



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Olli Iso-Oja

Maanalaisen jalankulkutunnelin rakenteiden tarkastelu ja korjaussuunnitelma

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Olli Iso-Oja

Työn nimi alaotsikoineen: Maanalaisen jalankulkutunnelin rakenteiden tarkastelu ja korjaussuunnitelma

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 44

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia vanhan vuonna 1988–1989 rakennetun jalankulkutunnelin rakenteita ja laatia siihen korjaussuunnitelma. Tunneli on alkuperäisessä kunnossa ja sen käyttötarkoitus on pysynyt ja tulee pysymään täysin ennallaan. Tunneli kulkee kahden erillisen rakennuksen välissä vilkkaan puistikkokadun alla. Suunnittelun pohjana käytetään kuntotutkimusta, vanhoja asiakirjoja sekä henkilöhaastatteluja.

Maanalaiset rakenteet ovat vaativia ja maanpäällisistä rakenteista poikkeavia niiden sijainnin takia. Maanalaiset rakenteet joutuvat olemaan jatkuvasti kosketuksissa maan ja siinä olevan kosteuden kanssa. Tämän takia kaikki materiaalit eivät sovellu käytettäväksi maanpinnan alapuolella.

Opinnäytetyötä varten rakenteelle teetettiin kuntokartoitus, jota ei muuten välttämättä olisi tehty. Kuntokartoituksen tuloksia käytettiin korjaussuunnittelussa, jota tullaan puolestaan käyttämään pohjana rakenteen korjaamisessa, laskennassa sekä toteutuksessa. Työhön on saatu myös kohteen rakennesuunnittelijalta opastusta ja mielipiteitä.

Asiasanat: Tunneli, pohjarakenteet, maanalaiset rakenteet, kapselointi, injektointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Olli Iso-Oja

Title of thesis: Investigation and repair plan for the structures of an underground pedestrian tunnel

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2024

Number of pages: 44

Number of appendices: 0

The purpose of the thesis was to investigate the structures of an old pedestrian tunnel built in 1988–1989 and to prepare a repair plan for it. The tunnel was in its original condition and its purpose remained and will remain completely unchanged. The tunnel runs between two separate buildings under a busy street. The plan was based on a condition evaluation, old documents, and personal interviews.

Underground structures are more demanding and different from above-ground structures, due to their location. Underground structures are in constant contact with the ground and the moisture in it. Because of this, not all materials are suitable for use below ground level.

For the thesis, a condition evaluation was commissioned for the structure, which otherwise would not necessarily have been done. The results of the condition evaluation were used in the repair planning, which in turn will be used as a basis for the repair, calculations and implementation of the structure. The site's structural designer also offered guidance and opinions for the thesis.

¹ Keywords: tunnel, bottom structures, underground structures, encapsulation, grouting

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja kuvioluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO	9
2 MAANPINNAN ALAPUOLISET RAKENTEET	10
2.1 Maaperän olosuhteet ja maalajit.....	10
2.2 Maanpinnan alapuoliset rakenteet yleisesti	11
2.3 Yleisesti käytettyjä materiaaleja	11
2.3.1 Kiviaines.....	12
2.3.2 Lämmöneristys.....	13
2.3.3 Routasuojaus	13
2.3.4 Vedeneristys	14
2.3.5 Betoni.....	15
2.4 Rakenteiden kuivatusjärjestelmät.....	15
2.5 Pohjarakenteet korjauskohteena	17
3 TUNNELIRAKENNE MAANPINNAN ALAPUOLELLA	20
3.1 Tunneli ja sen käyttötarkoitus	20
3.2 Rakennustapa	21
3.3 Runkorakenteet ja vedeneristys	21
3.4 Sisäpuoliset rakenteet	22
3.5 Valokaivo tunnelin päällä.....	24
3.6 Kuivatusjärjestelmä	26
3.7 Ilmanvaihto ja lämmitys	28
4 TUNNELIRAKENTEEN KUNTOTUTKIMUS.....	29
4.1 Lähtötiedot ja tutkimusmenetelmät.....	29
4.2 Haitta-aine kartoitus	30

4.3	Rakenteiden kunto	30
4.3.1	Seinät.....	30
4.3.2	Katto	32
4.3.3	Alapohja.....	33
5	TUNNELIRAKENTEEN KORJAUSSUUNNITELMA	34
5.1	Korjaussuunnitelman lähtökohta	34
5.2	Valmisteluvaihe	34
5.3	Purkuvaihe	36
5.4	Kantavat runkorakenteet	37
5.5	Vedeneristyksen parannus.....	37
5.6	Sisäpuolen rakenteet.....	39
5.6.1	Alapohja.....	39
5.6.2	Seinät.....	39
5.6.3	Katto	40
5.7	Talotekniikka	41
5.8	Valokaivo.....	41
6	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	43

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Vaahtolasilla korvattu alapohjan eristekerros **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt. Kuva 3. Tunnelin leikkaus piirustus ...20

Kuva 4. Työsauman detalji piirustus21

Kuva 5. Tunnelin sisäpuoli22

Kuva 6. Tunnelin lämpöpatterit22

Kuva 7. Valokaivo kadulla23

Kuva 8. Kuvakaappaus valokaivon piirustuksesta24

Kuva 9. Valokaivo alhaaltapäin24

Kuva 10. Savunpoistoluukku kadulla25

Kuva 11. Pumppukaivon leikkaus piirustus26

Kuva 12. Pumppukaivon sijainti kadulla26

Kuva 13. Ilmanvaihdon piirustus27

Kuva 14. Ilmanvaihdon leikkauspiirustus27

Kuva 15. Rakenneavaus tunnelin rankarunkoisessa seinässä28

Kuva 16. Maali rapistunut betoniseinällä29

Kuva 17. Maali rapistunut betoniseinän sauma-alueella30

Kuva 18. Rankarunkoisen seinän kerrokset30

Kuva 19. Katon kipsilevyseammat halkeilleet valokaivon lähetyvillä31

Kuva 20. Alakaton yläpuoli näyttää kuivalta31

Kuva 21. Pintavaluun porattiin tarkastusreikä, mistä päästiin näkemään eristetila sekä ottamaan näytepalat	32
Kuva 22. Valokaivon tulee vaihtaa uudet ikkunat, sekä ne tulee tiivistää huolellisesti .	40
Kuvio 1. Roudan syvyys eripuolilla Suomea	13
Kuvio 2. Havainnekuva rakennuksen kuivatusjärjestelmästä.....	15
Kuvio 3. Havainnekuva sokkelin kosteusrasituksesta	17
Kuvio 4. Asbestin sijainteja	18
Kuvio 5. Suojaseinän rakennuskohta valmiin rakennuksen puolella	34
Kuvio 6. Valokaivon ympärille rakennetaan suojaseinät ja valokaivon kautta johdetaan pölynpoisto tunnelista rakennusaikana	34
Kuvio 7. Tunnelin pohjalta pois purettava osa	35
Kuvio 8. Koko tunnelin pituudelta pois purettavat levyt ja rankarunkoiset rakenteet, sekä talotekniikka	36
Kuvio 9. Rakennusten ja tunnelin liitoskohdat tulee injektoida vesitiiviiksi pystysaumojen osalta	37
Kuvio 10. Pintalaatan reunan vesiura	38
Kuvio 11. Uudet sisäseinä rungot rakennetaan peltirangasta tunnelin molemmille sivuille	39

Käytetyt termit ja lyhenteet

Tunneli	Tunneli on pitkänmallinen putki, jota pitkin voidaan kulkea päästä päähän. Tunneli on joko louhittu kallioon tai kaivettu maahan. Joissain tapauksissa tunneli voi olla vain rakennettu ”putki”
Pohjarakenteet	Pohjarakenteisiin kuuluu rakenteet, jotka sijaitsevat maanpinnan alapuolella, kuten anturat, sokkelit, kellarien seinät yms. Lisäksi pohjarakenteisiin kuuluu rakenteisiin liittyvät kuivatus, eristys ja maa aines kerrokset.
Injektointi	Injektointi on menetelmä, jossa sementti-, polyuretaani-, epoksi- tai akrylaattipohjaista materiaalia pumpataan/juotetaan vaurioituneisiin tai halkeilleisiin rakenteisiin vuotojen tiivistämiseksi, vaurioituneiden rakenteiden rakenteelliseksi korjaamiseksi ja niiden vesitiiviistämiseksi.
Kapselointi	Kapselointi on menetelmä, jossa rakenne tai sen osa tiivistetään pinnasta niin tiiviiksi, ettei se läpäise ilmaa, kaasuja, kosteutta tai haitallisia aineita.
Haitta-aine	Haitta-aine on yleistermi terveydelle haitallisista aineista, joita jokin materiaalit saattavat sisältää. Haitta-aineita tutkitaan materiaaleista otetuista koepaloista laboratorio olosuhteissa. Yleisimpiä haitta-aineita ovat asbesti ja erilaiset PAH-yhdisteet.
Asbesti	Asbesti on ehkä yleisimmin tunnettu haitta-aine, johtuen sen laajasta käytöstä 1900-luvulla. Asbesti on rakenteeltaan hyvin pientä kuitumaista materiaalia, jota on käytetty hyvinkin monissa erilaisissa rakennus materiaaleissa lisäaineena. Asbesti on palamaton materiaali ja helposti muokattava, mutta siitä irtoavat kuidut ovat erittäin vaarallisia ihmisen hengitykselle.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee kahden erillisen rakennuksen välissä maan alla kulkevaa jalankul-
kutunnelia, sekä korjaussuunnitelmaa kyseiseen kohteeseen. Tunnelin molemmissa
päissä sijaitsevat rakennukset korjataan omina hankkeinaan ja eri aikoina. Tunnelin tuleva
korjaus sijoittuu ajallisesti näistä toisen rakennuksen remontin kanssa samaan aikaan ja
tulee kuulumaan samaan urakkaan. Tunneli on rakennettu vuosina 1988–1989 ja se vaatii
uudistusta, sekä rakenteiden tarkastelua ja mahdollisia korjaus toimia.

Maanalaiset rakenteet korjataan yleisesti rakenteen ulkopuolelta. Kyseisessä kohteessa
kuitenkin haasteen luo sen yllä kulkeva vilkas katu, jota ei voida aukaista saneeraustyötä
helpottamaan. Kosteus on päässyt vaikuttamaan rakenteisiin jo pidemmän aikaa.

Maanalaiset rakenteet ovat yleisesti aina kosteuden ja maanpaineen vaikutuksen ansiosta
erityisiä ja maanpäällisistä rakenteista poikkeavia. Vaativat olosuhteet luovat omat vaati-
muksensa myös materiaaleille, joita voidaan käyttää. Maanalaiset rakenteet ovat myös
haastavia kuntokartoituksen ja korjaamisen kohteita.

Opinnäytetyössä tehtävät havainnot perustuvat kuntokartoitukseen, vanhoihin suunnitel-
miin, haastatteluihin ja kirjoittajan omiin päätelmiin. Kirjoittajan kokemus pohjautuu useam-
man vuoden kokemukseen työskentelystä erinäisillä rakennustyömailla, sekä tällä kysei-
sellä työmaalla toimimiseen työnjohtotehtävissä.

Opinnäytetyö rajautuu rakennusten välissä sijaitsevaan tunneliin, eikä ota kantaa raken-
nusten korjaustoimenpiteisiin. Opinnäytetyön tarkoitus ei ole käsitellä kaikkea maanalaista
korjausrakentamista, vaan tutkia kyseisen tunnelin rakenteita ja tehdä siitä kannattavia ja
toteutuskelpoisia johtopäätöksiä.

2 MAANPINNAN ALAPUOLISET RAKENTEET

2.1 Maaperän olosuhteet ja maalajit

Maanpinnan alapuolisista rakenteista tekee erityisen niiden sijainti maan alla maaperässä. Suomen maaperä on muotoutunut nykyiselleen edellisen jääkauden jäljiltä noin 10 000 vuotta sitten. (Joensuu, i.a.). Maaperällä tarkoitetaan kallion päällä olevaa irtonaista maa-ainesta. Suomessa maaperä koostuu useista erilaisista ja eri rakeisista maa-aineksista kuten moreenista, sorasta, savesta ja siltistä. (kaiva.fi, i.a.). Maa-aineksen paksuus vaihtelee todella paljon hyvin lyhyilläkin matkoilla aina 0 metristä noin 100 metriin.

Suomessa maaperän olosuhteet vaihtelevat paljon, johtuen maalajien suuresta vaihtelusta. Lähtökohtaisesti maaperää pidetään aina kosteana ja vettä keräävänä. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa esimerkiksi hiekkaharjuilla, jotka ovat erittäin hyvin vettä läpäiseviä. (Ari Jokimäki, 2010). Maaperä johtaa myös lämpöä. Pinta maiden lämpötila vaihtelee suhteellisen nopeastikin ilman lämpötilan vaihtelun mukana, mutta syvemmälle mentäessä vaihtelu hidastuu. Tämän takia on syvällä maaperässä tallentuneena maapallon pintalämpöä hyvin pitkältä aikaa. Tätä ominaisuutta on nykyään alettu hyödyntämään maalämpötekniikan avulla.

