiushuollon toiminnallisuutta sekä lisänneet huoltotarpeita. Toiminnot ja toteutustapa tulikin määritellä uudelleen ja tarvittaessa kehittää sopimaan kohteeseen käyttövalmiushuollon toiminnallisuuden takaamiseksi.

Aluesuunnittelu toteutettiin AutoCad- ja Novapoint-ohjelmistoilla ja yhteensovitus Trimble Connect BIM -tietomallilla. Koneisto- ja putkistosuunnitelmat tehtiin Autocad-pohjaisella Plant 3D -ohjelmistolla.

## 4.2 Käyttövalmiushuollon toteutus

Käyttövalmiushuollon käyttöpisteiden alustava sijoitus oli raidevälille 2–3 ja autolastauslaiturille. Raidevälillä 2–3 oli kuitenkin merkittäviä rajoituksia käytettävissä olevassa tilassa ATU:n takia [14]. Vaihtoehto todettiin tarkastelun yhteydessä haasteelliseksi toteuttaa ja hylättiin.

Käyttövalmiushuollon toiminnan jatkamisen takaamiseksi vuoden 2024 elokuussa, päädyttiin lopullisessa toteutusvaihtoehdossa sijoittaa käyttöpisteet kolmelle eri laiturille. Käyttöpisteet toteutetaan raiteelle 1, raidevälille 4–5 sekä autolastauslaiturille. Näiden lisäksi käyttövalmiushuollon laitetila toteutettiin uuteen huoltorakennukseen, mikä sijoitettiin henkilöratapihan autolastauslaiturin läheisyyteen.

Toteutuksen pääperiaatteet:

- Käyttöpisteet sijoitetaan matkustajalaitureiden yhteyteen raiteella 1, raidevälillä 4–5 ja autolastauslaiturille
- Laitetila toteutettiin autolastauslaiturin läheisyyteen rakennettuun huoltorakennukseen.

#### 4.2.1 Käyttövalmiushuollon käyttöpisteet

Toteutussuunnittelun alkuvaiheessa käyttövalmiushuollon käyttöpisteiden sijoittaminen oli hahmoteltu pääosin maanalaiseksi toiminnoksi liikkuvan kaluston ulottuman (LKU) ja aukean tilan ulottaman (ATU) asettamien rajoitusten takia. Tämä todettiin kuitenkin uudelleen tarkastelussa käytettävyydeltään ja huollettavuudeltaan haastavaksi eikä toteutuksella olisi saavutettu kaikkia ratapihan asettamia vaatimuksia LKU:n ja ATU:n tai työturvallisuuden osalta [14]. Tarkastelussa huomioitiin myös käyttöympäristön vaatimukset kuten talviolosuhteet. Näiden perusteella maanalainen rakenne todettiin sopimattomaksi ratkaisuksi.

Lopullisessa ratkaisussa päädyttiin maanpäälliseen kaksiosastoiseen metalliseen huoltokaappirakenteeseen, missä toisessa osastossa oli alipaineviemärin ja huuhteluveden toiminnot ja toisessa vesijohtoveden ja paineilman toiminnot (kuva 24). Erottelemalla vesijohtovesi ja jätevesi omiin osastoihin, minimoitiin vesijohtoveden saastumisen riskit. Käyttöpisteiden lopulliseen toteutukseen vaikutti käytettävissä olevan tilan ja ratasuunnitteluohjeiden lisäksi myös osaltaan Turun kaupungin rakennus- ja ympäristövalvonnan vaatimukset sekä tilaajan ja käyttäjien toivomukset. Ensisijaisena tahtotilana oli käyttövalmiushuollon toimintojen kattaminen ja suojaaminen silloin, kun nämä eivät olleet käytössä.



Kuva 24. Käyttöpisteen toteutus [3].

Huoltokaappien sisältämät käyttövalmiushuollon toiminnot:

- Alipaineviemäröinti
- huuhteluvesi
- vesijohtovesi
- paineilma.

Käyttöpisteiden toteutuksen pääperiaatteet:

- Kaikki käyttövalmiushuollon toiminnot, laitteet ja tarvikkeet tulee olla sijoitettu huoltokaappien sisälle, kun niitä ei käytetä.
- Maanpäällinen betonilaatalle perustettava kaksi osastoinen huoltokaappi.
- Huoltokaapit osioitiin kahteen erilliseen osastoon vesijohto- ja jätevesi.
- Huoltokaapin molemmat osastot eristettiin ja varustettiin lämmityksellä putkistojen jäätyksen estämiseksi.
- Käyttöpisteitä toteutetaan yhteensä 27 kappaletta.

