



Hirvihaaran ampumaurheilukeskuksen maa-ainesten hyödyntäminen rakentamisessa

Eelis Turta

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TURTA, EELIS:

Hirvihaaran ampumaurheilukeskuksen maa-ainesten hyödyntäminen rakentamisessa

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Marraskuu 2020

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon maa-ainesta on hyödynnettävissä Hirvihaaran ampumaurheilukeskuksen alueella käynnissä olevaa suojavallien rakentamista varten.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kreate Oy:n kiertotalousyksikkö. Yksikkö toimii urakoitsijana Hirvihaaran ampumaurheilukeskuksen suojavallien rakentamisessa.

Opinnäytetyön aiheena on Hirvihaaran ampumaratakeskuksen maa-ainesten hyödyntäminen rakentamisessa. Opinnäytetyössä on esitelty ja laskettu erilaisia vaihtoehtoja sille, kuinka maa-aineksia pystytään hyödyntämään alueella. Opinnäytetyötä varten saadut kustannustiedot vertailua varten on saatu vuoden 2020 aikana syntyneistä kustannuksista. Kauko-ohjattavaa kopteria (drone) hyödynnettiin määrälaskennoissa, minkä myötä määrälaskentaa pystyttiin tekemään mallipohjaisesti.

Tutkimuksen avulla saatiin johtopäätös siitä, että nykyisten pohjatutkimusten perusteella alueelta kannattaisi louhia kiviainesta vallin tukirakenteisiin ja siirtää ampumaratoja, jotta hankkeesta tulisi kustannus- ja aikataulutehokkaampi kuin alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Tukipenkereen rakenteet ovat noin 35 % koko vallin rakenteiden tarkistetusta kustannusarviosta, ja niiden kustannus nykyisen ympäristöluvan puitteissa on alkuperäistä kustannusarviota kalliimpi.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin realistinen arvio siitä, kuinka paljon maa-ainesta olisi hyödynnettävissä alueella rakenteeseen. Tuloksena saatiin myös laadittua alustava vallin siirtosuunnitelma, jonka perusteella alueella sijaitsevien lampien täyttömäärät laskisivat alkuperäisestä. Tutkimuksen pohjalta on mahdollista alkaa suunnittelemaan vallien siirtoa yhteistyössä tilaajan kanssa.

Opinnäytetyö sisältää kustannuslaskentaa, joka on pidetty yrityksen salaisena tietona. Julkaisuersiossa kustannukset on korvattu merkinnällä "xx".

Asiasanat: uusiokäyttö, ampumarata, maa-ainesten hyödyntäminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

TURTA, EELIS:

Utilisation of the Soil of the Hirvihaara Shooting Sports Centre in Construction

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 7 pages
November 2020

The purpose of this study was to find out how much soil can be utilised for the construction of protective barriers in the area of the Hirvihaara shooting sports centre.

Kreate Ltd's Circular Economy Unit acted as the client of this thesis. The unit works as a contractor in the construction of the protective barrier of the Hirvihaara shooting sports centre.

In this thesis, different options for utilising soils in the area were calculated. The cost data obtained for the thesis for comparison has represent the costs incurred during 2020. A remote-controlled helicopter, i.e. a drone, was utilised in the quantity calculations, which allowed the quantity calculation to be carried out on a model basis.

The study led to the conclusion that, on the basis of current ground studies, it would be worth extracting rock material into the existing support structures and moving firing ranges to make the project more effective in terms of time and costs cost-effective and timely efficient than originally planned. The structures supporting the barrier account for approximately 35 % of the revised cost estimate for the structures of the whole area and their cost within the framework of the current environmental permit is lower than the original cost estimate.

As a result of the thesis, a realistic assessment was obtained of how much soil could be utilised in the area for the structure. A preliminary migration plan was also developed, on basis of which the filling volumes of the ponds located in the area would decrease from the original. Based on the study, it is possible to start planning the transfer of the barrier in cooperation with the client.

The thesis includes cost accounting, which has been kept secretly known to the company. In the release version, the costs have been replaced by "xx".

Key words: regeneration, shooting range, exploitation of soils

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 1.1 | Tutkimuksen taustat | 7 |
| 1.2 | Työn tavoitteet | 8 |
| 1.3 | Työn rajaukset | 9 |
| 2 | MÄNTSÄLÄN AMPUMAUURHEILUKESKUS | 10 |
| 2.1 | Rakennushankkeen esittely | 11 |
| 2.2 | Kiertotalouden rooli hankkeessa | 12 |
| 2.3 | Ympäristölupa-asiat | 14 |
| 2.3.1 | Haitta-ainepäästöt | 14 |
| 2.3.2 | Melu ja sen hallinta | 15 |
| 2.3.3 | Ampumapaikkojen madaltamisen maa-aineslupa | 17 |
| 2.4 | Pohjasuhteet ja maaperätiedot | 18 |
| 2.4.1 | Kallion pinnan korkotaso ampumaradoilla 1-3 | 19 |
| 2.5 | Rajoitteet ja haasteet | 19 |
| 3 | SUOJAVALLIEN RAKENTEET | 22 |
| 3.1 | Rakentamisen aikataulu | 23 |
| 3.2 | Rakentamistapa | 24 |
| 3.2.1 | Vallien pohjarakenteet | 24 |
| 3.2.2 | Tukipenkereet ja pengertäytöt | 25 |
| 3.3 | Arvioidut määrät | 26 |
| 3.3.1 | Suojavalli 1 määrät | 27 |
| 3.4 | Suojavalleissa käytettävät materiaalit | 27 |
| 3.4.1 | Neitseelliset maa-ainekset | 28 |
| 3.4.2 | Ylijäämämaa-ainekset | 28 |
| 3.4.3 | Uusiomateriaalit | 29 |
| 4 | MÄÄRÄLASKENTA | 31 |
| 4.1 | Ampumapaikkojen madaltaminen | 33 |
| 4.1.1 | Haulikkorata 1 ja pysäköintialue | 33 |
| 4.1.2 | Haulikkorata 2 | 34 |
| 4.1.3 | Haulikkorata 3 | 35 |
| 4.1.4 | Määrämuutokset | 35 |
| 4.2 | Ampumapaikkojen siirtäminen | 36 |
| 4.2.1 | Tukitäytön määrät nykyisillä suunnitelmilla | 37 |
| 4.2.2 | Tukitäytön määrät uusilla suunnitelmilla | 37 |
| 5 | KUSTANNUSLASKENTA | 38 |
| 5.1 | Tukipenkereen louheet alueelta | 38 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1.1 | Pintamaiden poisto ja maanpinnan tasaaminen | 39 |
| 5.1.2 | Louhinta..... | 40 |
| 5.1.3 | Louheen lastaus ja kuljetus | 41 |
| 5.1.4 | Madaltamisen kustannukset yhteensä..... | 41 |
| 5.2 | Tukipenkereen louheet alueen ulkopuolelta | 42 |
| 5.2.1 | Louheet ostomateriaalina | 43 |
| 5.2.2 | Sisäinen louhinta | 43 |
| 6 | KUSTANNUSTEN VERTAILU | 45 |
| 6.1 | Louheen kustannus tukipenkereisiin | 45 |
| 6.2 | Täyttömateriaalin kustannus | 46 |
| 7 | AIKATAULUHYÖDYT | 48 |
| 8 | POHDINTA | 49 |
| | LÄHTEET..... | 50 |
| | LIITTEET | 51 |
| | Liite 1. Vallin määräluettelo. GeoPro Consulting. 2020..... | 52 |
| | Liite 2. Massa- ja muuntokertoimet. Rakennustieto. 2015. | 54 |
| | Liite 3. Leikkausmäärät | 56 |
| | Liite 4. Leikkausten pinta-alat | 57 |
| | Liite 5. Vallin muutossuunnitelma | 58 |
| | Liite 6. Rakentamisaikataulu | 59 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|---------------------|---|
| Kiertotalous | luonnonvarojen säästäminen ja materiaalien hyödyntäminen tehokkaasti ja kestävästi |
| Kustannuslaskelma | arvio työn kokonaishinnasta |
| m3rtr | teoreettinen rakennetilavuus |
| Mallinnus | todellisuuden osan, esimerkiksi tietyn ilmiön tai systeemin esittämistä muulla tavalla kuin sillä itsellään |
| MARA-asetus | valtioneuvoston asetus jätteiden hyödyntämisessä maarakentamisessa |
| Pilaantunut maaperä | maaperä on pilaantunutta, jos siihen on päässyt jätettä tai ainetta, joka voi aiheuttaa haittaa terveydelle |
| Uusiomateriaali | Uusioraaka-aineesta valmistettu materiaali |
| Ympäristölupa | tarvitaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan |

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustat

Insinööriyön tilaajana toimii infra-alan yritys Kreate Oy. Kreate Oy on yksi infra-alan suurimpia vaikuttajia ja yrityksessä työskentelee yli 450 työntekijää. Liikevaihto vuonna 2019 noin 220 miljoonaa euroa. Yritys tarjoaa kokonaisvaltaiset ja kustannustehokkaat ratkaisut silta-, väylä-, rata-, pohja-, betoni-, kallio-, kiertotalous- ja ympäristörakentamiseen. (Kreate 2020).

Kreate Oy:n kiertotalousyksikkö etsii aktiivisesti kiertotaloutta tukevia ratkaisuja hyödyntäen niitä niin omissa projekteissa kuin tarjoten yhteistyökumppaneille. Kestävä rakentaminen ja raaka-aineiden viisas käyttö hyödyttää tuleviakin sukupolvia. Kreate on kiertotalouden edelläkävijä, joka hyödyntää työmaillaan kierrätys- ja uusiomateriaaleja sekä ottaa vastaan ja jalostaa rakentamisesta syntyviä ja infrarakentamisessa hyödynnettäviä materiaaleja. (Kreate 2020).

Insinööriyössä tutkitaan Hirvihaaran ampumaurheilukeskuksen hanketta, jossa insinööriyön tilaajaorganisaation kiertotalousyksikkö toimii päätoteuttajan roolissa. Työn tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon maa-ainesta pystyy hyödyntämään suojavallien rakentamiseen ampumaratakeskuksen sisällä ja näin ollen säästää luonnonvaroja ja materiaalikustannuksissa projektin aikana. Keski-Uudenmaan ympäristökeskus myönsi ympäristöluvan vuoden 2018 lopussa. Hankkeen rakentamistyöt aloitettiin joulukuussa 2019. Kreate Oy:n kiertotalousyksikkö rakentaa suojavalleja alueella vuoteen 2028 asti.

Hankkeessa Hirvihaaran ampumaurheilukeskukseen rakennetaan kaksi uutta suojavallia, jotka estävät haulien ja muiden epäpuhtauksien päätymistä maaperään ja vesistöön sekä estää ampumisesta syntyvän melun kantautumisen alueen ulkopuolelle. Kiertotaloudella on suuri osuus hankkeessa, muun muassa maapörssin hyödyntäminen ja uusien materiaalien kokeilut ovat hankkeessa merkittävässä roolissa. Kiertotalouden avulla voidaan tehdä merkittäviä ympäristö- ja kustannussäästöjä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ampumaratakes-

kuksen ratoihin haulikkoratoihin 1-3 ja niiden mahdolliseen alentamiseen ja suu-remman suojavallin siirtämiseen. Tutkimus perustuu alueelta tehtyihin pohjatutkimuksiin ja niistä suoritettaviin laskelmiin.

Opinnäytetyö sisältää kustannuslaskentaa, joka on pidetty yrityksen salaisena tietona. Julkaisuersiossa kustannukset on korvattu merkinnällä "xx".

1.2 Työn tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena on saada realistinen ja perusteellinen kuvaus, kuinka paljon haulikkoratojen 1-3 ja niihin liittyvän suojavallin alueella on käytettävissä ja mihin tarkoitukseen. Tavoitteena on, että työn avulla saataisiin esitettyä erilaisia vaihtoehtoja suojavallien rakentamiselle ja säästettyä hankkeen aikataulua sekä materiaalikustannuksia. Kustannusvertailu erilaisten vaihtoehtojen välillä on tärkeä osa rakennushankkeen toteuttamisessa. Työn avulla saadaan selvitettyä, onko rakennettavaa taustavallia kannattavaa siirtää, jotta alueelta saisi enemmän maa-aineksia suojavallin rakenteisiin. Työssä pyritään erilaisten toimintavaihtoehtojen avulla pyrkimään kustannustehokkaampaan työskentelyyn hankkeessa sekä nostamaan työmaan omavaraisuusastetta materiaalien suhteen. Hankkeessa on tavoitteena saada aikaan mahdollisimman optimaalinen massatalous, jotta hankkeesta tulisi aikataulu- ja kustannustehokkaampi sen jokaiselle osapuolelle.

Hirvihaaran ampumaratakeskukselta on esimerkiksi Helsingin keskustaan noin 60 kilometrin matka. Merkittävä osa infrarakentamisesta tapahtuu pääkaupunkiseudun ja sen ympäryskuntien alueella ja siellä syntyy huomattava osa maan ylijäämämaista. Ylijäämämaitten kalliit vastaanottomaksut ja pitkät kuljetusmatkat ovat suuri yksittäinen kustannuserä infrarakentamisessa. Myös Kreate Oy:n nykyiset ja laskennassa olevat hankkeet, joista on suunniteltu kuljetettavaksi ylijäämämaita Hirvihaaraan sijaitsevat suurimmilta osin pääkaupunkiseudun tai Uudenmaan alueella. Kustannushyötyjen lisäksi on myös ympäristöystävällisempää, jos maa-aineksia saataisiin vallin rakenteisiin mahdollisimman vähäisillä kuljetusmatkoilla. Yhteistyössä Kreate Oy:n kalliorakentamisyksiköltä saadaan tutkimuksen käyttöön louhinnan kustannusarvio, jonka myötä saadaan selville, onko

kannattavaa louhia kalliota alueelta ja hyödyntää louhetta vallien rakentamisessa.