Maanpinnan alapuolisia rakenteita rakennettaessa tulee huomioida maaperän ominaisuudet. Sen kantavuus, veden suodatuskyky ja värähtely saattavat olla epäotollisia rakennetta ajatellen. Usein maaperää kaivetaan pois ja korvataan paremmalla ja kohteeseen paremmin soveltuvalla kiviaineksella. Mikäli tallainen massanvaihto ei lisää riittävästi kantavuutta tai ei ole taloudellisesti kannattavaa riittävässä määrin, käytetään tällöin yleisimmin paalutusta johtamaan rakenteen kuormat suoraan kallioon. (Kivifakta, i.a.). Yleisimmät paalumateriaalit ovat teräsbetoni- ja teräspaalut. Ennen vanhaan oli yleisesti käytössä myös puupaalut, mutta näistä on luovuttu nykyisin ja puupaaluja korvataan nykyään teräsbetoni- ja teräspaaluilla.

2.2 Maanpinnan alapuoliset rakenteet yleisesti

Maanpinnan alapuoliset rakenteet voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan: pysyviin ja väliaikaisiin rakenteisiin. (Ympäristöministeriö, 2014). Väliaikaisia rakenteita ovat erilaiset työnaikaiset suojarakenteet, kaivantojen tukirakenteet sekä pohjavedenalennusrakenteet. Pysyviin maanalaisiin rakenteisiin voidaan lukea rakennuksen tai rakenteiden perustukset, maanvastaiset seinä- ja lattiarakenteet, luiskat sekä louhitut tunnelit.

Maanalaisten rakenteiden suunnitteluun kuuluu sekä pohjarakenteiden suunnittelu, geotekninen suunnittelu, että pohjarakenteiden rakennesuunnittelu. (Ympäristöministeriö, 2014). Geoteknisellä suunnittelulla selvitetään maaperän ja pohjarakenteiden geotekninen toimivuus ja varmistetaan tapauskohtaisesti toimivin ja edullisin menettelytapa. Pohjarakennesuunnittelu ja rakennesuunnittelu ovat erillisiä MRL 120 c §:n mukaisia suunnittelun eritysaloja. Pohjarakenteiksi luetaan kaikki maanpinnan alapuoliset rakenteet, lämmöneristeet, kosteuseristeet, kuivana pitojärjestelmät, ankkuroinnit, sekä maanrakennus.

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista (465/2014):

1 § Soveltamisala

Tätä asetusta sovelletaan rakennusten pysyvien ja työnaikaisten pohjarakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä pohjarakenteiden korjaus- ja muutostyöhön.

Pohjarakenteiden suunnittelu on maan ja kallion käyttäytymisen yhteensovittamista pohjarakenteiden kanssa siten, että myös yläpuoliset rakenteet toimivat suunnitellulla tavalla ja että rakennus tai rakenne ei vaurioidu eikä tule käyttökelvottomaksi.

2.3 Yleisesti käytettyjä materiaaleja

Pohjarakenteissa käytetään yleisesti erilaisia kiviaineksia ja kivirakenteita sekä muita kosteusrasitusta kestäviä materiaaleja. Nykyään käytetään myös paljon kierrätysmateriaaleja sekä muita korvaavia tuotteita niiden useiden eri ominaisuuksien ansiosta. Yhtenä esimerkkinä vaahtolasi, joka toimii samalla lämmöneristeenä, kapillaarikatkona sekä maan

kevennysmassana. (Foamit Oy, i.a.). Vaahtolasilla on voitu korvata osittain kiviaineksia ja erillisiä lämmöneristeitä (kuva 1).



Kuva 1. Vaahtolasilla korvattu alapohjan eristekerros

Ympäristöministeriön (2014) ohje pohjarakenteiden materiaalivaatimuksista:

Pohjarakenteissa käytetään aineita ja tarvikkeita, joilla on harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän/arvioinnin (ETA) mukainen CE-merkintä. Mikäli CE -merkintä ei ole mahdollinen, käytetään aineita ja tarvikkeita, joiden kelpoisuus osoitetaan lain 954/2012 mukaisesti.

2.3.1 Kiviaines

Kiviaines on maaperän ja pohjarakenteiden keskeisin materiaali. Kiviaines on kova, hyvin puristusta kestävä luonnon tuote. Se ympäröi maanpinnan alaiset rakenteet kauttaaltaan ja maanvaraisesti rakennetuissa rakennuksissa myös kannattelee koko rakennusta. Tästä

syystä kiviaineksen oikealla valinnalla on suuri merkitys rakenteeseen. (Rudus, i.a.). Pohjarakenteina käytettävä kiviaines tulee olla riittävän suurirakeista kapilaarisen veden kuljetamisen estämiseksi. Yleisesti käytettyjä raekokoja ovat 5/ 16 millimetriä ja 5...8/ 16 millimetriä. Mitä suuremmaksi raekoko menee, sitä haasteellisemmaksi sen levittäminen ja tassaaminen tulee. Mikäli kiviaines ei sisällä hienorakeisia osia, on sen tiivistys haasteellista. Lisäksi maa- ja kiviainekset eivät saa sisältää epäpuhtauksia, niin että niistä koituisi haittaa rakenteille, vesistöille, pohjavedelle tai ihmisille. Suodatinkangasta on suositeltavaa käytettäväksi eri maa-ainesten ja eri rakeisten kiviainesten välillä estämään niiden sekoittuminen keskenään.

2.3.2 Lämmöneristys

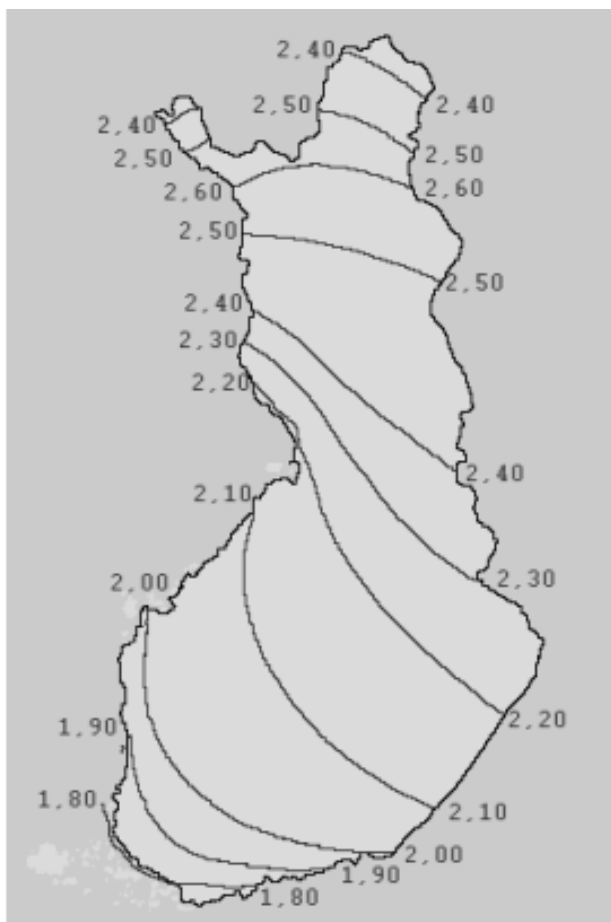
Maanalaiset rakenteet tulee yleisesti lämmöneristää niin kuin mikä tahansa muukin rakenne. Maan pinnan alla kuitenkin maa-aines itsessään eristää myös lämpöä, joten eristyksen tarve on erilainen kuin ilmaa vasten olevilla rakenteilla. Maan eristyskyky riippuu maa-aineksen koostumuksesta ja kosteudesta. Lisäksi pakkasen määrä vaikuttaa eristyksen tarpeeseen. Tätä kuvaa hyvin routarajan syvyys eripuolilla Suomea (kuvio 1). Mitä syvemmällä maassa ollaan, sitä pienempi on eristyksen tarve.

Maanpinnan alaisia rakenteita on eristetty hyvin erilaisilla tavoilla ja materiaaleilla. Rakennusfysikaalisesti paras tapa olisi niin sanottu käännetty rakenne, missä lämmöneriste sijaitsisi rakennekerroksista uloimmaisimpana kosteussulun ulkopuolella. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 45). Eristekerros voi sijaita myös kantavan rakenteen sisällä tai sisäpuolella. Eristemateriaalin tulee olla tiivistä ja vettä hylkivää. Eristemateriaalia valittaessa tulee huomioida myös sen kiinnittymistapa. Eristeen kiinnike ei saa puhkaista mahdollista kosteuden estävää kerrosta. Eristemateriaalin tulee kestää siihen kohdistuva puristus, sekä kosteuden vaikutus.

2.3.3 Routasuojaus

Routasuojauksessa käytettävien eristemateriaalien tulee olla sellaisia, että ne säilyttävät suunnitellun eristysarvonsa maan alla, kosteissa olosuhteissa suunnitellun elinikänsä ajan. Lisäksi routasuojauksen tulee kestää suunniteltu mekaaninen, kemiallinen, termien ja

biologinen rasitus. Routaeristyksen eristyskykyä mitataan lambda U (λU) arvolla RIL 225-2023 ohjeen mukaisesti. (FinnFoam, i.a.). Routasuojaus tulee asentaa maanpinnan alapuolelle vaakatasoon riittävän etäälle rakenteista. Tällä varmistetaan, ettei routa pääse kiertämään eristeen alapuolelle ja näin vaurioittamaan rakennetta. Routasuojauksen määrä ja mitoitus riippuu pakkasmäärästä. Eripuolilla Suomea on erilaisia routasuojausvaatimuksia (Kuvio 1).



Kuvio 1. Roudan syvyys eripuolilla Suomea (Lepistö, 2009).

2.3.4 Vedeneristys

Maanvastaiset rakenteet tulee aina eristää kosteudelta. Veden paineen rasitus voi olla jatkuva tai hetkellistä maaperästä ja olosuhteista johtuen. Yleisin ja paras tapa on eristää rakenne sen ulkopuolelta, mutta joissain tilanteissa tämä ei ole mahdollista. Tyypillisimmin tämä tehdään eristämällä maanvastaiset rakenteet levittämällä niiden pinnalle bitumikermi tai bitumi sively. Kermi toimii samalla vedeneristeenä, ilman- sekä radon sulkuna.

(Katepal, i.a.). Erityisesti sokkelirakenteissa, joissa veden eristyksen tarve on pienempää pienemmän rasituksen takia, käytetään usein bitumikermin sijaan sokkelilevyä. Sokkelilevy on HDPE-muovista valmistettua nystyrä pintaista levyä, joka asennetaan sokkelin pintaan siten, että ilma pääsee kiertämään nystyröiden välissä. (Katepal, i.a.). Vedeneristys voidaan toteuttaa myös levitettävillä vedeneristeillä tai vedeneristelaasteilla betonin pintaan tai lisäämällä betoni massaan lisäaine, jolla saadaan betonimassasta vesitiivistä. Betoni rakenteiden saumat ovat erityisen arkoja kosteuden tunkeutumiselle ja niiden tiivistäminen onkin erittäin tärkeää.