#### 4.2.2 Käyttövalmiushuollon laitetila

Käyttövalmiushuollon laitetilaan (kuva 25) sijoitettiin tarvittava käyttövalmiushuollon laitteisto, sähkökeskus sekä huoltorakennuksen LVI-laitteisto.



Kuva 25. Käyttövalmiushuollon laitetila [3].

Käyttövalmiushuollon laitetilaan sijoitettavat toiminnot:

- Alipainekoneikko
- paineilma toiminnot
  - paineilmakompressori
  - jäähdytyskuivain
  - adsorptiokuivain
  - painesäiliö
- katkaistun veden säiliö
- katkaistun veden paineenkorotus
- huuhteluveden lämmitys
- huuhteluveden kiertovesipumppaus.

#### 4.2.3 Alueputkisto

Alueputkisto toteutettiin kahtena putkilinjana:

- Putkilinja 1: Raide 1 ja autolastauslaituri
- putkilinja 2: Raideväli 3–4.

Kummankin putkilinjan pituus on noin 450 metriä laitetilalta etäisimmälle käyttöpisteelle. Alueputkiston laajuus on yhteensä noin 4 kilometriä maanalaista putkistoa. Alueputkien suunnitteluun kuului myös mitoittaa tarvittavat tonttivesijohto ja tonttviemäri sekä suunnitella näiden toteutus ja määrittää liitoskohdat Turun vesihuoltoverkostoon.

Kohteen maaperä asetti rajoitteita alueputkien toteutuksella. Kuivakuoren alapuolella oleva pohjamaa on heikosti kantavaa savimaata, minkä päälle perustaminen vaatii pohjanvahvistuksia. Kuivakuori loppuu ratarakenteiden ulkopuolella noin 1,5 metrin syvyydessä tulevasta maanpinnasta. Putkikaivantojen kaivuussyvyyden, massanvaihdon sekä pohjanvahvistaminen minimoimiseksi, alueputket sijoitettiin kuivakuorikerrokseen. Alueputkien peitesyvyys tulevasta maanpinnasta vaihtelee tämän vuoksi noin 0,8–1,0 metrin välillä. Poikkeuksena raiteiden alituskohdat, missä alituksen suoja-putkien peitesyvyys toteutettiin 1,4 metrin syvyydelle radan tasauksesta. Peitesyvyyden takia alueputkiin kohdistuu

jäätymisriski, jonka takia tarvittavat vesijohdot ja alipaineviemärit toteutettiin eristettynä ja varustettuna lämmityskaapelilla (kuva 26). Lämpimän huuhteluveden putket toteutettiin eristetyllä kiertovesiputkistolla, missä koko ajan virtaava vesi pitää putken sulana.



Kuva 26. Eristetyt alueputket huoltorakennuksen kohdalla [3].

Putkien hankinta eristettynä ja lämmityskaapeloinnilla varustettuna sekä huuhteluveden lämmitys ja kiertovesipumppaus nostavat toteutuksen hankintakustannuksia, aiheuttavat sivukustannuksia rakentamisen osalta sekä lisäävät pysyvästi käyttökustannuksia. Sijoittamalla putket routarajan alapuolelle edellä mainittuja kustannuksia voidaan vähentää, mutta tämä lisää kohteessa maarakennustöiden määrää eikä poista kokonaan tarvetta putkien eristämiseksi ja lämmitykselle. Erillistä kustannusvertailua putkien asentamisesta routarajan alapuolelle ja hankinta ja käyttökustannusten kesken ei toteutettu.

Toteutuksen pääperiaatteet:

- Alueputket sijoitetaan kuivakuorikerrokseen noin 0,8–1,0 metrin peitesyvyydelle.
- Putket hankitaan eristettynä ja varustettuna saattolämmityksellä tai kiertovesiputkistoilla.
- Lämpimän huuhteluveden alueputkisto toteutetaan kiertovesijärjestelmällä.
- Paineilma kuivataan riittävästi laitetilassa, jolloin ei ole tarvetta jääty-misen suojaukselle.

#### 4.2.4 Käyttövalmiushuollon toiminnallisuus ja mitoitus

Toiminnallisuus ja mitoitus suunniteltiin molempien putkilinjojen samanaikaiselle käytölle. Putkilinjakohtaisena rajoituksena toimii kuitenkin yhden käyttöpisteen käyttäminen kerrallaan. Putkilinjojen etäisin käyttöpiste ja laittilan välinen alueputkipituus on noin 450 metriä, mikä vaikuttaa merkittävästi alueputkien painehäviöihin. Alustavat putkikoot oli määritelty aikaisemmassa vaiheessa, muttei mitoitettu tarkkaan. Painehäviöiden määrittelyssä pelkkä runkoputkiston painehäviön mitoitus ei ole riittävä, vaan koko toiminnossa muodostuva painehäviö tulee huomioida. Tämän lisäksi on huomioitava virtausnopeuksien ohjearvot sekä pyrittävä välttämään tarpeettoman suuria putkikokoja ja virtaamia.