1.3 Työn rajaukset

Tässä tutkimuksessa tehdään määrä- ja kustannuslaskelma puhtaiden maa-ainesten osalta. Tutkimuksessa ei tutkita pilaantuneiden maiden käsittelyä eikä lyijyn erottamista maaperästä. Määrä- ja kustannuslaskentaa tehdään siis vain maa-aineksista, jotka on todettu olevan sopivia suojavallin rakentamista varten nykyisen ympäristöluvan puitteissa. Päästöjen väheneminen mainitaan tutkimuksessa, mutta lopullisissa tuloksissa käydään läpi vain mahdolliset taloudelliset ja aikataululliset hyödyt.

2 MÄNTSÄLÄN AMPUMAUHEILUKESKUS

Ampumaratakeskus on rakennettu Mäntsälän Hirvihaaraan vuonna 1976. Ampumarataa käyttää nykyään arviolta 6000-8000 henkilöä vuosittain. Hirvihaaran ampumarata sijaitsee noin 8 kilometrin päässä Mäntsälän keskustasta lounaaseen Hirvihaaran ja Ohkolan kylien välisellä alueella. Lähin asutus alueelta sijaitsee noin 800 metrin päässä. Alueella ei ole voimassa yleiskaavaa tai asema-kaavaa. Maakuntakaavassa alue on merkitty maakunnalliseksi tai seudulliseksi ampumaradaksi (am). Aluetta ympäröi metsätalousvaltainen alue (MLY). (Keski-Uudenmaan ympäristölautakunta 2018).

Ampumarata-alueella on yhteensä kuusi haulikkorataa. Ampumaurheilukeskus pysyy käytössä rakentamisen aikana. Alueen pohjois- ja itäosassa sijaitsee haulikkoradat ja etelä- ja länsipuolella sijaitsee luotiaseradat. Haulikkoradoilla on kaikilla omat ampumapaikkansa (Kuva 1) ja heitinhautansa. Suojavallit rakennetaan suojaamaan ympäristöä haulikkoratojen melu- ja ympäristöhaittoja.

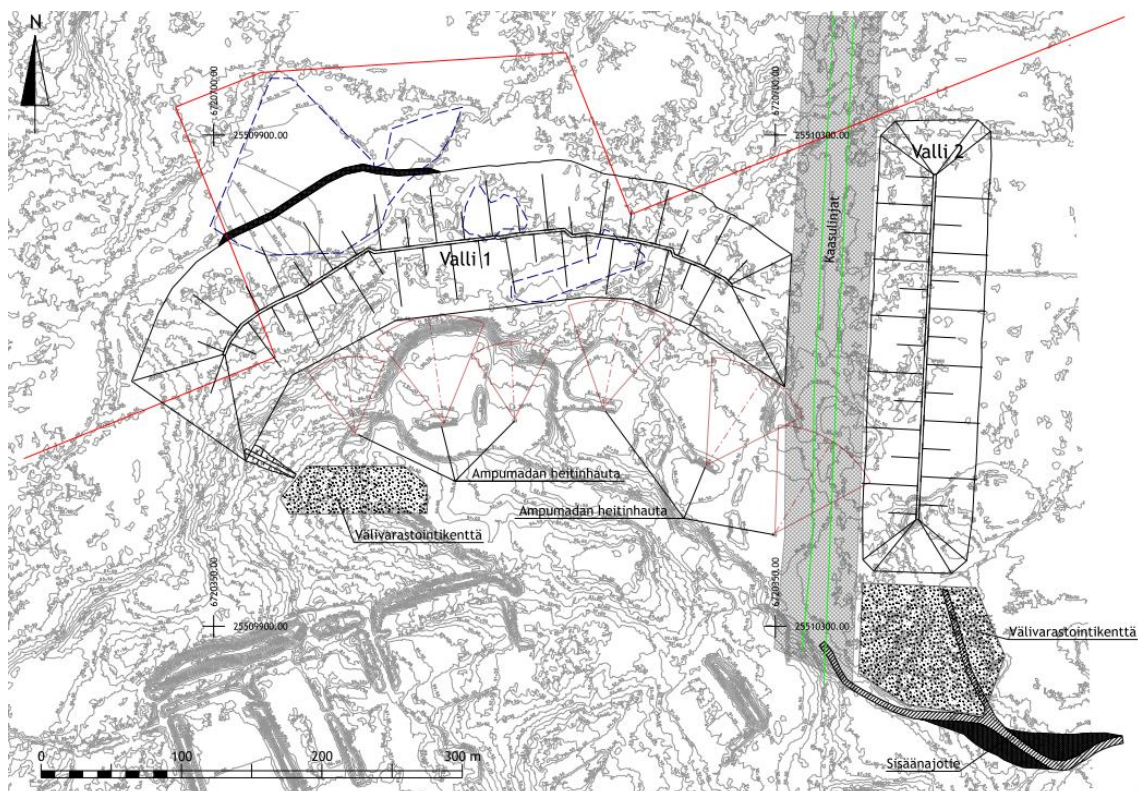


Kuva 1. Mäntsälän ampumaurheilukeskuksen 1. Haulikkorata (Eelis Turta 24.04.2020)

Sijainniltaan Mäntsälän ampumaurheilukeskus on optimaalinen ylijäämämaiden loppusijoituspaikaksi. Uudenmaan alueella vuosittain lisääntyvä infra- ja uudisrakentaminen lisää tarvetta ylijäämämaiden loppusijoituspaikoille, ja ampumaurheilukeskukselle on hyvät kulkuyhteydet lähipaikkakunnilta. Keskeinen sijainti Lahdenväylän läheisyydessä luo myös mahdollisuuksia materiaalien vastaanottoon Päijät-Hämeen alueelta.

2.1 Rakennushankkeen esittely

Hankkeen tilaajana toimii Mäntsälän ampumaratayhdistys ry. Kreate Oy toimii suojavallien pääurakoitsijana. Pääurakoitsija vastaa toteutuksen lisäksi myös hankkeen rahoituksesta. Hanketta rahoitetaan pääsääntöisesti maa-ainesten ja uusiomateriaalien vastaanottomaksuilla, joista urakoitsija maksaa myös tilaajalle hyvityksen toteutuneiden määrien mukaan. Suojavallit (Kuva 2) rakennetaan ympäristön suojaamiseksi ampumaratojen suurimmilta haitoilta, joita ovat haitta-ainepäästöt ja meluhaitat.