2.3.5 Betoni

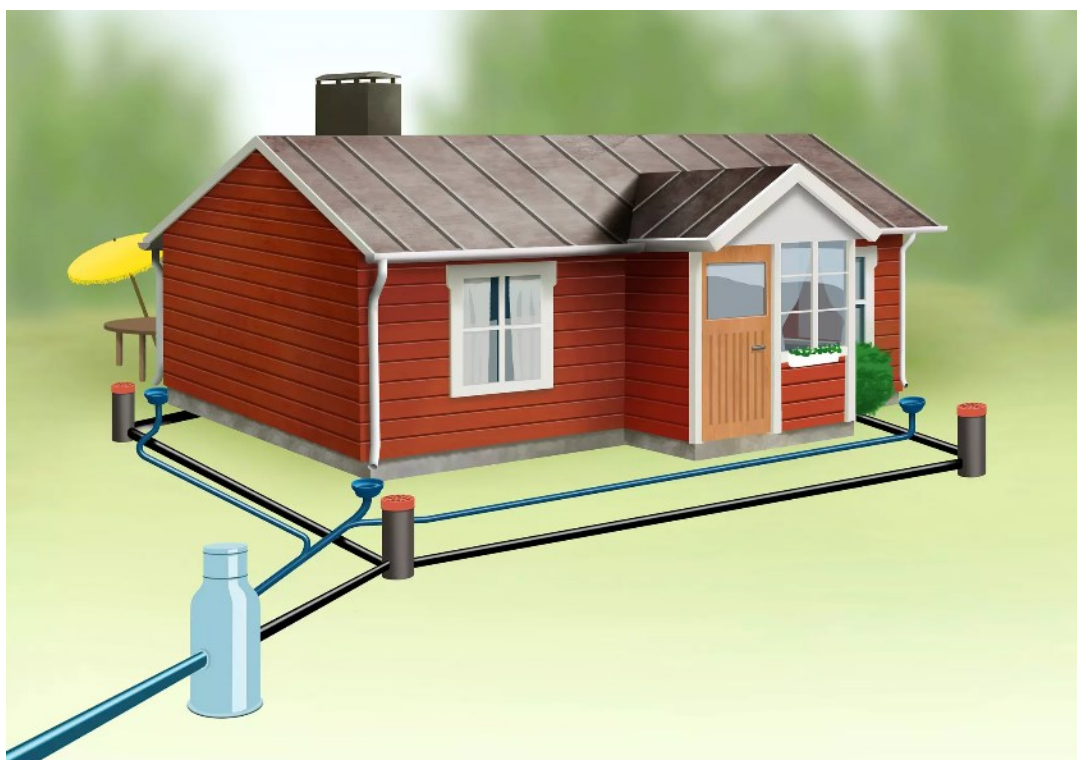
Betoni on yksi yleisimmistä rakennusmateriaaleista ja käytetyin rakennusmateriaali kantavissa ja maata vasten olevissa rakenteissa. (Betoniteollisuus ry, 2018). Sen ominaisuuksia on lukuisia: Helppo muovailtavuus erilaisten muottien avulla, edullinen hinta sekä lujuus ja kosteudenkesto kyky. Betonin erityinen lujuusominaisuus on sen puristuslujuus, joka on yleensä 30–80 MPa. Betonilla voidaan päästä myös erittäin suuriin puristuslujuuksiin, jopa 250 MPa: asti. Kosteudenkestoltaan betoni on erinomainen. Se ei sisällä orgaanista materiaalia, minkä ansiosta se ei toimi mikrobien, esimerkiksi homeiden kasvua mahdollistavana alustana. Tuore betonipinta on myös hyvin emäksinen. Tuoreen betonin PH voi olla jopa 13. (Mapei, i.a.). Tämä estää homekasvua sen pinnalla, sekä estää teräksiä ruostumasta betonipeitteen sisällä. Ajan saatossa betonin pinnalle voi muodostuu kuitenkin likaa ja epäpuhtauksia, minkä ansiosta betonin pintaan saattaa alkaa muodostumaan mikrobikasvustoa samalla tavalla kuin minkä tahansa muun rakennusmateriaalin pinnalle. (Betoniteollisuus ry, 2018).

2.4 Rakenteiden kuivatusjärjestelmät

Rakenteiden kuivatusjärjestelmä käsittävät salaojat, sadevesiputkistot, pumppaamot sekä pintamaiden muotoilun ja oikeanlaisen maa-aineksen. Pintamaat tulee aina ohjata kaatamaan rakennuksesta pois päin, jolloin sadevedet eivät valu rakennusta kohti ja kastele sitä. Maa-aineksena tulee käyttää riittävän suurirakeista kapilaari katkona toimivaa kiviainesta. Suodatinkangasta tulee käyttää eri maa-ainesten tai eri rakeisten kiviainesten välillä, etteivät ne pääse sekoittumaan keskenään.

Salaojitus on tärkeä osa rakenteiden kuivana pysymistä, ohjaamalla maaperässä olevan kosteuden pois rakennuksesta. Salaojajärjestelmä on muovisesta reikäputkesta tehty putkisto, joka kiertää rakennuksen ympäri anturan alapinnan ala- ja ulkopuolella. (Raksystem, 2021). Maassa oleva vesi kulkeutuu putkessa olevien reikien kautta putkeen ja putkien kaadon ansiosta se ohjautuu painovoimaisesti haluttuun suuntaan (kuvio 2). Salaojavesi johdetaan yleisesti joko avo-ojaan tai perusvesikaivoon. Salaojaputkiston ympäristö tulee täyttää salaojasoralla, joka helpottaa veden kulkeutumista putkeen, eikä sisällä hie-noainesta, joka voisi tukkia putken. Katoilta tulevat sadevedet tulee ohjata omaa putkistoaan pitkin pois rakennuksesta eikä sitä saa yhdistää salaojalinjaan. Sadevedet ohjataan myös joko avo-ojiin tai samaan perusvesikaivoon salaojien kanssa.

Pumppaamoja joudutaan käyttämään, mikäli vettä ei voida kuljettaa painovoimaa hyödyn-täen. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun rakenne on pohjaveden pinnan alapuo-llella tai putkistoon ei saada riittävää kaatoa esimerkiksi kallion takia. Pumppaamo tulee ra-kentaa siten, että se on rikon satuttua huollettavissa ja mahdollisesti vaihdettavissa. Kriitti-set paikat, kuten pohjaveden pintaa alentavat pumput tulisi varmistaa vara pumpulla.



Kuvio 2. Havainnekuva rakennuksen kuivatusjärjestelmästä. (Hankivaara, 2015).

2.5 Pohjarakenteet korjauskohteena

Pohjarakenteet ovat haastavia, mutta yleisiä korjauskohteita. Erityisesti routasuojaus ja kuivatusjärjestelmien korjaukset ja parantamiset ovat yleistyneet. Näillä toimilla saadaan pidennettyä maanpinnan alaisten rakenteiden elinikää ja parannettua niiden terveellisyyttä huomattavasti. Kuiva ja lämmin rakenne on miellyttävä ja terveellinen myös pohjarakenteena, kuten muissakin rakenteissa.

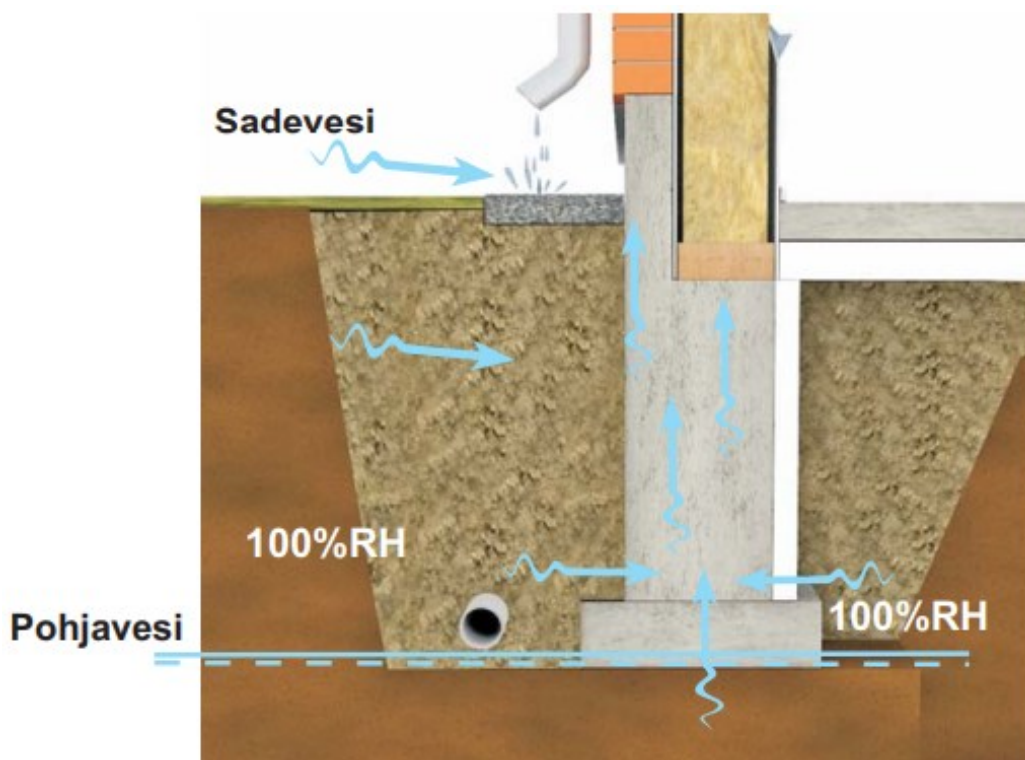
Pohjarakenteiden korjauksen haasteena yleisesti on niiden sijainti maanpinnan alapuolella, sekä koko muun rakennuksen massan makaaminen näiden päällä. Pohjarakenteiden korjaustyöt ovat täten aina työläitä ja kalliita korjauskohteita. Lisäksi ne ovat aina omalaa-tuisia ja yksilöllisiä tapauksia.

Ympäristöministeriön ohje vaatii pohjarakenteiden korjaamisen suunnittelulta erityistä tietä-mystä rakentamisessa käytetyistä materiaaleista, työtavoista ja rakenteista. (Ympäristömi-nisteriö, 2017). Pohjarakenteissa, kuten muissakin rakenteissa tulee alku kunto selvittää riittävällä tarkkuudella ja vakavuudella. Mikäli rakennuksen tai rakenteen käyttötarkoitus muuttuu, tulee sen kantavien osien kunto ja lujuuden riittävyys varmistaa huolellisesti. Mi-käli rakennus tai rakenne on kulttuurihistoriallisesti merkittävä, saattaa tämä aiheuttaa omat vaikeutensa. Suunnittelun lähtökohtana tulee kuitenkin olla ennen kaikkea turvalli-suus ja rakenteiden kestävyys.

Yleisiä ongelmia pohjarakenteissa ovat kosteusongelmat, johtuen rakenteiden sijainnista kosteaa maata vasten. Rakenteiden painuminen sekä rakenteiden lahoaminen tai muu rappeutuminen ovat myös yleisiä pohjarakenteiden ongelmia. Ongelmat voivat näkyä ja vaikuttaa muihin rakenteisiin, jolloin ongelma voidaan helposti havaita. Joitain ongelmia ei voida havaita muulla kuin rakenteita avaamalla tai erinäisillä mittauksilla.

Kosteustekniset ongelmat ovat hyvin yleisiä ja niitä korjataan paljon. Ne johtuvat usein puuttuvasta tai huonosta veden eristyksestä kostean maaperän ja rakenteen välillä (kuvio 3). Erilaiset vuodot vesikatossa tai viemäri- ja käyttövesiverkostossa aiheuttavat myös kos-teusvaurioita. Maaperän kuivatuksella ja oikeanlaisella kapilaarikatkolla saadaan pidennet-tyä pohjarakenteiden elinikää huomattavasti. (Betoniteollisuus ry, 2018).

Maanalaisten betonirakenteiden, kuten muidenkin betonirakenteiden ajan tuoma riski on karbonatisoituminen ja siitä seuraava korroosio betoniteräksissä. (Mapei, i.a.). Karbonatisoituminen on tavallinen ilmiö, jolloin ilman hiilidioksidi pääsee tunkeutumaan betonirakenteeseen ja laskemaan sen PH-arvoa. PH:n laskiessa raudoituksen ympäriltä alle 9, alkavat teräkset ruostua eli tapahtuu korroosiota. Terästen ruostuessa, niiden lujuus heikkenee sekä ruostekerros saattaa lohkaista betonipinnasta paloja irti.

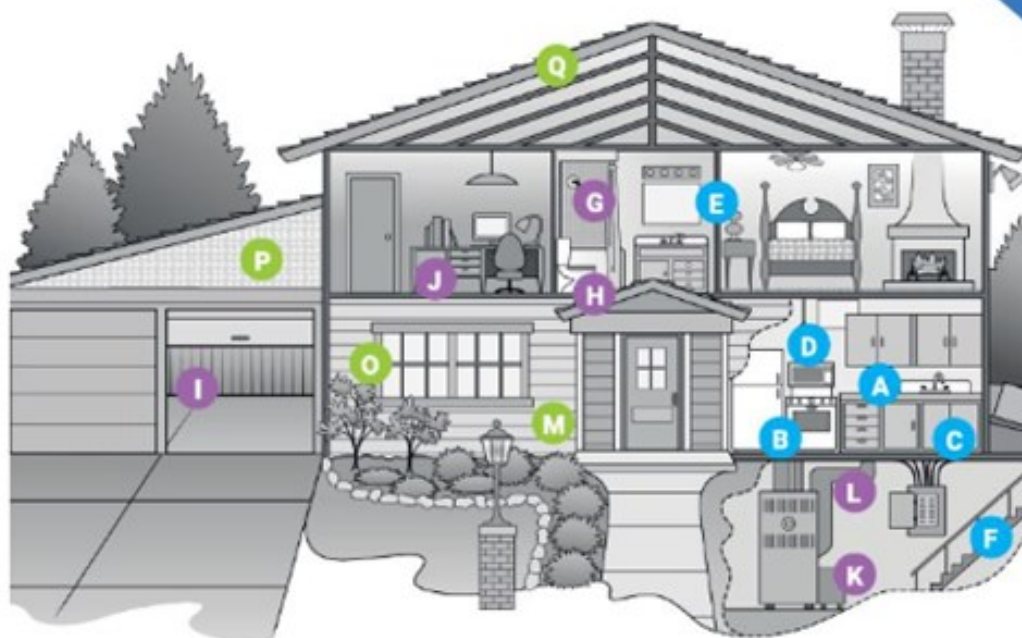


Kuvio 3. Havainnekuva sokkelin kosteusrasituksesta. (Heikkinen, i.a.).