Toiminnoille toteutettiin toiminnallisuuden ja mitoituksen tarkastelu putkistosuunnittelun yhteydessä, missä määriteltiin epäedullisimmille mitoituspisteille kokonaispainehäviöt ja mitoitusarvot:

- Alipaineviemäröinti runkoputki PEH110-PN16
  - Mitoitukseen käytetty -60 kPa alipainetasoa.
  - Epäedullisimmalla mitoituspisteellä ja -tilanteessa saavutetaan laskennallisesti jätevesisäiliöiden tyhjennykselle riittävät 16,8 m<sup>3</sup>/h virtaama ja runkoputkiston 0,73 m/s virtausnopeus.
- Vesijohtovesi runkoputki käyttöpisteille PEH63-PN10
  - Mitoituksen käytetty vesijohtoverkon liitoskohdan painetasoa +50 mvp,
  - Epäedullisimmalla mitoituspisteellä saavutetaan laskennallisesti vesijohtoveden mitoitusvirtaama 8,0 m<sup>3</sup>/h, 40 metrin kokonaispainehäviöllä.

- Huuhteluvesi runkoputkisto käyttöpisteille PEX63/40-PN10
  - Epäedullisimmalla mitoituspisteellä saavutetaan laskennallisesti huuhteluveden mitoitusvirtaama 8,0 m<sup>3</sup>/h 33 metrin kokonaispainehäviöllä.
- Paineilma runkoputkisto käyttöpisteille PEH40-PN10
  - Epäedullisimmalla mitoituspisteellä saavutetaan laskennallisesti paineilman mitoitusvirtaama 1 m<sup>3</sup>/min, 0,1–0,2 bar kokonaispainehäviöllä.

Toteutus suunnitelmassa tarkemmin mitoitettulla putkistolla ja laitteistolla saavutetaan kohteeseen määritetyt mitoitusvirtaamat ja toiminnallisuus. Lopulliset putkikoot olivat selkeästi suuremmat kuin alustavat putkikoot, mitkä eivät mitoitus-tarkastelun perusteella olisi olleet kohteessa toimivia.

#### 4.2.5 Yhteensovitus

Käyttövalmiushuollon yhteensovittaminen muiden tekniikka-alojen kanssa toteutui kahdessa osuudessa:

- Huoltorakennukseen sijoitettu laittilan suunnittelu
- aluesuunnittelun alueputket ja käyttöpisteet.

Huoltorakennuksen laittilan suunnittelun yhteensovituksen merkittävimpiä huomioita:

- Laittilan layout-suunnitelmassa määriteltiin laittilalta vaadittavat sisämitat ja muoto. Mitat määritellään koneiston ja putkiston, sähkö- ja LVI-tekniikan, huoltojen sekä kulku- ja haalausreittien vaatimien tila-vaarausten perusteella. Layout-suunnitelma toimi laittilan muiden suunnittelualojen lähtötietona.
- Määriteltiin käyttövalmiushuoltoon liittyvät suunnittelurajapinnat sähkö- ja LVI-tekniikan kanssa. Tämä käsittää laitteistojen sähköistyksen sekä mahdollisen automaation ja ohjauksien suunnittelun sekä laittilan lämmitys-, ilmanvaihto- ja vesi- ja viemärlaitteiston sijaintien määrittelyn.
- Rakenne- ja geotekniikkaan liittyvä yhteensovittaminen sisälsi käyttövalmiushuollon putkistojen ja laittilan paalulaatan läpivientien sekä perustuksien yhteensovituksen.
- Hätäpoistumisreittien ja laitteiston yhteensovitus.