Kuva 2. Alueen asemapiirustus (Hirvihaaran projektipankki)

Suojavalleja rakennetaan kaksi, ja ne rakennetaan haulikkoratojen taustalle pohjois- ja itäpuolelle. Alueelle rakennettavien suojavallien korkeus ampumaraataan suhteutettuna 25 metriä ja vallien yhteenlaskettu pituus on noin 830 metriä. Suojavallien kokonaistilavuudeksi on arvioitu noin 1 100 000 m³tr. Hankkeessa on tarkoitus kunnostaa nykyisiä pilaantuneita maata kapseloimalla, jonka jälkeen niitä on mahdollista hyödyntää suojavallien rakentamisessa.

2.2 Kiertotalouden rooli hankkeessa

Hankkeessa pyritään säästämään neitseellistä maa-ainesta ja korvaamaan sitä ylijäämämailla ja uusiomateriaaleilla. Ylijäämämaat ovat lähes poikkeuksetta taloudellisempi ja ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin neitseellisten maa-ainesten käyttö. Puhtaiden maa-ainesten vastaanottoa ja välivarastointia toteutetaan alueella koko rakentamisen ajan. Vastaanotto ja rakentaminen pyritään järjestämään niin, että se ei aiheuta häiriötä ampumaratojen toiminnalle. Alueelle on rakennettu hankkeen ajaksi oma välivarastointikenttä kaivettavia ja vastaanotettavia materiaaleja varten. Välivarastokentällä voi tarpeen mukaan tehdä pilaantuneiden maiden seulontaa ja turpeen jatkojalostusta.

Tavoitteena on, että alueelle ajetaan ylijäämämaita pääurakoitsijan omilta työmailta sekä myös muilta alan toimijoilta vastaanottosopimusten mukaisesti. Tämän avulla saadaan yrityksen sisäinen toiminta maa-ainesten kierrätyksen osalta kannattavammaksi, kun maiden vastaanottomaksuissa voidaan tehdä kustannussäästöjä useilla hankkeilla. Hankkeen hyödyntäminen yrityksen sisäisenä ylijäämämaiden vastaanottoa paikkana luo mahdollisuuksia myös muiden hankkeiden tarjousvaiheen laskentaan.

Urakoitsijan kiertotalous- ja ympäristöratkaisut ovat usein suuressa roolissa nykypäivän infrarakennushankkeiden tarjousvaiheessa. Urakoitsijan valitsemispäätöstä tehtäessä hintavertailun lisäksi myös laatupisteissä huomioidaan usein ympäristönäkökulmat ja yrityksen referenssit kiertotalouden osalta. Hanke on yrityksen sisällä pilottihanke, jonka tavoitteena on kehittää yrityksen sisäistä kiertotalousliiketoimintaa ja tuottavuutta. Kiertotalouden hyödyntäminen tarjoaa erilaisia vaihtoehtoja myös materiaalikokeiluihin, jonka myötä voi syntyä uusia ratkaisuja tulevaisuuden rakentamishankkeissa. Hankkeella voidaan pilotoida

teknisiä ratkaisuja, joilla voidaan tulevaisuudessa edistää merkittävästi uusiomateriaalien hyötykäyttöä rakentamisessa. Tarkoituksena on myös, että hankkeen sisältä saataisiin tehtyä useampi insinööri- tai diplomityö, joiden avulla hanketta saataisiin kehitettyä.

Hankkeessa tullaan tekemään tiivistä yhteistyötä Maapörssin kanssa. Maapörssi tarjoaa palvelun, jossa rakennustyömailla syntyvä puhdas ylijäämämaa-aines ja MARA-asetusten mukaiset purkumateriaalit voidaan kierrättää maanrakennuskohteiden raaka-aineeksi. Palvelussa voi ilmoittaa vastaanottavansa tai tarjoavansa ylijäämämaa-ainesta. Ammattilaisille suunnatulla profiililla pääsee katsomaan kohteiden tarkempia tietoja, saa viikoittaiset vastaanotto- ja tarjoajailmoitukset ja pääsee ostamaan maanvastaanottolipukkeita. (Sitra 2020).

Alueelta massanvaihdon yhteydessä pois kaivettavaa turvetta pystytään uusiokäyttämään muun muassa mullan valmistuksessa. Puhdasta turvetta on kertynyt vallin 2 massanvaihdosta noin 1500 m^3 . Turpeet välivarastoidaan kentälle aumoihin, jonka jälkeen niistä seulotaan puusto sekä pintamaat pois ja kuljetetaan multa-asemille jatkojalostusta varten. Vaihtoehtona on myös mullan valmistaminen vallin pintarakenteita varten välivarastokentällä. Näin kaikkea turpeita ei tarvitsisi kuljettaa pois alueelta, vaan osa saataisiin hyödynnettyä pintarakenteessa. Alueelta kaivettua turvetta voi hyödyntää myös mahdollisuuksien ja tarpeiden mukaan maataloudessa, ympäristörakentamisessa sekä energiantuotannossa.

Kreate Oy on hakenut Mäntsälässä sijaitsevalle Marjalan kiinteistölle maanrakennusmateriaalien kierrätysterminalille ympäristölupaa. Marjalan kiinteistöltä on Hirvihaaran ampumaratakeskukselle matkaa noin 14 kilometriä. Terminalissa on mahdollisuus ottaa vastaan, välivarastoida ja käsitellä maa-aineksia, joita myös Hirvihaaran hankkeella on mahdollista hyödyntää ja loppusijoittaa vallirakenteeseen. Kierrätysterminalin avulla loppusijoitettavan jätteen määrää pyritään vähentämään. Vastaanotettavia materiaaleja käsitellään Marjalassa seulomalla, välppäämällä ja murskaamalla.