Asbesti on aina korjauskohteissa huomioitava asia ja haitta-aine kartoitus tulee teettää aina ennen korjaustoimiin ryhtymistä, mikäli rakennus on rakennettu ennen vuotta 1994. (Suomen haitta-ainekartoitus Oy, i.a.). Asbesti on enemmänkin sisäpuolien ongelma kuin pohjarakenteiden, mutta löytyy sitä tietyn ikäisistä rakennuksista myös pohjarakenteista (kuvio 4). Pohjarakenteissa asbestia ei esiinny isoissa määrin. Yleisimmin pohjarakenteissa erilaisissa putkissa tai niiden eristeissä, sekä mahdollisissa rakennuslevyissä sekä betonissa ja rappauslaasteissa.

YLEISIÄ ASBESTIN LÖYDÖSPAIKKOJA

Haitta-
ainekartoitus.fi



A	Keittiön välitilan laatoitus	G	Märkätilojen laatoitus ja tasoitteet	M	Julkisivulevyt
B	Keittiön laatat	H	Märkätilojen lattiat ja muovimatot	O	Betoni
C	Keittiön muovimatot ja niiden pohjarakenteet	I	Autotallin lattiat ja seinät	P	Seinäpinnoitteet ja rappauslaastit
D	Keittiön liesituulettimesta lähtevät kantikanavat	J	Parkettien liimat ja tasoitteet	Q	Vesikatot
E	Väliseinien tasoitteet	K	Kellarikerroksen seinät ja lattia		
F	Portaiden rakenteet ja muovimatot	L	Lämpölinjan eristemassa		

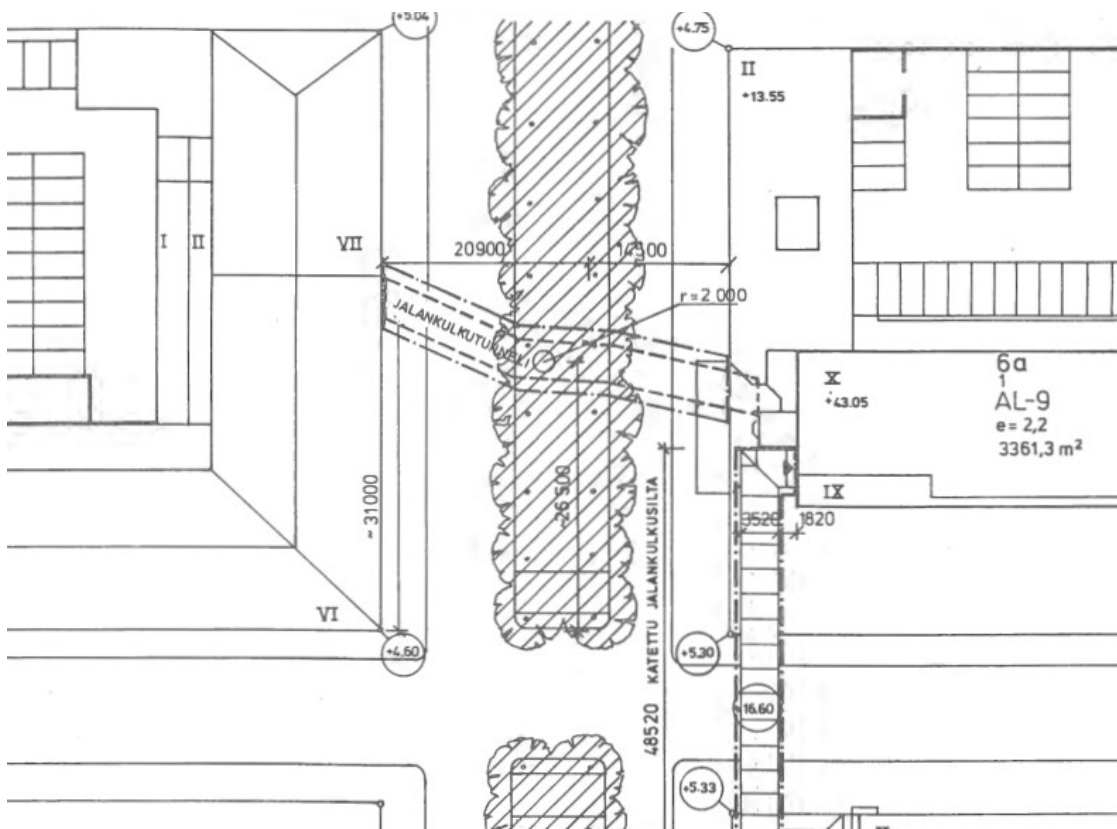
Kuvio 4. Asbestin sijainteja. (Suomen haitta-ainekartoitus Oy, i.a.).

3 TUNNELIRAKENNE MAANPINNAN ALAPUOLELLA

3.1 Tunneli ja sen käyttötarkoitus

Opinnäytetyössä käsiteltävä tunneli on vuosina 1988–1989 rakennettu kävelytunneli, joka yhdistää kaksi erillistä rakennusta toisiinsa (kuva 2). Molemmat rakennukset ovat olleet valmiina ja tunneli on jälkikäteen rakennettu näiden välille yhdistämään ne toisiinsa. Tunnelille ei ole tehty muutostoimenpiteitä vaan se on pidetty alkuperäisessä asussaan. Myöskään suurempia korjaustoimenpiteitä sille ei ole tehty.

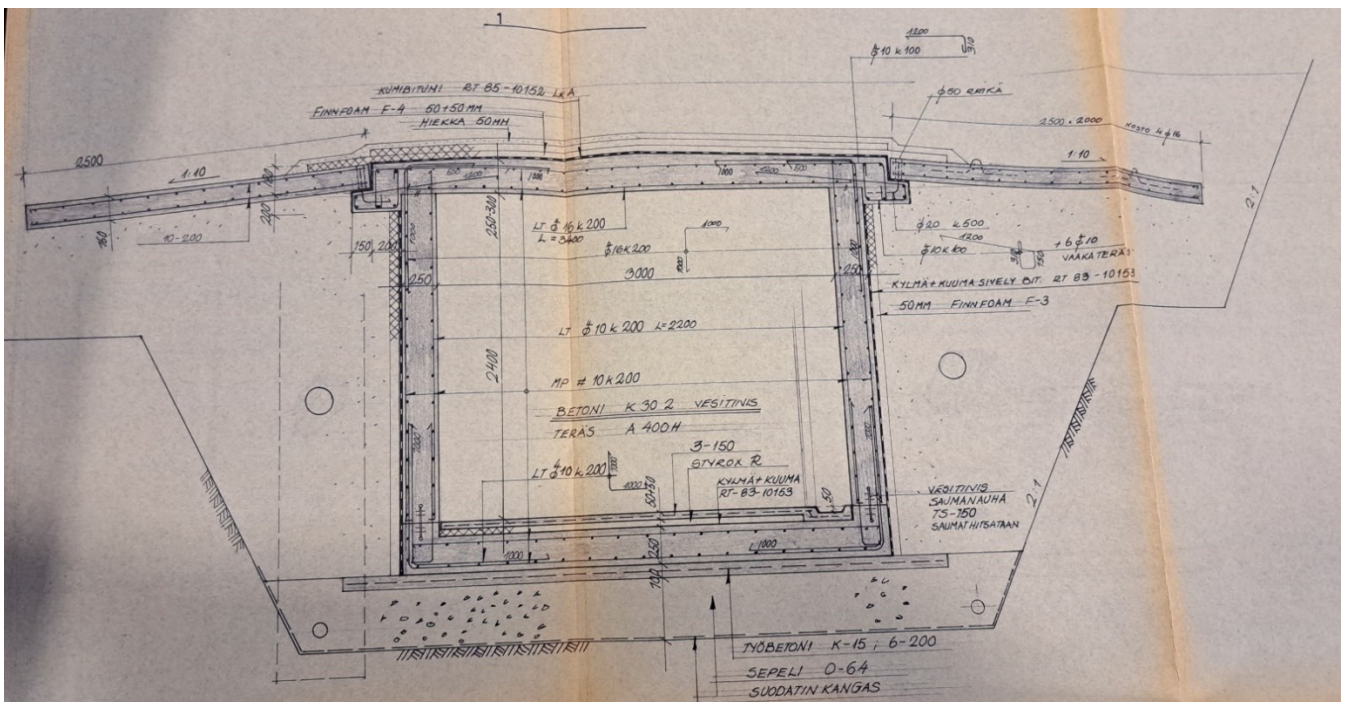
Tunneli sijaitsee kaupungin ydinkeskustassa vilkkaan puistikkokadun alapuolella. Puistikko tunnelin yllä on tarkoitettu sekä kävely- että ajoneuvoliikenteelle. Katu on remontoitu vuonna 2022 ja samalla sinne on asennettu sulanapitoputkistot ja mukulakiveys uusittu. Tunnelin molempien päiden veden- ja lämmöneristystä on korjattu katuremontin yhteydessä. Koko tunnelin vierustaa ei kuitenkaan avattu tuolloin, vaan ainoastaan kävelykadun alle jäävä osuus.



Kuva 2. Kuvakaappaus tunnelin asemapiirustuksesta

3.2 Rakennustapa

Tunneli on kauttaaltaan betonirakenteinen ja ulkopuolelta vedeneristetty bitumisivelyllä. Tunnelin pohjalla on työvalu, jonka päälle tunneli on rakennettu. Rakenne on kokonaisuudessaan routarajan alapuolella, joten erillistä routasuojaa ei ole, mutta rakenteen päällä on 100 millimetriä EPS-eristettä estämään lämmön haihtumista ylöspäin. Ulkoseinillä on 50 millimetriä EPS-eristettä kantavan rakenteen ulkopinnassa. Lattian pintamateriaalin alta löytyy 50 millimetriä paksu lattiavalu. Lattiavalun ja runkovalun välissä on 50 millimetriä paksu EPS-eriste.

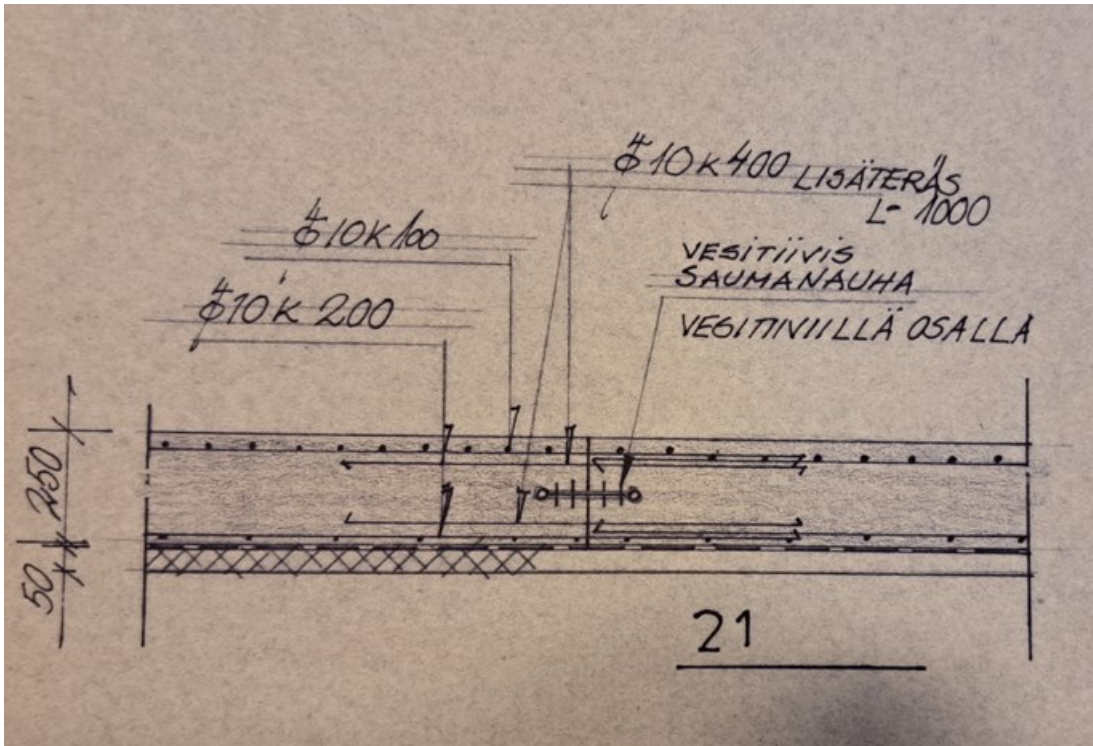


Kuva 3. Tunnelin leikkaus piirustus

3.3 Runkorakenteet ja vedeneristys

Tunnelin pohja ja seinärakenteet ovat paksuudeltaan 250 millimetriä ja betonimassana on käytetty K30 vesitiivistä betonia. Tunnelin seinät, lattia ja katto muodostavat yhtenäisen putkimallisen rakenteen. Kantavan rungon ulkopintaan on levitetty kylmä + kuuma bitumisively. Kattorakenteiden päälle on levitetty bitumikermiä. Työsaumat ja seinälaattaliitokset on tiivistetty vesitiiviillä saumanauhalla. Rauditus on asennettu kantavissa rakenteissa sekä sisä- että ulkopuolille. Teräksenä on käytetty 10 millimetriä A400H harjaterästä,

joiden jakoväli on pääteräksissä 100 millimetriä ja jakoteräksissä 200 millimetriä. Kehä-teräksinä ala- ja ylälaatasissa kiittää kaksi 16 millimetriä harjaterästä.