Alue- ja käyttöpistesuunnittelun yhteensovituksen merkittävimpiä huomioita:

- Käyttöpisteiden sijoittaminen matkustajalaitureiden yhteyteen ja niiden sijoitusraiteiden muutokset vaikuttivat merkittävästi muuhun aluesuunnitteluun. Käyttöpisteiden uudelleen sijoittamisen takia radan kuivatusputkia- ja kaivoja sekä kaapelointikanavia ja -suojaputkia tuli siirtää.
- Käyttöpisteiden sijoitusten tarkennukset toteutettiin ATU ja ratasuunnitteluohjeiden mukaisesti ratasuunnitelman kanssa.
- Käyttövalmiushuollon toiminnallisuuden vaatimuksien takia törmäystilanteissa tarkasteltiin ensisijaisesti siirrettävissä olevien muiden toteutuksien kuten kaapelikanavien- ja suojaputkien siirtämistä.
- Käyttöpisteiden sähkösyötöt ja sähkökeskusten suunnittelu sekä eristettyjen alueputkien lämmityskaapelien sähkösyöttöpisteiden sijoitusten määrittely sähkösuunnittelijan kanssa.

#### 4.2.6 Käyttövalmiushuollon rakentaminen ja käyttöönotto

Käyttövalmiushuollon rakentaminen aloitettiin keväällä 2023. Rakentaminen toteutetaan kahdessa osassa missä ensimmäinen vaihe sisältää käyttövalmiushuollon toteutuksen raiteella 1 ja autolastauslaiturille sekä käyttövalmiushuollon laitetilän. Toinen vaihe sisältää raidevälin 4–5 toteutuksen.

Käyttövalmiushuollon ensimmäinen rakentamisvaihe valmistui kesällä 2024 ja koekäytöt ja käyttöönotto suoritettiin onnistuneesti elokuussa 2024. Käyttövalmiushuollon viimeinen rakennettava osuus raidevälille 4–5 otetaan alustavasti käyttöön lokakuussa 2025.

#### 4.3 Turun ja Joensuun ratapihojen toteutuksien erot

Joensuun ratapihan parannushanke on toteutettu vuosien 2020–2024 välisenä aikana, jonka yhteydessä kohteessa nykyaikaistettiin käyttövalmiushuollon toimintoja. Joensuun käyttövalmiushuollon toteutuksen ja muutoksien laajuus oli rajatumpi kuin Turun henkilöratapihan käyttövalmiushuollon toteutus.

Joensuun ratapihan käyttövalmiushuollon käyttöpisteet sijoitettiin matkustajalaitureiden yhteyteen yhdelle raidevälille samalla periaatteella kuin Turun henkilöratapihalla. Kohteiden toteutusperiaate eroaa toisistaan uusiokäyttömahdoli-

suuksien hyödyntämisenä Joensuun ratapihalla. Turun henkilöratapihalla uusittiin käyttövalmiushuolto kokonaisuudessaan, kun Joensuun ratapihalla hyödynnettiin pääosin jo olemassa olevaa laitteistoa ja käyttöpisteitä.

Joensuun ratapihalla sijainnut laitetila ja laitteisto jätettiin nykyiselle sijainnille, mutta olemassa olleet käyttöpisteet siirrettiin matkustajalaitureiden yhteyteen. Laitetilan ja siirrettyjen käyttöpisteiden välille rakennettiin uusi alueputkisto vanhan alueputkiston periaatteiden mukaisesti.

Joensuun tapauksessa hyödyntämällä olemassa olevaa laitetilaa ja laitteistoa pyrittiin saavuttamaan rakentamisen osalta ensisijaisesti kustannussäästöä. Vaihtoehdossa tulee kuitenkin varmistaa, että laitetilan sijoitus ja laitteet ovat uudelle käyttöpisteiden sijoittamiselle sopivat ja laitteilla on riittävä käyttöikä jäljellä.

## 5 Yhteenveto ja kehittäminen

Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen sijoitusperiaatteet ja toteutustapa ratapihoilla vaihtelevat nykytilanteessa, eikä näiden toteutuksille ole selkeää ohjeistusta tai vaatimuksia. Toteutuksia on tehty ja päivitetty käyttäjän osalta kohdekohtaisilla ratkaisuilla. Tämän vuoksi käyttövalmiushuollolle ei ole kehittynyt toteutukseen selkeää toimivaa mallia.

Aikaisemmin rakennetuissa kohteissa käyttövalmiushuollon toiminnot ovat sijoitettu pääasiassa seisonta- tai huoltoraiteiden yhteyteen tai erillisiin huoltotiloihin. Turun ja Joensuun ratapihojen parannuksien yhteydessä toimintoja on sijoitettu ensimmäistä kertaa matkustajalaitureiden yhteyteen, missä niitä voidaan suorittaa matkustajajunaliikenteen yhteydessä.