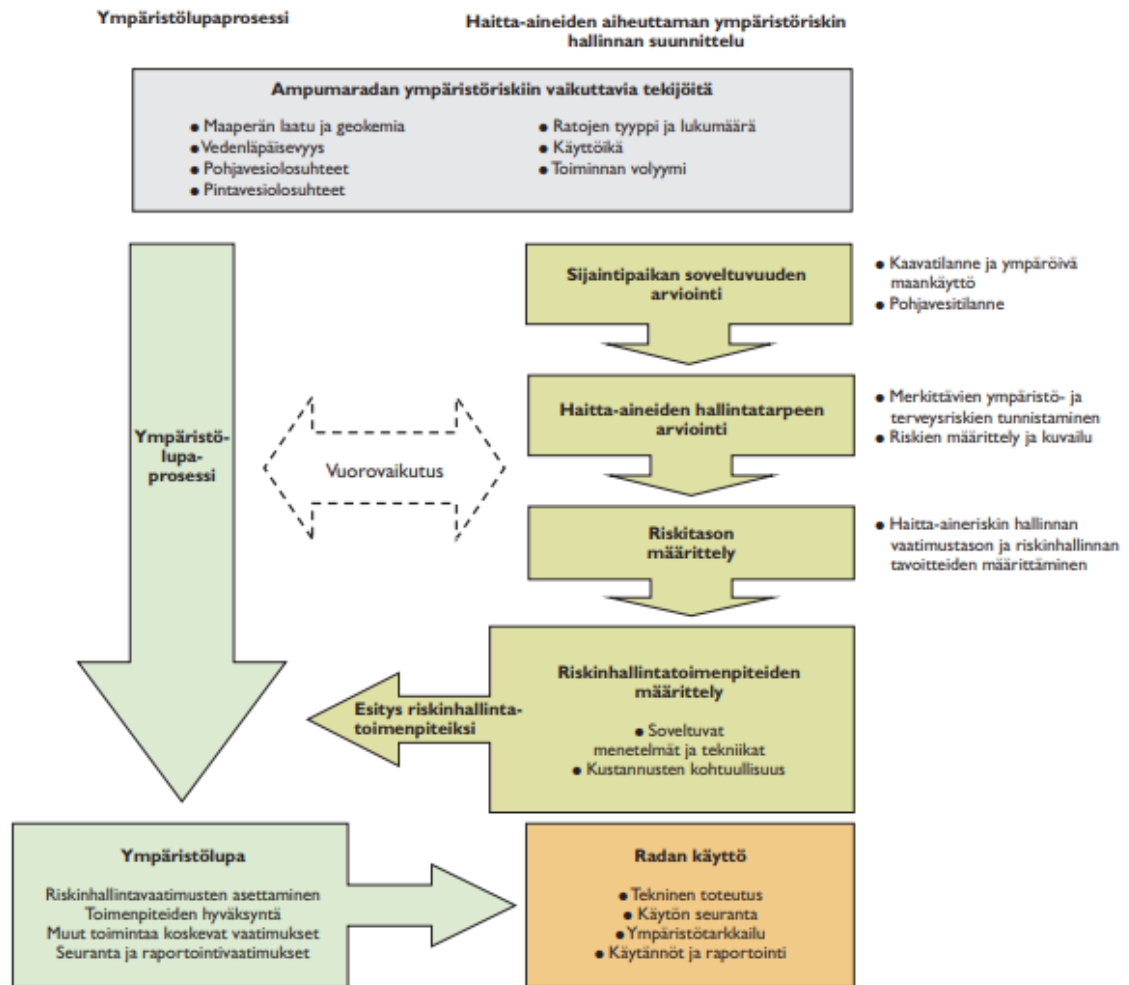
2.3 Ympäristölupa-asiat

Ampumaradan toiminnalle on Keski-Uudenmaan ympäristökeskus myöntänyt ympäristöluvan TUUDno-2017-182. Ympäristöluvassa on veloitettu suojavallin rakentaminen melun ja haulien leviämisen estämiseksi. Kaikkien kierrätysmateriaalien alkuperä on selvitettävä ja niiden ympäristövaikutukset tutkittava ennen niiden käyttöönottoa. (Keski-Uudenmaan ympäristölautakunta. 2018).

Urakoitsija on hakemassa uutta ympäristölupaa hankkeelle. Uudessa lupahakemuksessa tullaan hakemaan käyttö lupaa useammille uusiomateriaaleille sekä rakentamiseen soveltuville kynnsarvomaille. Uusiomateriaalien ja kynnsarvomaiden hyödyntäminen rakenteessa mahdollistaa hankkeen nopeamman aikataulun, jolloin rakentamisesta aiheutuvaa haitta-aikaa alueen käyttäjille on mahdollista saada lyhennettyä. Uusiomateriaalien hyötykäyttö suojavalleissa säästää luonnonvaroja ja vähentää jättemateriaalien loppusijoitus- ja kaatopaikallevientitarvetta. Kaikki rakenteeseen tulevat uusiomateriaalit ovat tutkittuja ja niiden ympäristövaikutukset tunnetaan.

2.3.1 Haitta-ainepäästöt

Suurimmat haitta-ainepäästöt syntyvät alueen ampumaradoille maaperälle haitallisten luotien takia. Niistä irtoaa ympäristölle haitallisia metalleja luontoon. Haulikkoradoilla tyypillistä on trap-ammunta, josta jää kiekon osia maahan. Nykyisellään alueen haulikkoradoilla ei ole olemassa haulien keräysjärjestelmää. Ampumaratojen haitta-aineiden aiheuttamia ympäristöriskejä (Kuva 3) on useita.



Kuva 3. Haitta-aineiden hallinnan suunnitteluprosessi ja sen liittymäkohdat ympäristölupaprosessiin. (Ympäristöministeriö. 2014.)

2.3.2 Melu ja sen hallinta

Ampumisesta syntyy melua. Melulla tarkoitetaan ääntä, joka on kuulijalleen vahingollista (esimerkiksi kuulovaurio) tai haitallista (esimerkiksi häiritsevää). Ympäristönsuojelulain mukaan melu on fyysikaalinen haitta, joka voi aiheuttaa ympäristön pilaantumista. Ampumaratojen ympäristömelun tapauksessa haitta pohjautuu ensisijaisesti melun aiheuttamaan häiriövaikutukseen. Ampumaratamelua arvioidaan mittaamalla ja laskemalla. (Ympäristöministeriö. 2014.)

Ampumaradan aiheuttamien meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi on ohjeena, että melutaso ei saa ylittää A-painotettuna enimmäistasona impulssiaikavakiolla (L_{almax}). Alla olevassa taulukossa esitellään suunnittelussa käytettäviä ohjearvoja. (Ympäristöministeriö. 2014.)

Taulukko 1. Suunnitteluarvoina käytettävät ohjearvot L_{almax}

| Maankäyttö | melutaso (dB) |
|---|---------------|
| Asumiseen käytettävät alueet | 65 |
| Oppilaitoksia palvelevat alueet | 65 |
| Virkistysalueet taajamissa tai niiden läheisyydessä | 60 |
| Hoitolaitoksia palvelevat alueet | 60 |
| Loma-asumiseen käytettävät alueet | 60 |
| Luonnonsuojelualueet | 60 |