Kuva 4. Työsauman detajli piirustus

3.4 Sisäpuoliset rakenteet

Sisäpuolelta tunneli on alkuperäisessä 80-luvun tyyliinsään. Lattialla punainen kokolattiamatto ja seinät sekä katto ovat keltaiset. Seinillä olevat lämpöpatterit ovat upotettuina omiin syvennyksiinsä. Tunnelin eteläinen seinä on suoraan betoninen ulkoseinä, joka on maalattu. Tunnelin toisella puolella kulkeva seinä on peltirunkoinen ja levy pintainen. Levyinä on käytetty 13 millimetriä kipsilevyä ja toisena kerroksena 13 millimetriä riksilevyä (kuva 24). Tämä kevyt seinä jättää taakseen noin 200 millimetriä leveän tilan talotekniikalle. Katto on kaarevan muotoinen kipsipintainen ja teräsrankainen alas laskettu katto.



Kuva 5. Tunnelin sisäpuoli



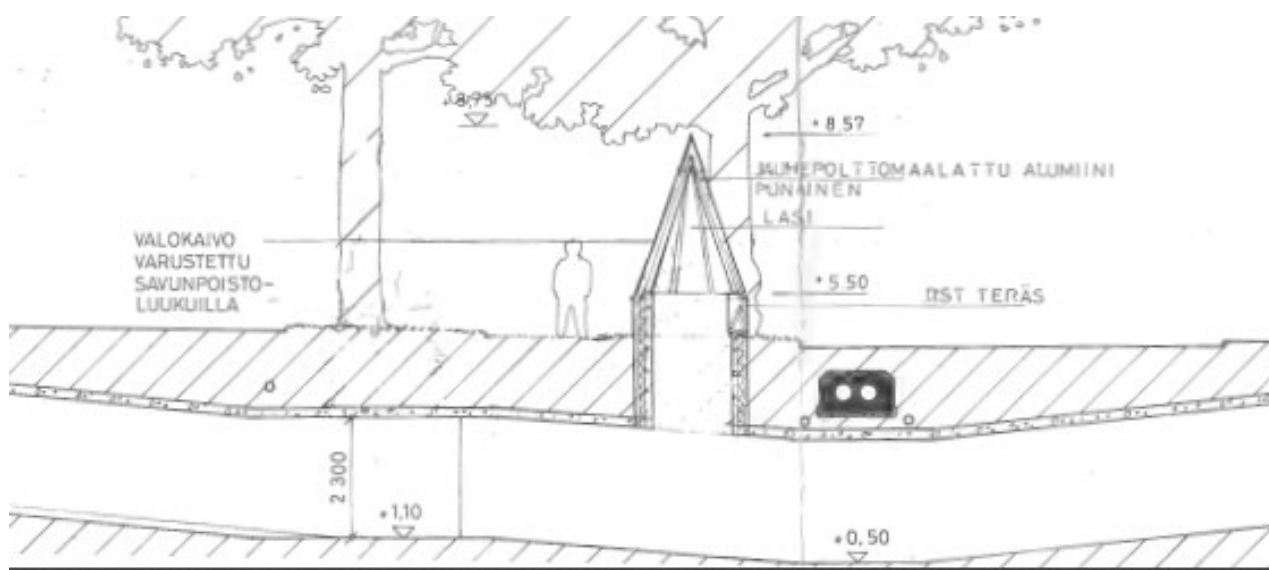
Kuva 6. Tunnelin lämpöpatterit

3.5 Valokaivo tunnelin päällä

Tunnelin maamerkinä on keskellä puistikkoa kohoava alumiinirunkoinen lasi pyramidi. Pyramidin tarkoitus on tuoda valoa tunneliin, sekä toimia savunpoistoluukkuna ja maamerkinä. Valokaivon alaosa on betonirunkoinen ja ruostumattomasta teräksestä tehdyllä levyllä päällystetty.



Kuva 7. Valokaivo kadulla



Kuva 8. Kuvakaappaus valokaivon piirustuksesta



Kuva 9. Valokaivo alhaaltapäin

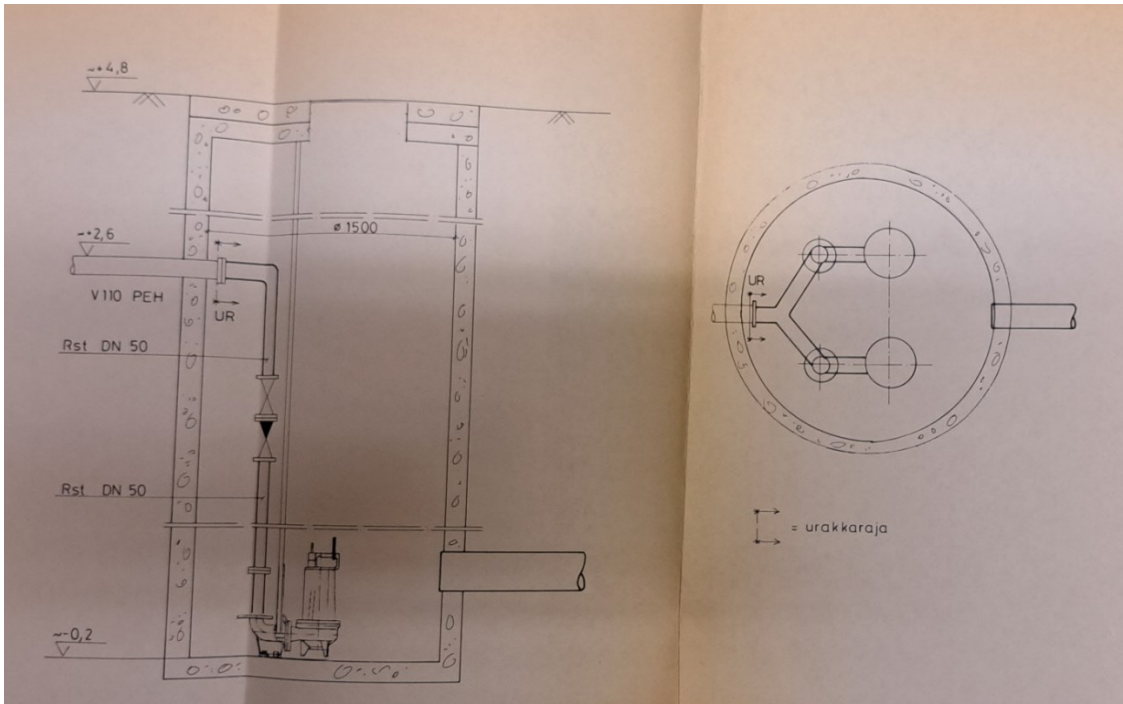


Kuva 10. Savunpoistoluukku kadulla

3.6 Kuivatusjärjestelmä

Tunnelin alimmassa kohdassa sijaitsee perusvesipumppaamo, jonka pohjan korkeus on +1,30 metriä merenpinnasta. Tunnelia ei ole suunniteltu pidettävän kokonaisuudessaan kuivana vaan se on suunniteltu vesitiiviiksi ja pohjaveden tasoa on ollut tarkoitus laskea tasoon +1,60 metriä merenpinnasta. Pumppaamo on betonirunkoinen ja varustettu kahdella uppopumpulla. Salaojat kiertää rakenteen molemmilla puolilla ja ovat toteutettu opposalaoja periaatteella. Perusvedet johdetaan kaupungin sadevesiviemäriin.

Rakennettuun viemäriin on liitetty tunnelin salaojien lisäksi kaikki tunnelin katkaisemat kadun ja kaukolämmön salaojat.



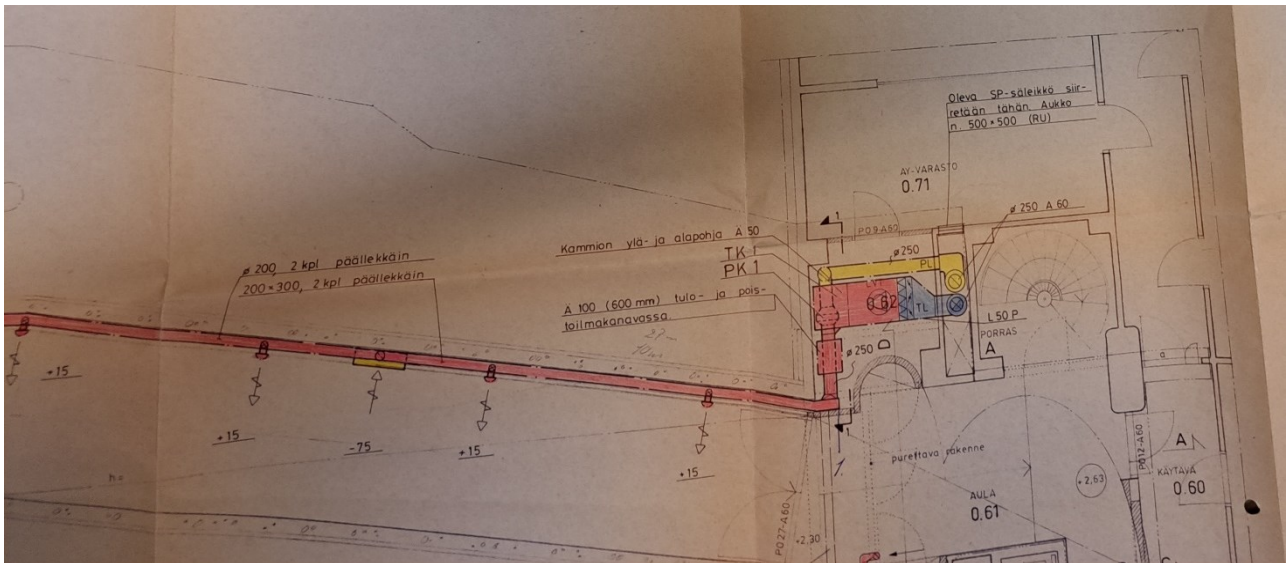
Kuva 11. Pumppukaivon leikkaus piirustus



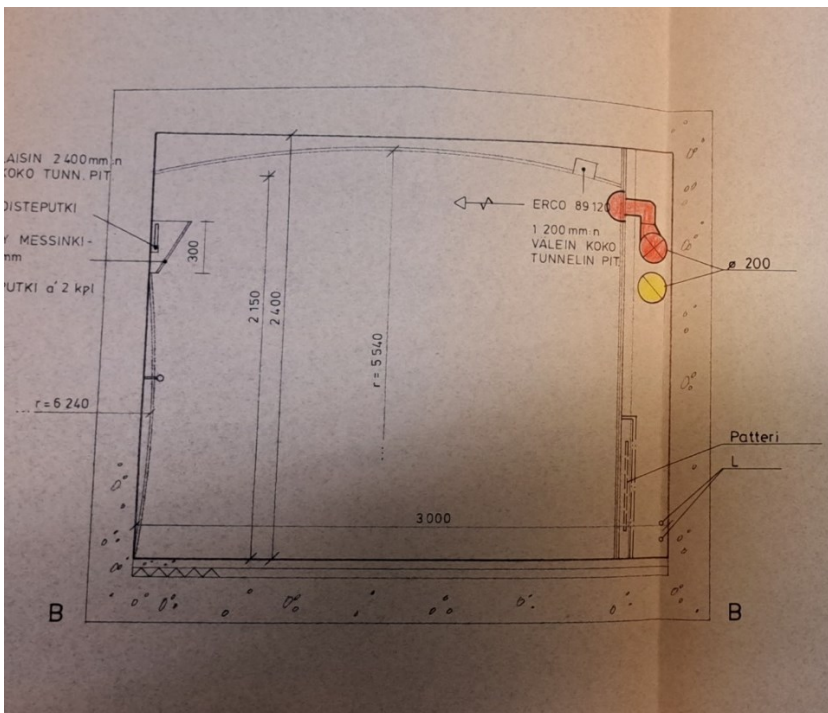
Kuva 12. Pumppukaivon sijainti kadulla

3.7 Ilmanvaihto ja lämmitys

Tunnelissa on koneellinen ilmanvaihto, jonka ilmanvaihtokoneet sijaitsevat tunnelin toisessa päässä olevan rakennuksen kellarikerroksessa. Ilmanvaihtokanavat kulkevat tunnelin toisella seinustalla seinärungon takana. Sekä tulo- että poistokanava ovat halkaisijaltaan 200 millimetriä. Lämmitys tunnelissa tapahtuu vesikiertoisten patterien avulla, joiden putkitukset kulkevat saman seinän takana kuin ilmanvaihto.