### 5.1 Käyttövalmiushuolto tulevaisuudessa

Matkustajajunaliikenteen odotetaan kasvavan ja uusien raideliikennetoimintaa harrastavien toimijoiden lisääntyvän tulevaisuudessa. Tämän takia ratapihojen matkustajalaitureiden määrää pyritään lisäämään ratapihojen perusparantamisen yhteydessä, mikä johtaa tiiviimpään rakentamiseen. Palvelupaikkoina toimivilla ratapihoilla tämä tulee vaikuttamaan käyttöpisteiden ja laittilan sijoittamiseen merkittävästi, minkä takia näiden tarvitsemat tilavaraukset tulisi määrittellä ja ottaa huomioon tarkemmin jo hankkeen ratasuunnitelmassa. Sijoituksissa tulisi huomioida myös käyttövalmiushuollon toiminnallisuus ja rakennus- ja käyttökustannuksien hallinta. Etenkin kohteissa missä käyttöpisteiden sijoittaminen matkustajalaitureiden yhteyteen muodostuu haastavaksi tai kustannukset kasvavat merkittävästi seisontaraiteille sijoittamiseen verrattuna, tulisi näiden sijoitusvaihtoehtojen vaikutuksia tarkistella tarkemmin.

#### 5.1.1 Toteutuksen vaikutus toiminnallisuuteen

Toiminnallisuuden osalta käyttöpisteiden sijoittaminen matkustajalaitureiden yhteyteen vähentää tarvetta matkustajajunan siirtämiselle seisontaraiteelle. Mat-

kustajalaitureiden yhteydessä suoritettavaa käyttövalmiushuoltoa rajoittaa kuitenkin sallittu pysähtymisaika. Jos matkustajajunaliikenteen määrä kasvaa merkittävästi tulevaisuudessa, tämä voi vähentää entisestään käyttövalmiushuollon toimintoihin käytettävissä olevaa aikaa matkustajalaitureilla. Tästä syystä tulisi myös tarkkailla mahdollisuutta sijoittaa käyttöpisteitä matkustajalaitureiden lisäksi seisontaraiteille.

Etenkin sijoittaessa käyttöpisteet matkustajalaitureiden yhteyteen, laitetilän sijoittaminen näiden läheisyyteen ei ole aina mahdollista. Laitetilän etäisyys käyttöpisteille vaikuttaa suoraan käyttövalmiushuollon toiminnallisuuteen ja mitoitukseen. Tästä syystä laitetilän ja käyttöpisteiden sijoitukset tulisi olla riittävän lähellä. Käyttövalmiushuollolle käytettävissä olevan huoltoajan lisäksi suurimmat vaikutukset toiminnallisuudelle ovatkin putkipituudet ja vaadittavat virtaamat. Toiminnallisuutta voidaan parantaa putkistojen ja laitteistojen oikealla mitoituksella, mutta näiden toteutuksessa on pitkillä putkilinjoilla rajoitteita ja teknisiä vaatimuksia, mitä ei ole käytettävyyden ja kustannuksien hallinnan näkökulmasta järkevää toteuttaa.

### 5.1.2 Kustannuksien hallinta

Käyttöpisteiden rakentamis- ja käyttökustannuksien osalta ei ole suurta vaikutusta sijoitetaanko käyttöpisteet matkustajalaiturien yhteyteen vai seisontaraiteille. Kuitenkin käyttöpisteiden sijoitus ja määrä sekä laitetilän etäisestä sijoituksesta johtuvan putkiston laajuudella on merkittäviä vaikutuksia käyttövalmiushuollon rakentamis- ja käyttökustannuksiin. Jos näitä halutaan rajoittaa, niin käyttövalmiushuollon toteutuksen tulisi olla mahdollisimman tiiviisti rakennettu kokonaisuus.

Kustannuksien hallinnassa tulisi myös tarkkailla käyttövalmiushuollon alueputkiston toteuttamista. Nykytilanteessa käytäntönä on toteuttaa putkistot mahdolliseen kuivakuorikerrokseen routarajan yläpuolelle, mikä nostaa putkistojen hankintakustannuksia sekä käyttövalmiushuollon käyttökustannuksia merkittävästi.

Toteutuksien yhteydessä tulisi vertailla putkiston asennussyvyydestä syntyviä kustannusvaikutuksia sekä käyttökustannuksia pidemmällä aikavälillä.

## 5.2 Käyttövalmiushuollon kehittäminen

Turun henkilöratapihan yhteydessä määriteltiin nykyaikaistettavan käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen periaatteet ja laadittiin näille uusi toteutusmalli. Toteutuksessa kiinnitettiin huomiota terveydelle aiheutuvien riskien minimoimiseen, työturvallisuuteen, käytettävyyteen sekä käyttövalmiushuollon laitteistojen toiminnallisuuteen ja huoltotarpeen vähentämiseen. Toteutusmallin toiminnallisuutta ja periaatteita tulee kuitenkin jatkossakin kehittää ja lisätä tarvittaessa uusia toimintoja.