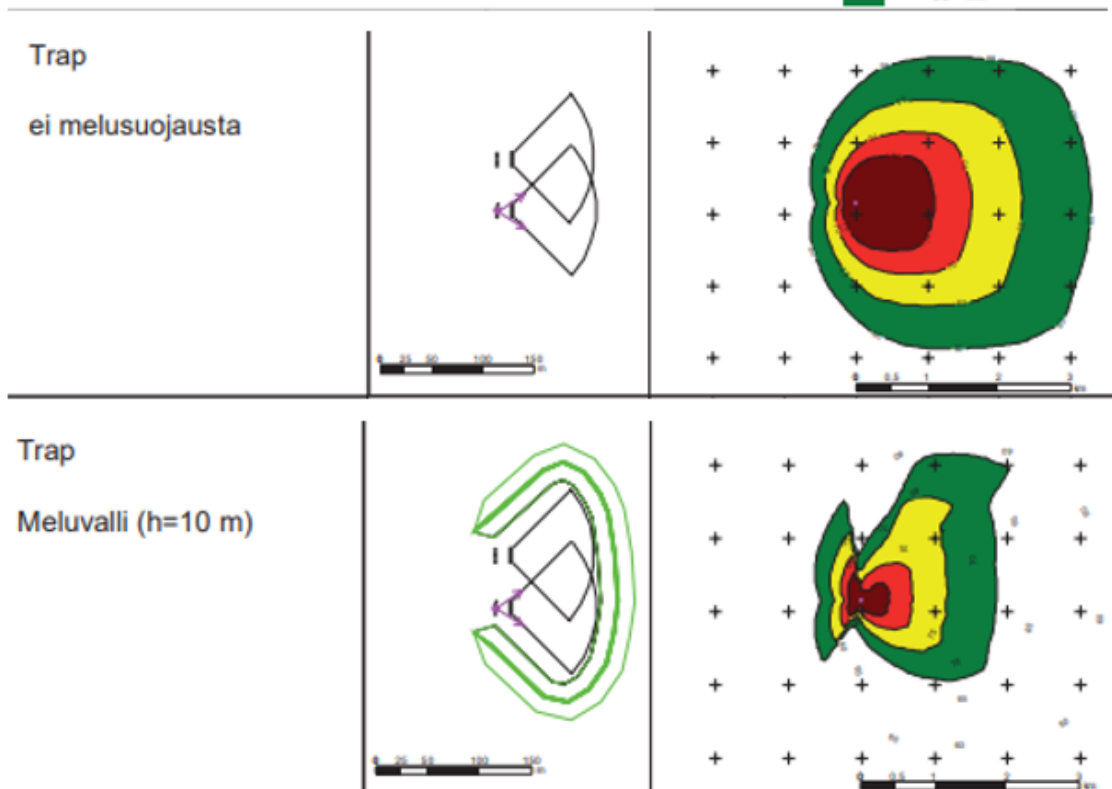
(Ympäristöministeriö. 2014.)

Mäntsälän ampumaratakeskuksella on käytetty suunnitteluarvoa 65 dB taulukon mukaisesti. Suurimmat haittavaikutukset liittyvät ympäröivän alueen viihtyvyyteen. Ampumaratakeskuksen syrjäisen sijainnin vuoksi ampumaratojen melulle altistuu keskimääräisesti vähän ihmisiä. Suojavalli on alueelle paras vaihtoehto melun pienentämiseen.

Melutorjunnan mallilaskennoista (Kuva 4) huomaa, että jo 10 metriä korkea suojavalli pienentää meluhaittoja alueella merkittävästi. Ohjearvona käytettävän 65 desibelin meluhaitat kantavat noin kilometrin päähän ampumaradalta, kun taas ilman suojavallia ne kantautuisivat yli kahden kilometrin päähän. Alueelle tulevat 25 metriä korkeat suojavallit suojaavat lähiympäristöä meluhaitoilta vielä enemmän kuin kuvassa esitetyn esimerkin 10 metriä korkeat suojavallit. Suojavallien rakentamisen myötä melutasot jäävät lähimmissä asutuskohteissa reilusti alle ohjearvotason.

Meluntorjunnan mallilaskennat, haulikko
Maasto: tasainen, pehmeä

AI-enimmäisäänitaso $L_{A\text{Imax}}$



Kuva 4. meluntorjunnan mallilaskenta, haulikkoammunta (Ympäristöministeriö. 2014.)

2.3.3 Ampumapaikkojen madaltamisen maa-aineslupa

Ampumapaikkojen madaltamista varten tarvitsee hakea maa-aineslupaa. Maa-ainesten ottaminen muuhun kuin omaan kotitarvekäyttöön vaatii aina maa-ainelain mukaisen luvan. Lupaa maa-ainesten ottamiseen haetaan asianomaisesta kunnasta. Lupahakemus maa-ainesten ottamiseen tehdään kirjallisesti. Lupahakemuksessa esitettävistä tiedoista ja ottamissuunnitelman sisällöstä ja rakenteesta on säädetty yksityiskohtaisesti maa-ainesten ottamisesta annettussa valtioneuvoston asetuksessa (926/2005). (Ympäristö.fi. 2020.). Lisäksi poliisille on tehtävä ilmoitus räjäytystyön aloittamisesta.

Maa-ainelain mukaisen maa-ainesten ottoluvan lisäksi alueelle on laadittava maa-ainesten ottamissuunnitelma. Ottamissuunnitelmaan sisältyy selostus työstä, laitteista ja ottamisjärjestelyistä, maa-ainesten arvioidut ottomäärät ja ai-

kataulu, kartta- ja kaavoitustiedot, suunnitelma-aineistot, arviointi ympäristövaikutuksiin ja alueen jälkihoitoon sekä esitys siitä kuinka toiminnasta raportoidaan. (Ympäristö.fi. 2020.) Jälkihoito voidaan esittää haulikkoratojen osalta niin, että ne palaavat maa-ainesten oton jälkeen samaan käyttötarkoitukseen kuin se oli alun perin ja alue muotoillaan ampumaradalle sopivaksi tasaiseksi kentäksi.

Louhintatyöt eivät sijaitse asutulla alueella. Asutulla alueella tarkoitetaan aluetta, joka ulottuu 200 metrin etäisyydelle asutusta rakennuksesta tai paikasta, jossa ihmisiä tavallisesti oleskelee; maanalainen louhintakohde, joka on 100 metriä lähempänä sinne johtavan tunnelin suuaukkoa, on asutulla alueella, jos tunnelin suuaukko on asutulla alueella; muu maanalainen louhintakohde on asutulla alueella, jos siitä etäisyys asuttuun rakennukseen tai paikkaan, jossa ihmisiä tavallisesti oleskelee, on alle 50 metriä. (Työturvallisuuskeskus. 2016.).

Räjäytyskentät on suojattava alueella, sillä ampumaradan paviljonki sijaitsee lähellä ampumaratoja. Suojaus tehdään peittämällä räjäytettävä alue kumimattoilla. Louhintatyö pyritään suorittamaan arkisin kello 07-18 välisenä aikana. Ympäristön asukkaille ja alueen käyttäjille tiedotetaan suoritettavista louhintatöistä ja niiden aikataulusta ennen niihin ryhtymistä. Lisäksi louhintatöihin on saatava erillinen lupa Fingrid Oy:n valvojalta kaasuputkien läheisyyden takia.