Kuva 13. Ilmanvaihdon piirustus



Kuva 14. Ilmanvaihdon leikkauspiirustus

4 TUNNELIRAKENTEEN KUNTOTUTKIMUS

4.1 Lähtötiedot ja tutkimusmenetelmät

Rakenteelle teetettiin asianmukainen kuntotutkimus ulkopuolista toimijaa käyttäen. Lähtötietoina tutkimukseen käytettiin vanhoja piirustuksia sekä henkilöhaastattelujen antamia tietoja. Tutkimus suoritettiin tekemällä rakenne avauksia, kuten kuvassa 15, kosteusmittauksia, aistinvaraisia havaintoja sekä ottamalla laboratorionäytteitä. Rakenne avauksia tehtiin seiniin, kattoon ja alapohjaan.

Lähtötietojen mukaan tunneliin on päässyt nousemaan vesi lattialle sähkökatkosta aiheutuneen uppopumppujen sammumisen myötä viimeisen vuoden aikana. Vesi on noussut tunnelin alimmassa kohdassa noin 20 senttimetriä korkealle. Tunnelin sisäpuolelle ei ole tehty korjaustoimenpiteitä missään vaiheessa sen elinkaarta. Katuremontin yhteydessä on tunnelin molempien päiden eristystä lisätty uudella bitumikermi kerroksella, sekä XPS-eristeellä.



Kuva 15. Rakenneavaus tunnelin rankarunkoisessa seinässä

4.2 Haitta-aine kartoitus

Kuntotutkimuksen yhteydessä otettiin rakenteesta useita näytepaloja eripuolilta rakennetta. Laboratorio tulosten perusteella rakenteessa ei havaittu asbestia tai PAH-yhdisteitä. Asbestinäyte otettiin viidestä eri paikasta ja PAH-näyte alapohjan pikisivellystä.

4.3 Rakenteiden kunto

4.3.1 Seinät

Kantavien betonisten seinien kunto osoittautui hyväksi. Rakenteet olivat pääsääntöisesti täysin kuivia. Pieniä maalin kosteudesta aiheutuvia pullistumia ja rapistumia oli havaittavassa rakenteiden liitos- ja saumakohdissa (kuva 16 ja 17). Rankarunkoisen seinän alapää oli selvästi vaurioitunut tunnelin alimman osan alueelta kosteuden ansiosta. Tämä johtunee mitä ilmeisimmin aiemmin tapahtuneesta vesivahingosta.



Kuva 16. Maali rapistunut betoniseinällä



Kuva 17. Maali rapistunut betoniseinän sauma-alueella



Kuva 18. Rankarunkoisen seinän kerrokset

4.3.2 Katto

Kattorakenteet olivat kuivat, eikä merkkejä kosteudesta tai muista vaurioista havaittu (kuva 20). Valokaivon ympärillä havaittiin kipsilevyn saumojen repeilyä, kuten kuvassa 19, mutta sielläkään ei ollut kosteudesta havaintoja. Katto tutkittiin parin tarkastusreiän kautta ja todettiin, etteivät isommat rakenneavaukset ole tarpeellisia.



Kuva 19. Katon kipsilevysaumat halkeilleet valokaivon lähetyvillä



Kuva 20. Alakaton yläpuoli näyttää kuivalta

4.3.3 Alapohja

Tunnelin alapohja tutkittiin poraamalla timanttikoralla pintalaattaan reikä eristetilaa asti (kuva 21). Pintavalun alapuolinen EPS-eriste havaittiin kosteaksi tunnelin alimmasta kohdasta. Ylempänä tunnelissa tehdystä koeporauksesta ei havaittu kosteutta, jolloin voidaan päätellä, että kosteus eristetilassa saattaa johtua aiemmin tapahtuneesta vesivahingosta. Koeporauksista havaittiin myös, ettei pintavalun paksuus ole täysin vakio.



Kuva 21. Pintavaluun porattiin tarkastusreikä, mistä päästiin näkemään eristetila sekä ottamaan näytepalat

5 TUNNELIRAKENTEEN KORJAUSSUUNNITELMA

5.1 Korjaussuunnitelman lähtökohta

Yleisesti maanalaiset rakenteet kuten tunnelit, sokkelit ja anturat korjataan ja eristetään ulkoapäin, mikä on rakennusteknisesti usein helpoin ja rakennusfysikaalisesti paras ratkaisu. Ulkoapäin korjaaminen on usein myös halvin ja ainoa vaihtoehto.

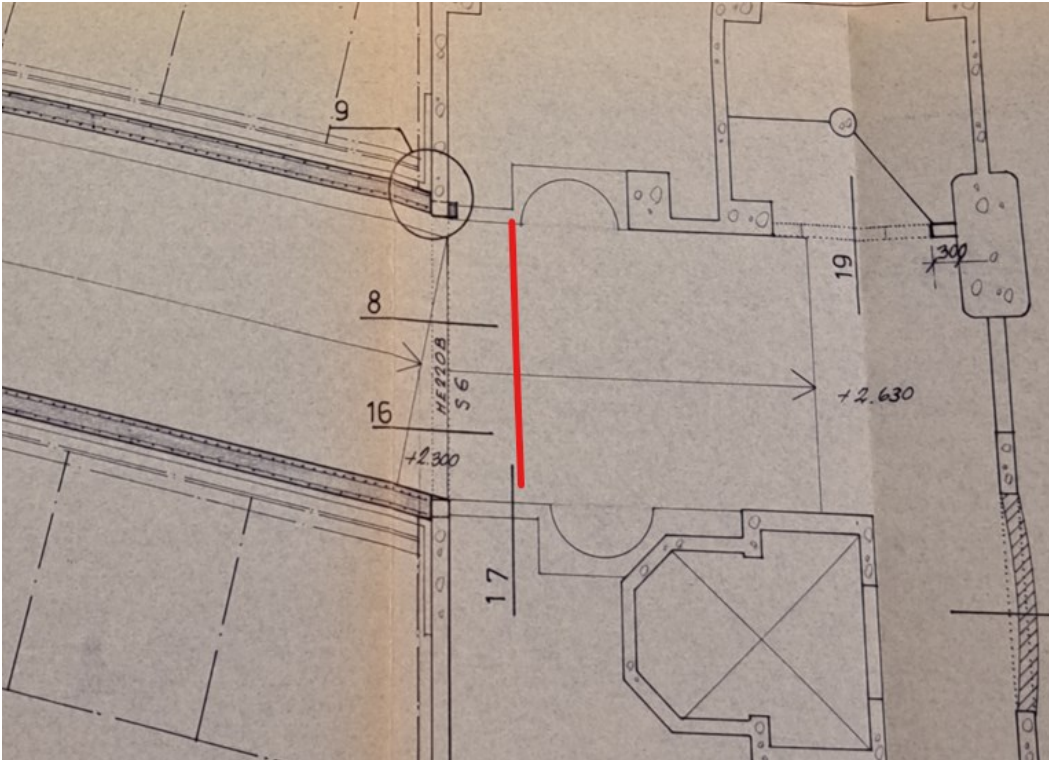
Tässä kyseisessä kohteessa ulkoapäin rakenteen korjaaminen ei ollut vaihtoehto. Tunnelin sijainti vilkkaan puistikko kadun alla ja yli 4 metrin syvyydessä luo haasteen. Vaikka korjaus tehtäisiinkin ajokaista kerrallaan, tulisi tie olla poikki pitkän aikaa. Kadun alla kulkeva tekniikka estää tai vaikeuttaa kaivantojen tuentaa esim. ponttiseinien avulla, joten kaivannon koko kasvaisi todella suureksi.

Kuntotutkimuksen perusteella havaittiin, etteivät vauriot rakenteessa ole kovin suuria, joten ei ole perusteltua lähteä turhaan tekemään suuria korjauksia hyväkuntoiseen rakenteeseen. Korjaus toteutetaan sisältäpäin ja ainoa isompi muutos tulee olemaan rankarunkoisen seinän rakentaminen tunnelin molemmille reunoille ainoastaan toisen seinän sijaan.

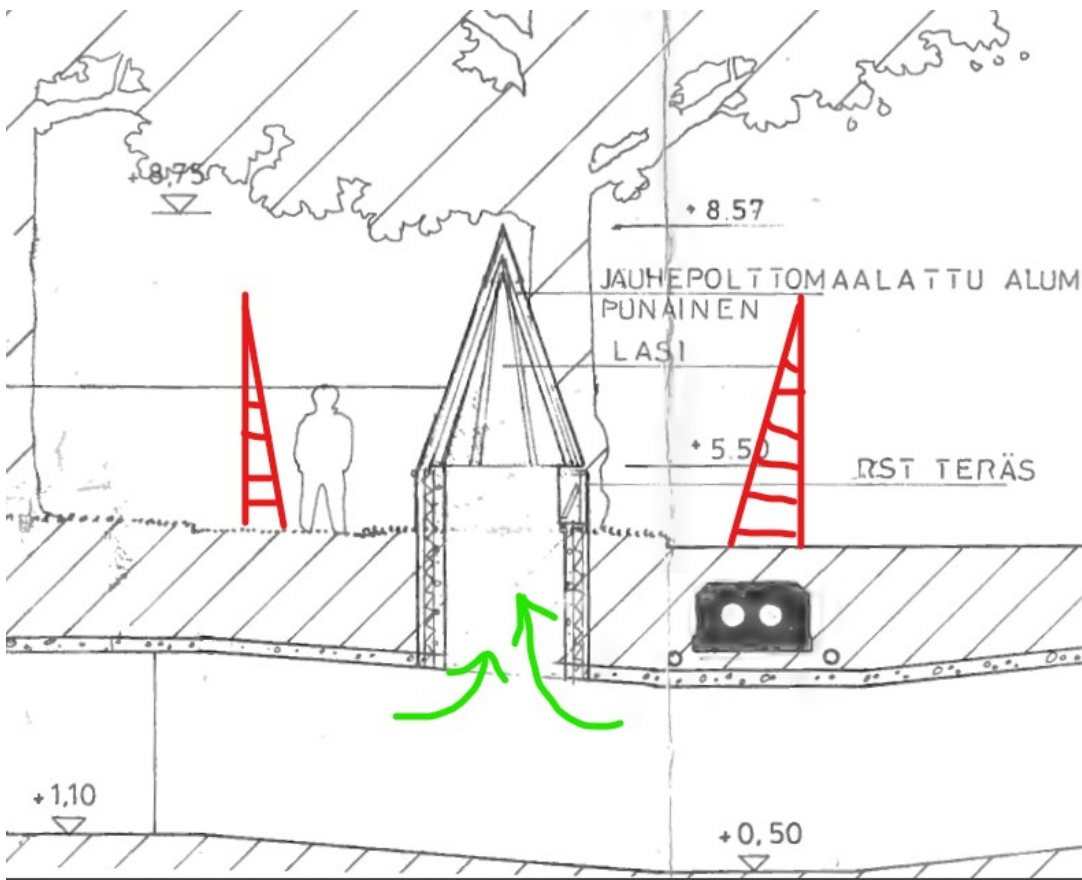
Näistä syistä päädyttiin ratkaisuun korjata tunneli sisältäpäin seuraavin tavoin.

5.2 Valmisteluvaihe

Purkua ennen tulee tehdä riittävät valmistelut. Kulku valmiiksi remontoituun rakennukseen tulee estää ja käytävän pää tulee tukkia pölytiivisti (kuvio 5). Tämä toteutetaan puurungolla ja vanerilevyllä tehdyllä suojaseinällä. Seinän ja suojaseinän väliin asennetaan solumuovikaista tiivisteeksi, ettei pöly pääse kulkeutumaan sen toiselle puolelle. Sähköt ja vedet tulee katkaista tunnelista. Työnaikainen sähkö sekä valaistus voidaan vetää tunnelin kanssa samaan aikaan korjattavasta rakennuksesta. Pölynpoisto voidaan järjestää tunnelin keskellä olevan valokaivon kautta. Valokaivosta voidaan ottaa lasi tai pari irti ja korvata vanerilevyllä, jossa on reiät kanavapuhaltimille. Valokaivon ympärille maanpinnalle tulee rakentaa riittävät suojaseinät estämään ulkopuolisia henkilöitä menemästä liian lähelle kaivoa (kuvio 6).