### 5.2.1 Toiminnallisuus ja standardisointi

Palvelupaikoilla yleisesti käytössä olevat laitteistot ovat toiminnallisuudeltaan ja mitoitukseltaan riittäviä, kunhan näiden toimintavarmuudesta huolehditaan putkistojen oikealla mitoituksella ja toimintatavan suunnittelulla sekä toteutuksella. Laitteiston toimiessa oikein, merkittävä osuus junavaunujen käyttövalmiushuollon huoltotapahtumien kestosta muodostuu käyttöpisteellä tapahtuvista käsin suoritettavista toimenpiteistä kuten letkujen liittämiset ja siirtymistä käyttöpisteiden välillä. Tämän takia pelkällä laitteistojen mitoituksien kasvattamisella ei ole saavutettavissa merkittävää etua huoltotapahtumiin.

Tämän perusteella junavaunujen vesi- ja jätevesitoiminnot on mahdollista standardisoida käyttämään palvelupaikoilla esimerkiksi Turun käyttövalmiushuollon toteutuksen yhteydessä määriteltyä tai sitä vastaavaa laitteistoa ja käyttöpisteiden toteutusmallia. Standardisoidulle laitteistolle ja käyttöpisteille voidaan määrittää ratasuunnitelmassa tarkemmat alustavat tilavaraukset laitetilalle sekä käyttöpisteiden sijoittamiselle, mikä vähentää tarvetta toteutussuunnitelmien aikaisille muutoksille. Tällä on suoria yhteensovitus-, aikataulu- ja kustannusvaikutuksia koko hankkeelle.

Käyttäessä Turun käyttövalmiushuollon toteutunutta laitteistoa ja käyttöpisteiden toteutusmallia voidaan laiteteila sijoittaa useita satoja metrejä etäisimmästä käyttöpisteestä. Kuitenkin kohteissa, joissa putkilinjat kasvavat yli 450 metrin pituisiksi, tulee varautua laitteiston muutoksiin ja putkistojen mitoitusien suurentamiseen toteutussuunnittelun yhteydessä. Näin pitkien putkilinjojen todennäköisyys ratapihoilla on kuitenkin vähäinen. Vaikka laitteistot ja käyttöpisteet standardisoitaisiin, tulee näiden toiminnallisuus aina tarkistaa suunnittelukohteeseen soveltuvaksi.

### 5.2.2 Automaatio- ja hälytysjärjestelmä

Käyttövalmiushuollon automaatio- ja hälytysjärjestelmän toteutusmalli on nykytilanteessa epäselvä ja rajoittaa käyttövalmiushuollon toteutusmahdollisuuksia. Käyttövalmiushuollon laitteiston kokonaisuus on pieni ja nämä määritellään toteutussuunnitelmassa ensisijaisesti toimimaan omilla paikallisohjaukskeskuksilla. Tämä kuitenkin rajaa käytettävissä olevan laitteiston valikoimaa ja paikallisohjaukskeskukset eivät ilman erillisiä lisävarusteita ja toimenpiteitä kykene lähettämään laitteiston hälytystietoja eteenpäin halutuille tahoille. Laitteiston automaatio-ohjauksien mahdollisuudet voivat olla myös rajallisia, mikä rajoittaa käyttövalmiushuollon toiminnallisuuden optimointia.

Usean laitteen hälytystiedot ovat toimintavarmuuden ja selkeyden takia järkevää kerätä automaatio- ja hälytysjärjestelmään, mistä nämä lähetetään eteenpäin halutuille tahoille. Automaatio- ja hälytysjärjestelmä parantaa ja selkeyttää myös käyttövalmiushuollon toimintojen ja ohjauksien suunnittelua ja käytön sääntämistä.

Tarvittava automaatio- ja hälytysjärjestelmän toteutus on laajuudeltaan pieni ja yksinkertainen toteuttaa. Kustannuksena tämä ei ole käyttövalmiushuollon kokonaisuudessa merkittävä ja tulisi olla tulevaisuudessa vakiovaruste käyttövalmiushuollon toteutuksissa. Automaatiojärjestelmän toteuttamisen lisäetuna voidaan järjestelmään tarvittaessa liittää kiinteistöautomaatio ja tulevaisuudessa mahdollisen tuojantunnistusjärjestelmän vaatimat mittaukset ja ohjaukset.