2.4 Pohjasuhteet ja maaperätiedot

Alue ei sijaitse 1. ja 2. pohjavesialueella. Lähin pohjavesialue sijaitsee noin 2,5 kilometrin päässä. Maaperäolosuhteiden selvittämiseksi alueella on tehty paino- ja tärykairaus yhdeksästä tutkimuspisteestä. Pengertämällä tehty ampumarata-alue sijaitsee metsäisellä ja soistuneella alueella. Tehdyissä kairauksissa esiintyy pintaosassa enintään 1,2 metriä paksu turvekerros, jonka alapuolelta alkaa moreenikerros. Pohjaveden pintaa ei ole tutkimuksissa selvitetty. (Pohjatekniikka. 2019.).

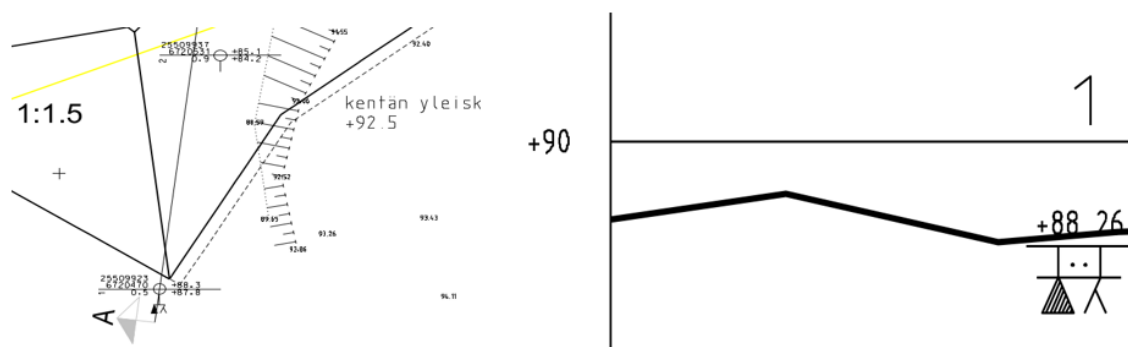
Vallin 2 massanvaihtojen aikana on havaittu, että turvekerros on kauttaaltaan paksumpi vallin tukirakenteiden kohdalta kuin pohjatutkimuksissa on arvioitu. Turvetta on ollut noin 1,5 m – 3,5 m kerrospaksuuden verran, ja sen alapuolella

on ollut tiivis 1,0 m – 1,5 m savikerros, jonka jälkeen on tullut kova pohja vastaan. Pohjatutkimukset on keskittynyt vallin 1 alueelle, ja näin ollen pohjatutkimukset ovat luotettavampia sen osalta. Vallin 1 alueella ei näin ollen tarvitse tehdä niin laajoja massanvaihtoja kun valli 2 rakentamisen aloittamisen aikana on jouduttu tekemään.

2.4.1 Kallion pinnan korkotaso ampumaradoilla 1-3

Alueella on käytössä valtakunnallinen korkeusjärjestelmä N2000 ja tasokoordinaatistona ETRS-GK25. Ampumapaikan yleiskorko radoilla 1-3 on välillä +91.00 - +94.00.

Lähin tutkimuspiste sijaitsee vallin itäosassa korossa +88.3. Kairaus on ulottunut syvyyteen +87.8, jonka jälkeen kairaus on päätynyt kiveen, lohkareseen tai kalliioon. Painokairauksen tuloksesta (Kuva 5) voidaan havaita, että pintamaana on tutkimuspaikan kohdalla ollut hiekkaa. Pohjatutkimuksen perusteella voidaan todeta, että kallion pinta on noin 0,5-1,0 metrin päässä pinnasta ampumaradoilla 1-3. (Pohjatekniikka. 2019.).



Kuva 5. Painokairauksen tulos vallin 1 itäosasta (Pohjatekniikka. 2019.)

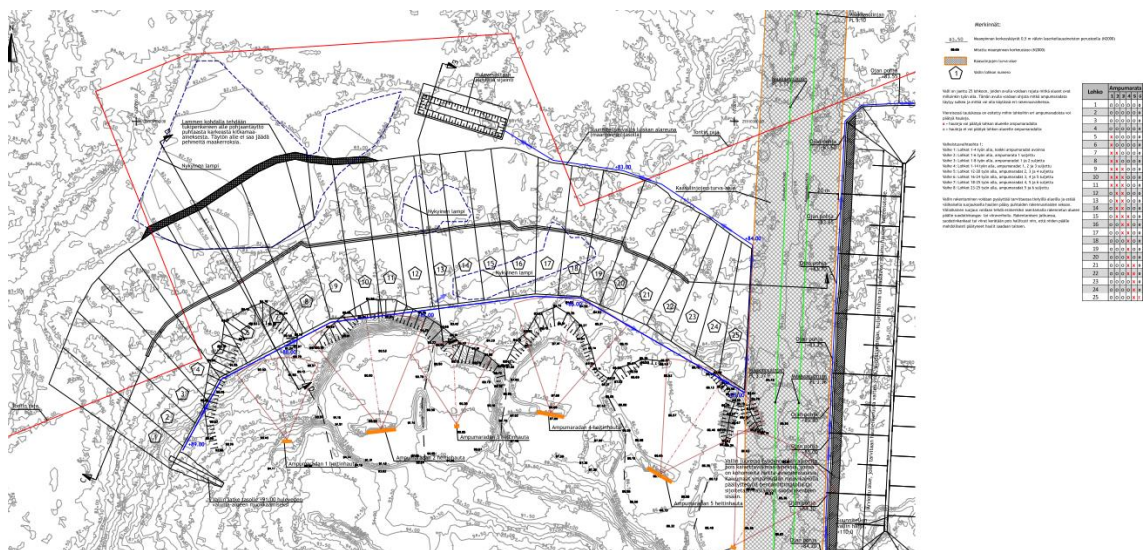
2.5 Rajoitteet ja haasteet

Alueen läpi kulkee kaksi Gasgrid Finland Oy:n DN500 maakaasun siirtoputkea. Kaasuputkien ja niiden suoja-alueelle ei rakenneta mitään, koska kaasuputkien huoltovarmuus halutaan säilyttää. Putkien turvaetäisyydeksi on määritetty 20 m,

jota lähempänä ei tehdä vallien rakentamistoimenpiteitä. Kaasuputkien takia vallit on jaettu kahdeksi erilliseksi rakenteeksi. (GeoPro Consulting. 2020.)

Putkien olemassaolo tulee huomioida koko rakentamisen aikana. Putkien sijainti on helppo nähdä maastossa, sillä niiden kohdalla kulkee huoltotie. Putkien turva-
etäisyydet tulee huomioida rakentamisessa niin, että niiden päältä ei ajeta työko-
neilla eikä tehdä materiaalien varastointia. Jos putkien läheisyydessä joudutaan
rakentamisen aikana työskentelemään, on jokaista työvaihetta ennen tehtävä
katselmus ja hyväksyttävä työn toteutussuunnitelma kaasuputken valvojalla.
Kaasuputkien ylittävälle tiealueelle rakennetaan myös suojalaatat ennen suurem-
man vallin rakentamisen aloittamista, jotta putket eivät häiriintyisi lisääntyvästä
raskasajoneuvoliikenteestä.