Kuvio 5. Suojaseinän rakennuskohta valmiin rakennuksen puolella

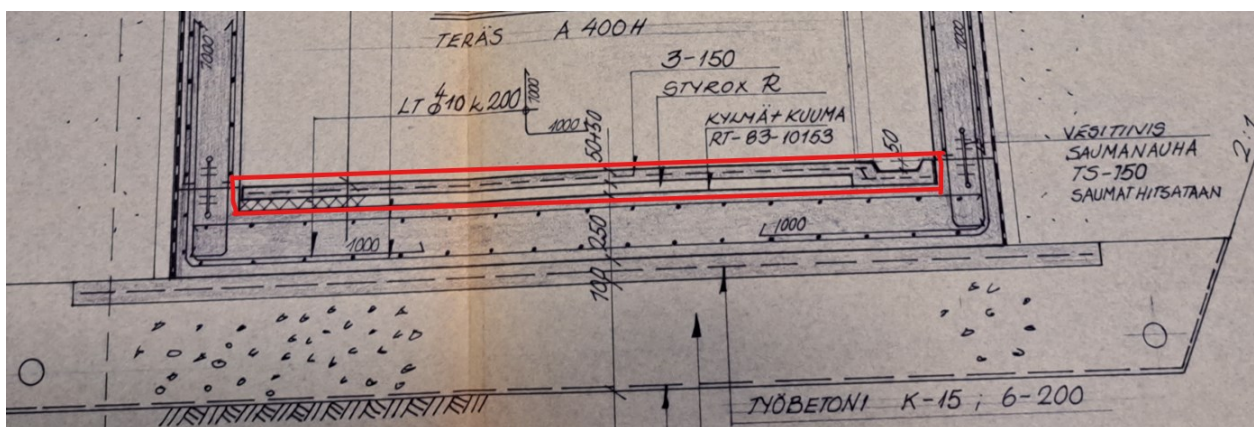


Kuvio 6. Valokaivon ympärille rakennetaan suojaseinät ja valokaivon kautta johdetaan pölynpoisto tunnelista rakennusaikana

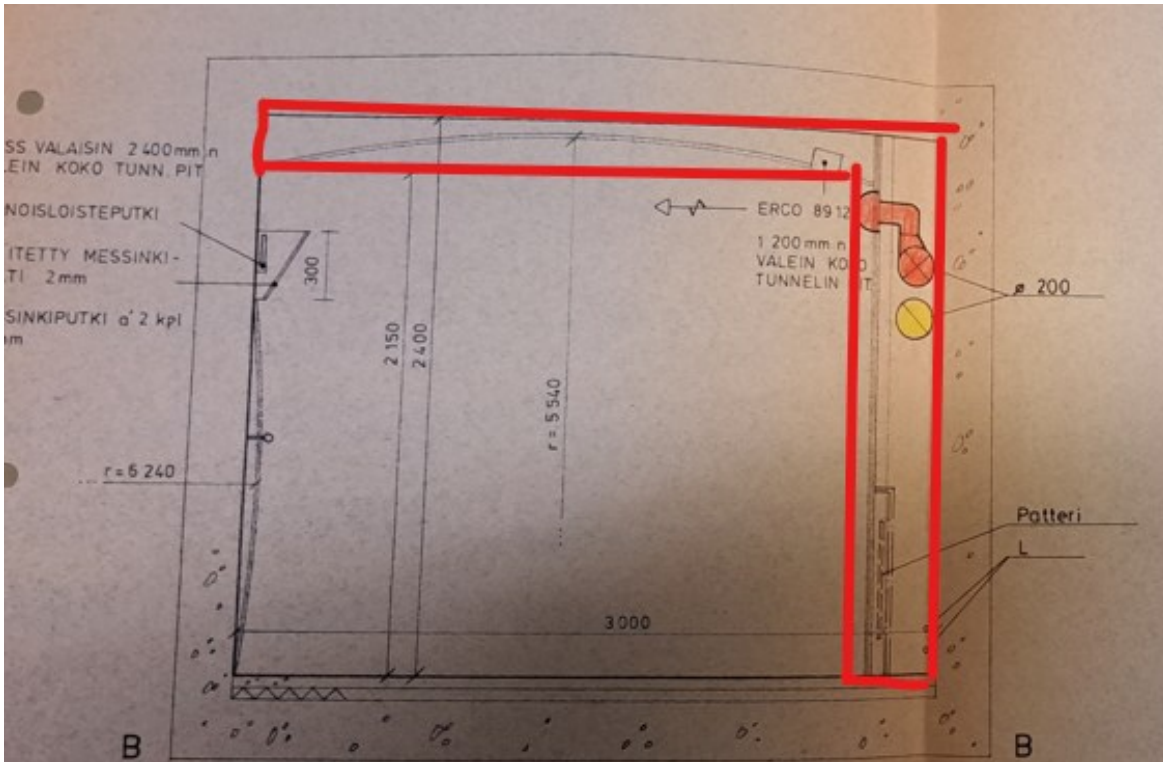
5.3 Purkuvaihe

Tunnelin sisäpuoli puretaan kokonaisuudessaan betoni pinnalle. Myös talotekniikka puretaan kokonaan pois. Lattiassa maton alla sijaitseva pintalaatta puretaan, sekä eristeet poistetaan. Lattian pintavalua ei tarvitse purkaa kokonaisuudessaan pois vaan ainoastaan tunnelin alin kohta, aina niin ylös kuin eristeen havaitaan kastuneen laatan alla. Kaikki betonipinnat jyrsitään puhtaaksi sekä seinien että alapohjan osalta. Lattian eristeiden alla sijaitseva bitumisively jyrsitään myös pois. Purettu materiaali kuljetetaan pois viereisen rakennuksen kellarikerroksen kautta.

Purku aloitetaan kevyiden rakenteiden purulla. Levyt irrotetaan seinästä ja katosta käsityökaluja käyttäen. Levyjen purun yhteydessä puretaan peltirankaiset rungot seinistä ja katosta (Kuvio 8). Purku tapahtuu koko tunnelin pituudelta. Vanhat ilmanvaihtokanavat sekä patterilinjat puretaan tässä kohtaa. Tämän jälkeen piikataan pintavalu pois lattian alimmasta kohdasta ja seinäpinnat jyrsitään betonipinnalle (kuvio 7). Erityisesti piikkaus- ja jyr-sintävaiheissa tulee pölynpoistoon kiinnittää erityistä huomiota.



Kuvio 7. Tunnelin pohjalta pois purettava osa



Kuvio 8. Koko tunnelin pituudelta pois purettavat levyt ja rankarunkoiset rakenteet, sekä talotekniikka

5.4 Kantavat runkorakenteet

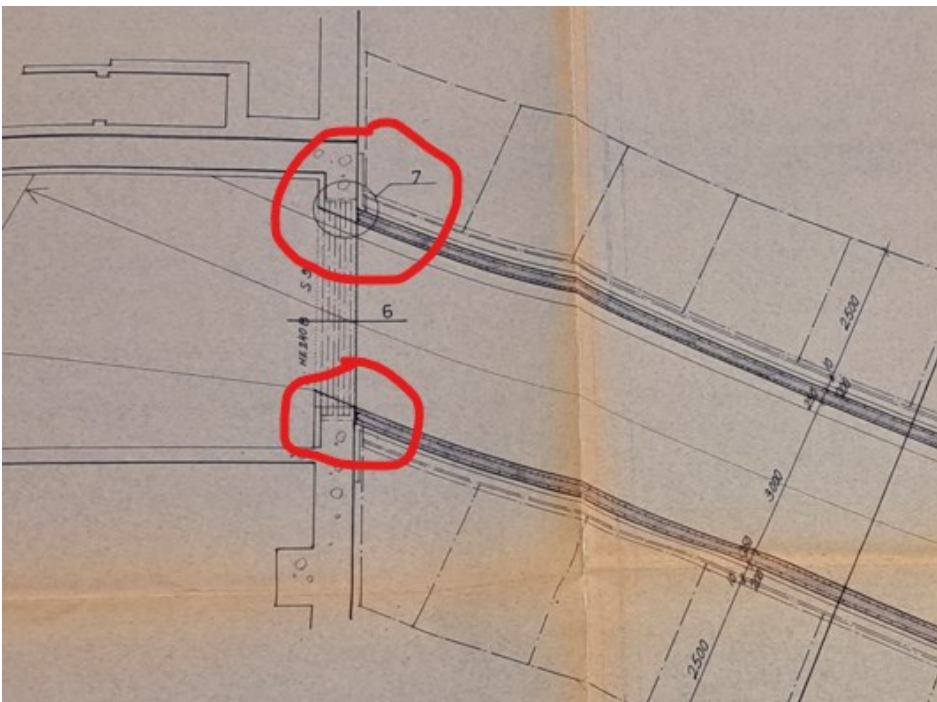
Kantavan runkorakenne todettiin olevan hyvässä kunnossa eikä sille ole tarvetta tehdä suuria toimenpiteitä. Runkorakenteiden mahdolliset halkeamat injektoidaan siihen tarkoitetulla injektointi massalla. Mikäli purkuvaiheessa löytyy rungosta lohkeamia, tulee ne täyttää siihen tarkoitettulla paikkausmateriaalilla. Paikkausmateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi Weber REP45 paikkauslaastia, joka on tarkoitettu juuri betonirakenteiden oikaisuun, täyttöön ja paikkaukseen. (Weber saint-gobain, i.a.). Suositeltu kerrospaksuus laastilla on 5–20 millimetriä ja yksittäiset täytöt 50 millimetriin asti.

5.5 Vedeneristyksen parannus

Tunneli on itsessään melko vesitiivis, eikä vaadi suuria vedeneristeen parannuksia tai toimenpiteitä. Runkorakenteen ulkopuolinen vedeneriste ja vesitiivis betoni itsessään toimivat joitain saumakohtia lukuun ottamatta hyvin. Ainoat paikat, joita tulee lisävedeneristää, on esitetty alla.

Tunnelissa laatan ja seinän saumakohta sekä rakennusten ja tunnelin saumakohtat ovat herkimmät paikat kosteuden tunkeutumiselle, minkä takia nämä saumat tulee injektoida vesitiiviiksi. Laatan ja seinän saumakohta injektoidaan ainoastaan siltä alueelta, mistä pinta-ala on piikattu pois. Rakennusten ja tunnelin saumat injektoidaan pystysaumojen osalta (kuvio 9). Injektoinnissa porataan reikiä sopivin välein rakenteeseen ja injektointiaine suihkutetaan rakenteeseen, muodostaen sinne tiiviin kerroksen. (Parviainen, 2009, s. 95). Tiivistyksessä tiivistysaineena käytetään yleisesti sekä mineraalisia aineita (bentoniitti, silikaatti, sementti) että muovipohjaisia aineita (akryliihartsigeeli, epoksihartsi ja polyuretaanihartsi). Tiivistysaineen tulee olla geelimäistä tai kosteuden vaikutuksesta turpoavaa, jotta voidaan varmistua yhtenäisen tiiviin kerroksen muodostumisesta rakenteeseen.

Lattiasta poisjyrityn bitumisivelyn tilalle levitetään uusi vedeneriste, joka nostetaan seinille 200 millimetriä. Tämä vedeneristemassa levitetään alalle harjaamalla, ruiskuttamalla tai lastaamalla tuotteen mukaan. Erityistä huolellisuutta tulee käyttää laatan ja seinien nurkassa. Tällainen kapselointi ei poista olemassa olevaa ongelmaa rakenteesta, mutta sen haittavaikutukset eivät pääse kulkeutumaan sisätiloihin. Veden negatiivinen rasitus aiheuttaa haasteen vedeneristeen kiinnittymiselle betonipohjaan, minkä takia kapselointi materiaalin tartuntalujuus on varmistettava.

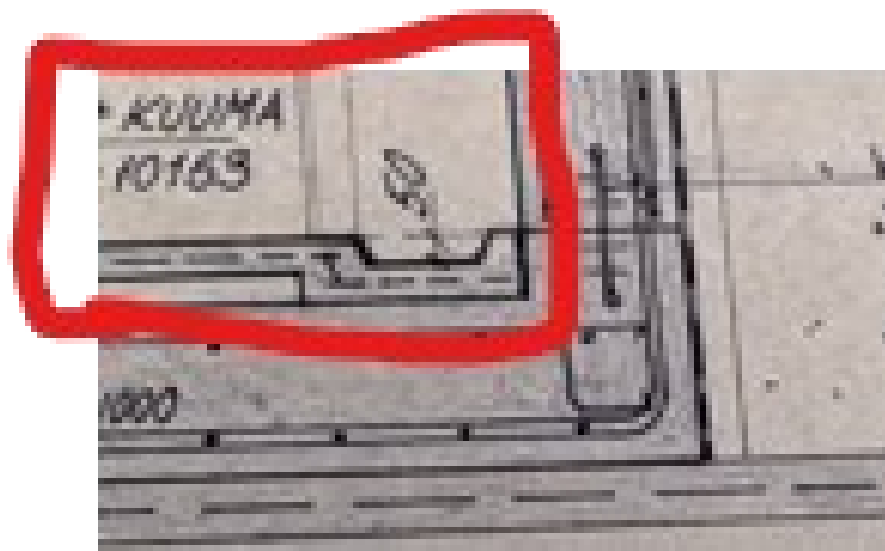


Kuvio 9. Rakennusten ja tunnelin liitoskohdat tulee injektoida vesitiiviiksi pystysaumojen osalta

5.6 Sisäpuolen rakenteet

5.6.1 Alapohja

Alapohjan purettuun osaan asennetaan uusi 50 millimetriä paksu EPS-eriste uuden vedeneristeen päälle. Tämän päälle valetaan uusi pintavalu vanhan poispiikatun tilalle. Pintavaluun tehdään samanlainen vesiura pohjoispuolen reunalle kuin vanhassakin laatasta oli (kuvio 10). Uusi pintavalu tehdään samaan korkoon kuin vanha. Vanhan ja uuden laatan väliin tulee asentaa solumuovinen irroituskaita, kuten myös laatan ja seinän saumaan. Laatasta voidaan käyttää betonimassana lujuusluokaltaan C20/25 betonimassaa, jonka rasitusluokka on XC1. Raudoitteena käytetään 6 millimetristä harjateräsverkkoa.