### 5.2.3 Tuoja-tunnistusjärjestelmä

Käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen käyttäjinä on mahdollista olla useampia raideliikennetoimintaa harrastavia toimijoita. Nykytilanteessa käyttäjältä ei vaadita erillistä tunnistautumista, eikä vesijohto- tai jätevedenmääriä mitata. Käytöstä syntyvät kustannukset ovat tämän takia haasteellista kohdistaa käyttäjille. Jos syntyvät kustannukset ovat tarpeellisia osoittaa käyttäjäkohtaisesti, tämä on toteutettavissa tuoja-tunnistusjärjestelmällä, mikä on yleinen ratkaisu esimerkiksi sako- ja umpisäiliölietteiden vastaanottoasemilla.

Tuoja-tunnistusjärjestelmän toimintaperiaate:

- Käyttäjä tunnistautuu järjestelmään esimerkiksi lähitunnistuksella tai koodilla.
- Tuoja-tunnistusjärjestelmä tunnistaa ja tallentaa käyttäjän tuoja-tunnistusjärjestelmään.
- Tunnistautuminen antaa käyttäjälle käyttöluvan.
- Tyhjennettävä jätevesimäärä ja täyttöihin käytettävä vesijohtovesimäärä mitataan sekä käyttötapahtuman kesto ja ajankohta tallennetaan tuoja-tunnistusjärjestelmään.

Tuoja-tunnistusjärjestelmä vaatii tunnistautumisen lisäksi riittävät mittaukset käytettävistä toiminnoista sekä tarvittavat automaatio-ohjaukset. Näiden määrittely ja tarkempi toteutussuunnittelu tulee suorittaa osana prosessi- sekä koneisto- ja putkistosuunnittelua.

## 5.3 Pohdinta

Käyttövalmiushuollon periaatteiden ja toimintojen tarkemmalla määrittelyllä ja kehittämisellä voidaan saavuttaa merkittävää hyötyä käyttövalmiushuollon ja ratapihojen saneerauksien osalta sekä toteuttaa toiminnot tulevaisuuden raideliikenteen tarpeille sopiviksi.

Hyödyt toimintojen ja periaatteiden määrittelystä koskettaa käyttövalmiushuollon lisäksi sijoituskohteena toimivan ratapihan muuta suunnittelua ja toteutusta. Käyttövalmiushuollon kokonaisuuden selkeyttäminen vaikuttaa jo ratasuunnitel-

man laatimisvaiheessa, mikä selkeyttää muiden tekniikka-alojen suunnittelua ja toteutusta sekä vähentää yhteensovituksen tarvetta. Tällä voi olla merkittäviä vaikutuksia ratapihojen saneerauksien kustannuksiin ja toteutusaikatauluihin.

Itse käyttövalmiushuollon vesi- ja jätevesitoimintojen toteutuksen osalta tämä selkeyttää suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheita, tehtäviä ja näiden projektinhallintaa palvelupaikkojen nykyaikaistamisien yhteydessä. Kun toiminnoille määritellään selkeät tavoitteet toiminnallisuuden ja toteutustavan osalta heti suunnittelun alussa, nämä ovat paljon helpommin saavutettavissa.

## Lähteet

- 1 Euroopan komission täytäntöönpanoasetuksessa (EU) 2017/2177. Verkkoaineisto. EU-komissio. <<https://op.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/4eacbfd1-d01a-11e7-a7df-01aa75ed71a1/language-fi>>. Luettu 1.4.2025.
- 2 Palvelupaikan kuvaukset. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://vayla.fi/palveluntuottajat/ammattiliikenne-raiteilla/rautateiden-verkkoselostus/palvelupaikan-kuvaukset>>. Luettu 1.4.2025.
- 3 Kupittaa-Turku-ratahanke, Turun henkilöratapihan rakentamissuunnittelu: käyttövalmiushuollon toteutussuunnitelma, Sweco Finland Oy, 2022–2025
- 4 Eristetyt ecoflex-putkistot. Verkkoaineisto. Uponor Finland. <<https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/eristetyt-ecoflex-putkistot/putket#ecoflex-supra-plus>>. Luettu 1.3.2025.
- 5 Alipaineputkiston ohje osa 1, EVAC Oy, 2019
- 6 InfraRyl. Verkkoaineisto. Rakennustieto. <<https://www.rakennustieto.fi/>>. Luettu 1.4.2025
- 7 EVAC-onlineflex alipainekoneikko. Verkkoaineisto. EVAC OY. <<https://evac.com/products/evac-onlineflex/>>. Luettu 1.4.2025.
- 8 RIL 237-2 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu: mitoitus ja suunnittelu, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, RIL 2010
- 9 Vesi-ja-viemärlaitteistot-opas. Verkkoaineisto. Talotekniikka Info <<https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas>>. Luettu 1.4.2025.
- 10 Tonttijohtojen suunnittelu. Verkkoaineisto. HSY. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/liittyminen-vesi-ja-viemariverkostoihin/tonttijohdot/tonttijohtojen-suunnittelu/>>. Luettu 10.4.2025.
- 11 Hydro-MPC-paineenkorotusjärjestelmä. Verkkoaineisto. Grundfos pumput Oy. <<https://product-selection.grundfos.com/fi/products/hydro-mpc?tab=products>>. Luettu 10.4.2025
- 12 Paineilma laitteistot. Verkkoaineisto. Atlas Copco. <<https://www.atlas-copco.com/fi-fi>>. Luettu 6.5.2025.