Kuvio 10. Pintalaatan reunan vesiura

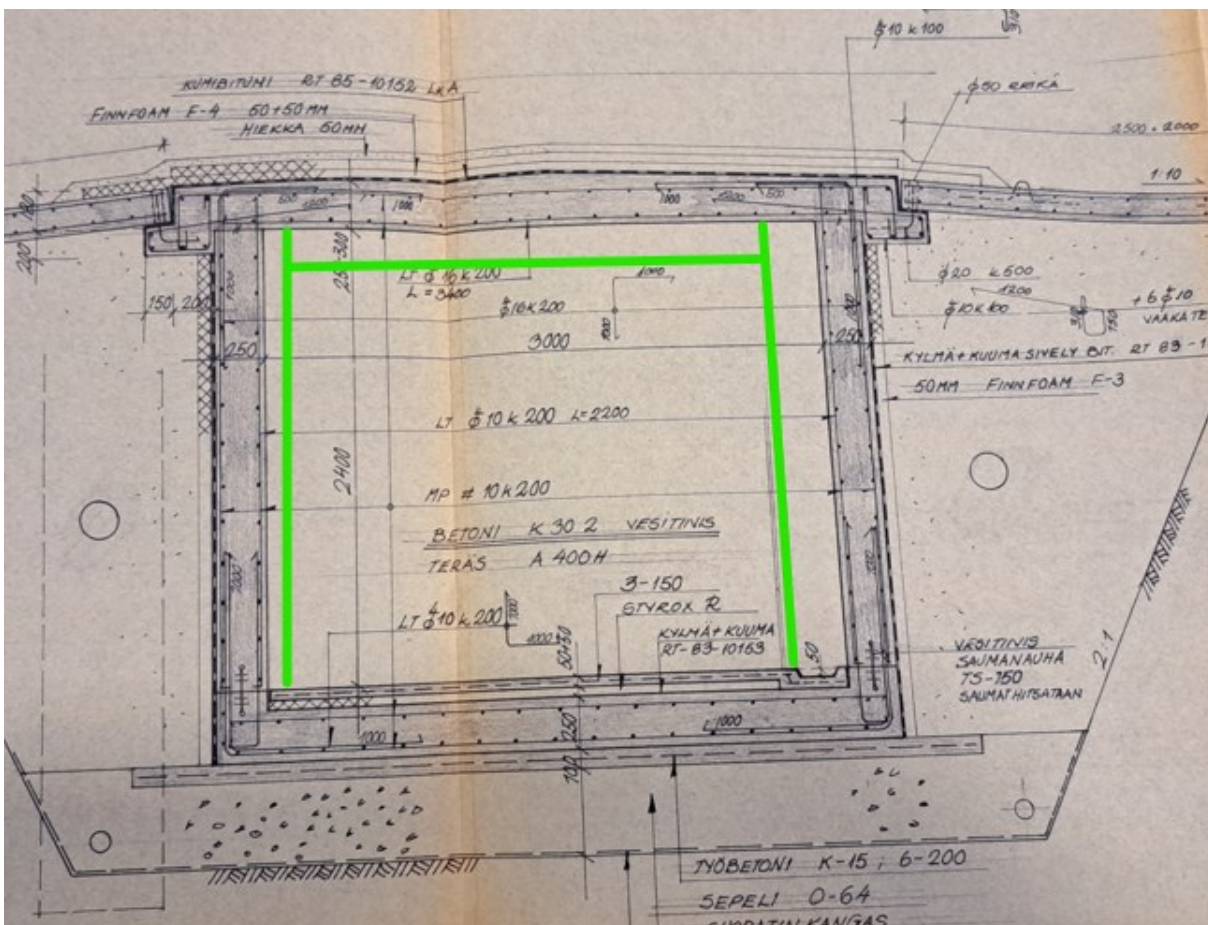
5.6.2 Seinät

Talotekniikka asennetaan lattiavalun jälkeen. Talotekniikan asennuksen jälkeen voidaan rakentaa sisäpuolten uudet seinärungot. Runkorakenne rakennetaan tunnelin molemmille puolille, kun rankarunko oli ennen ainoastaan toisella puolella tunnelia peittäen talotekniikan. Rungot toteutetaan peltirangalla, k600 jaolla sekä tupla kipsilevyllä. Levytys jätetään irti betonisesta katosta noin 150 millimetriä ilman kierron varmistamiseksi. Seinissä tulee huomioida pattereiden tarvitsemat syvennykset. Kipsilevyt voidaan pinnoittaa

sisustussuunnittelijan suunnitelmien mukaan. Peltirangan ja kantavan rungon väliin tulee jäädä riittävä ilmatila ja ilmanvaihtuvuus välissä on varmistettava koneellisesti tunnelin molemmilla puolilla. Tunnelin uusi sisäleveys seinäpinnasta seinäpintaan tulee olemaan noin 2500 millimetriä (kuvio 11).

5.6.3 Katto

Katto toteutetaan alas laskettuna kipsikattona, johon voidaan upottaa käytävän valaisimet valaistussuunnitelman mukaan (kuvio 11). Kattorakenne toteutetaan seinien tapaan peltirangalla. Katon rangat kiinnitetään seinärunkoihin, sekä sille otetaan tartuntoja yläpuolelta betonirakenteesta. Kattorankojen jako tulee olla k400 ja sen korkeus lattiasta tulee varmistaa ennen työn aloitusta. Katon kipsipinta voidaan pinnoittaa sisustussuunnitelmien mukaan.



Kuvio 11. Uudet sisäseinä rungot rakennetaan peltirangasta tunnelin molemmille sivuille

5.7 Talotekniikka

Ilmanvaihto ja lämmitys tehdään kokonaan uudelleen. Putkistojen sijainti tulee pysymään ennallaan tunnelin pohjoisseinustalla uuden seinän takana, mutta ilmanvaihtokoneet tullaan sijoittamaan tunnelin eri päähän toiseen rakennukseen. Tunnelin lämmitysmuotona säilyy edelleen vesikiertoinen patteriverkosto. Pattereille tehdään upotukset seinärunkoon samaan tyyliin kuin vanhassakin rakenteessa. Uusien seinien ja kantavan rungon väliin jäävään tilaan tulee suunnitella poistoilmanvaihto varmistamaan ilman kierto tilassa ja mahdollistamaan rakenteen kuivuminen sisäänpäin. Uppopumput ovat suuressa roolissa tunnelin kuivana pysymisen kannalta, ja ne tuleekin vaihtaa uusiin tai varmistaa vanhojen toiminta ja tiiveys.

5.8 Valokaivo

Valokaivon lasit tulee uusia uusilla mittatarkoilla laseilla ja tiivistää huolellisesti alumiinirunkoa vasten. Alumiininen runko putsataan ja mahdollisesti maalataan. Kaivon päällä oleva hattu käytetään irti ja sen tiivistetään tiivistysmassalla. Savunpoistoluukku tulee uusia ja sen tiiveys ja toimivuus varmistaa. Tarvittaessa savunpoistoluukun tiiveyttä tulee parantaa.



Kuva 22. Valokaivoon tulee vaihtaa uudet ikkunat, sekä ne tulee tiivistää huolellisesti

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia maanalla sijaitsevan jalankulkutunnelin kuntoa ja tehdä sille korjaussuunnitelma. Kosteusvauriot ovat olleet rakenteessa alkuarviota huomattavasti vähäisemmät ja rakenne on rakennettu pääsääntöisesti piirustusten mukaan.

Pieniä kosteudesta johtuvia vaurioita on havaittavissa maalatulla betoniseinällä, mutta niiden laajuus on niin pieni, että tiiviin maalipinnan poistolla mahdollistetaan rakenteen kuivuminen sisäänpäin. Alapohjan ja rankarunkoisen seinän kosteusvauriot johtuvat mitä ilmeisemmin aiemmasta vesivahingosta eikä niinkään rakenteellisista ongelmista. Uppopumpujen merkitys on siis erittäin suuri pohjaveden pinnan säätelyssä, eli niiden jatkuva toimivuus tulee varmistaa.

Opinnäytetyöprosessissa tehtyjä havaintoja ja suunnitelmia voidaan käyttää tulevaisuudessa tunnelin korjauksen suunnittelun ja toteutuksen tukena. Ilman opinnäytetyötä olisi tunnelin tutkiminen luultavasti jäänyt huomattavasti vähäisemmälle ja kohteen muiden kohtien varjoon.

LÄHTEET

Betoniteollisuus. (i.a.) *Betonin ominaisuudet ja käyttö*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/ominaisuudet-ja-edut/>

FinnFoam. (i.a.) *Routaeristys*. <https://finnfoam.fi/kayttokohteet/routaeristys/>

Foamit Oy. (i.a.) *Foamit suunnitteluohje infrarakentamiseen*.

Hankivaara, J. (11.5.2015). *Salaojat: 8 yleisintä kysymystä ja asiantuntijan vastaukset*. Meillä kotona. <https://www.meillakotona.fi/artikkelit/8-kysymysta-salaojat>

Heikkinen, P. (2012). *Tunnista ja tutki riskirakenne*. Kosteus- ja hometalkoot.

Joensuun kaupunki. (i.a.) *Liikkuvan jään jälkiä*. <https://www.joensuu.fi/web/joensuuluonto/liikkuvanjaanjalkia>

Jokimäki, A. (25.2.2010). *Maanalaiset lämpötilamittaukset pintalämpötilan indikaattorina – osa 1*. <https://ilmastotieto.wordpress.com/2010/02/25/maanalaiset-lampotilamittaukset-pintalampotilan-indikaattorina-osa-1/>

Kaiva.fi. (i.a.) *Suomen maaperä*. <https://kaiva.fi/geologia/suomen-maapera/>

Katepal Oy. (i.a.) *Sokkelin veden- ja radoneristys*. <https://katepal.fi/sokkelin-veden-ja-radoneristys/>

Katepal Oy. (i.a.) *Sokkelilevy*. <https://katepal.fi/tuote/sokkeli-levy/?gclid=CjwKCAjwkY2qBhBDEiwAoQXK5bZZOt ucIMVJxyPad-gASKFwFdB2qf8YF4MhEM3PV8 L6fdFvTnWKR0CWmgQAvD BwE>

Kivifakta. (i.a.) *Paalut*. <https://kivifakta.fi/suomea-rakentamassa/paalut/>

Lepistö, V. (2009). *Jälleenrakennuskauden pientalon saneeraustöiden rakennesuunnittelu* [AMK-opinnäytetyö, Rovaniemen ammattikorkeakoulu]. Theseus.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/7336>

Mapei. (i.a.) *Betonin korjaus*.

Meltex. (i.a.) *MX-Pumppukaivon runko 560 mm, muovikannella*. <https://www.meltex.fi/fi/tuote/infra-ja-maanrakentaminen/pumppaamot-pumppukaivot-ja-laitekaivot/mx-pumppukaivot/mx-pk-r-560/mx-pumppukaivon-runko-560mm-muovikannella#/productinfo>

Parviainen, T. (2009). *Maanvastaisten rakenteiden kosteuden hallinta sisäpuolisilla korjausmenetelmillä*. [Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto].

Raksystem Oy. (2019). *Salaojajärjestelmä ja usein kysytyt kysymykset*. <https://raksystems.fi/sanastoa/salaojajarjestelma-ja-usein-kysytyt-kysymykset/>

Rudus Oy. (i.a.) *Oikeat kiviainekset sokkelin täyttöön*. <https://www.rudus.fi/kotipolku/perustukset-ja-runkotyot/tolkkua-tuotevalintaan/oikeat-kiviainekset-sokkelin-sisatayttoon>

Suomen haitta-ainekartoitus Oy. (i.a.) *Asbestikartoitus*. <https://www.haitta-ainekartoitus.fi/asbestikartoitus>

Weber saint-gobain. (i.a.) *Weber REP 45 Paikkauslaasti KOVA*. <https://www.fi.weber/betonituotteet-ja-ratkaisut/betonin-korjauslaastit/weber-rep-45-paikkauslaasti-kova>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140465>

Ympäristöministeriö (2019). *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus*.