- 13 Kupittaa-Turku-ratahanke. Verkkoaineisto. Väylävirasto.  
<<https://vayla.fi/kupittaa-turku-ratahanke>>. Luettu 1.4.2025
- 14 Ratasuunnitteluohjeet. Verkkoaineisto. Väylävirasto.  
<<https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/OL/rautatieohjeet.pdf>>. Luettu 1.4.2025

## ATU aukean tilan ulottuma

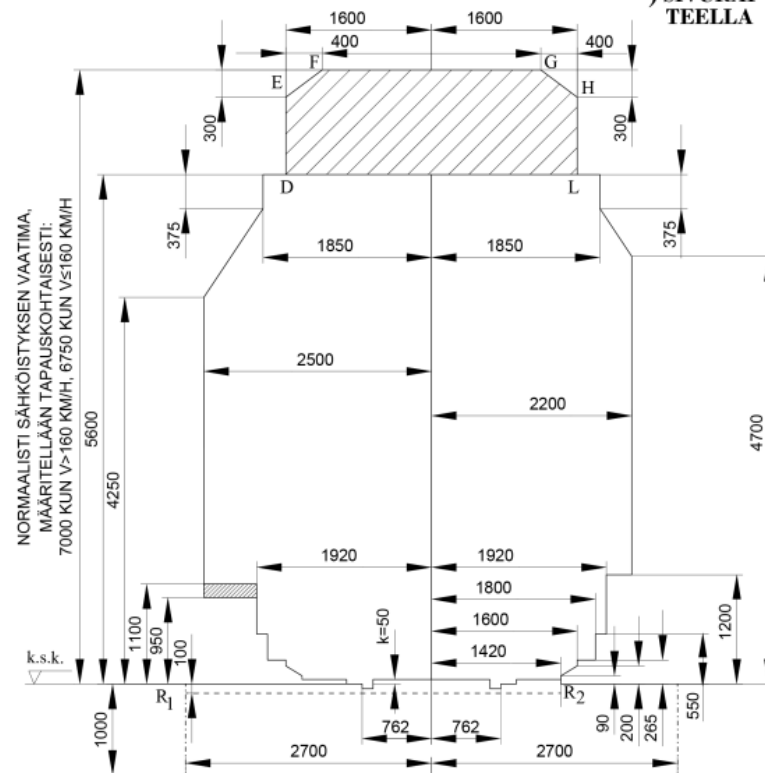
Väyläviraston ohjeita 22/2021  
RATO 2 Radan geometria

Liite 3 / 1 (1)

### Aukean tilan ulottuma (ATU)

PÄÄRAITEELLA

\*) SIVURAI-  
TEELLA



- rajaviiva aukean tilan ulottumalle
- - - rajaviivan yläpuolella sallitaan vain vaihteiden ja turvalaitteiden osia, tasoristeysten päällysteitä yms.
- · · · · rajaviivan yläpuolella ei sallita rataan kuulumattomia perustuksia, köysiä, putkijohtoja, kaapeleita ym.
- ▨ sähköistetyt ja sähköistettävät raitteet
- ▩ alue, johon saa asentaa vain radan merkkejä ja opastimia

\*) Rautatieliikennepaikalla on oltava vähintään yksi raide, joka täyttää kiinteiden esteiden osalta suurkanjetusraitteen ulottuman (liite 6)

Aukean tilan ulottuma on samanlainen pää- ja sivuraiteilla korkeuteen 950 mm asti. Kaarteissa ulottuman puolileveyksiä on kasvatettava liitteen 4 mukaisesti.

Kuperassa taitteessa, jonka pyöristyssäde on alle 1000 m, mitta  $k$  ja 1700 mm:n etäisyydellä keskilinjasta olevat korkeudet pienenevät (kohta 2.9.1.1).