Rakentamista rajoittaa alueen käyttö ampumaratana. Ampumaratatoiminta kes-
kittyy kesäkuukausille ja toimintaa on lähinnä iltaisin, mutta sitä voidaan harjoittaa
myös muina ajankohtina. Tietyillä ampumaradoilla ei saa olla ampumaratatoimin-
taa, jos aluelohkolla on vallin rakentaminen käynnissä. Vallin lohkojako ja ra-
kentamisen vaiheistusta ampumisen mukaan on esitelty (Kuva 6) mukaisilla vaih-
toehdoilla. Tilaajan ja urakoitsijan yhteistyö sekä töiden yhteensovittaminen ja ai-
katauluttaminen on tärkeää hankkeen sujuvuuden kannalta, varsinkin vallin 1 ra-
kentamisen aikana, kun rakentaminen häiritsee useampaa rataa kuin vallin 2 ra-
kentamisen aikana.



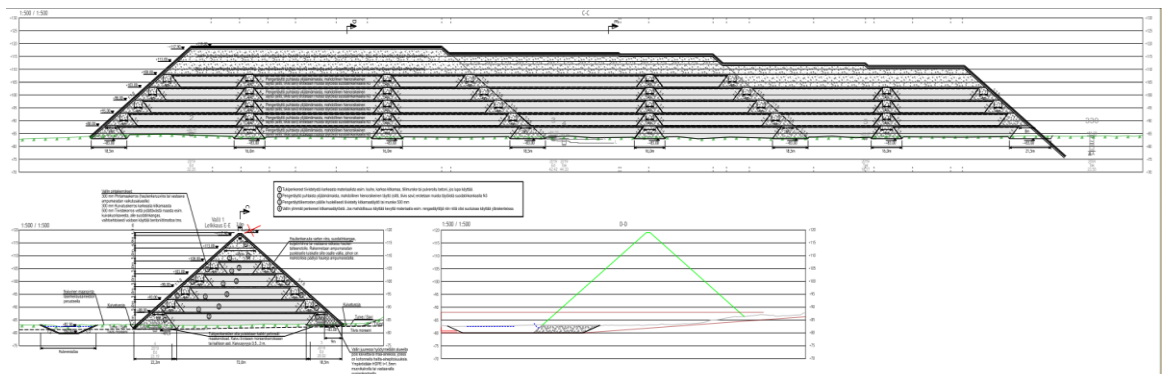
Kuva 6. Vallin lohkojako työn vaiheistusta varten. (GeoPro Consulting. 2020.)

Maaperän pilaantuneisuus hidastaa työskentelyä vallin perustamisvaiheessa ja massanvaihdoissa. Jos pilaantuneisuutta löytyy maaperästä laajalta alueelta ja pilaantuneen maan kaivuuta joudutaan suorittamaan suuremmilta osin, hidastaa se vallien pohjarakenteiden tekoa. Pilaantuneet maat joudutaan kaivamaan ja välivarastoiimaan lajittelevana kaivuuna erikseen muista massoista ja se hidastaa työskentelyä.

Alueen reunalla haulikkoratojen oikealla puolella aikaisemmin sijainnut lietekaatoipaikka on ollut toiminnassa arviolta 1960-1980 luvulla. Lietekaatoipaikan kohdalla on löytynyt maaperätutkimuksissa korkeita pitoisuuksia ympäristölle vaarallisista öljyistä, jotka on joko poistettava alueelta tai niille on tehtävä eristerakenteet. Öljyallas on häirinnyt rakentamista ensimmäisenä rakennettavan vallin osalta, sillä sen kunnostamista ei ole päästy aloittamaan hankkeen alussa. Lietekaatoipaikka sijaitsee vallin 2 eteläisessä reunassa, josta tukipenkereitten rakentaminen olisi alun perin pitänyt aloittaa. Lietekaatoipaikan kunnostamisen takia vallin rakentaminen jouduttiin aloittamaan sen keskeltä ja vaiheistamaan työt niin, että lietekaatoipaikan alueella ei työskennellä ennen kuin alue on kunnostettu ja rakennettu eristerakenteet öljyn luontoon leviämisen estämiseksi. Lietekaatoipaikan kunnostus tehdään erillisurakkana ja se kilpailutetaan Mäntsälän kunnan toimesta kevään 2021 aikana.

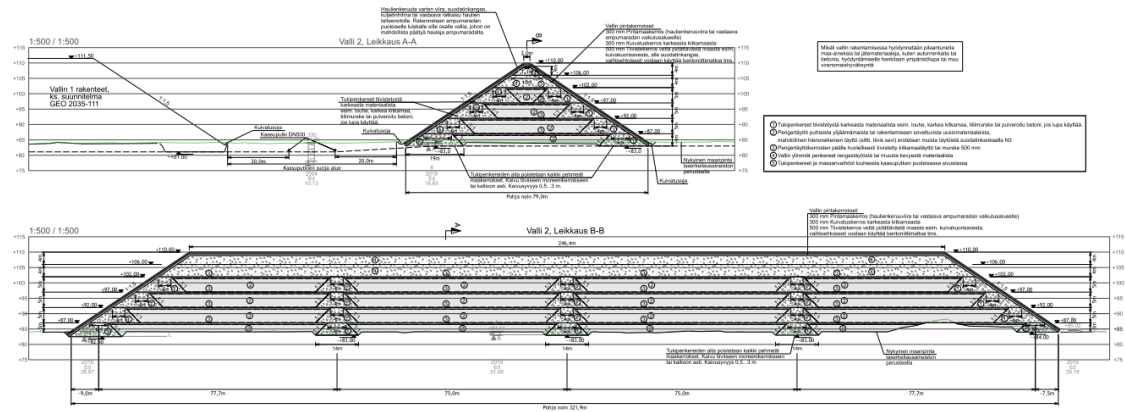
3 SUOJAVALLIEN RAKENTEET

Molempien suojavallien rakentaminen toteutetaan samalla periaatteella. Suojavallit rakennetaan 1:1,5 luiskakaltevuuudella. Suojavallien tulee olla 25 metriä korkeita ampumapaikkoihin nähden. Valli 1 kulkee haulikkoratojen pohjoispuolella. Tässä työssä tarkemmassa käsittelyssä olevat haulikkoradat 1, 2 ja 3, jotka sijaitsevat vallin 1 vieressä. Haulikkoradan 1 ampumapaikka on nykyiseltään korossa +93.50 joten vallin huippu tulisi olla korossa +118.50. Valli 1 korkeus vaihtelee ampumapaikkojen korkeuden mukaan, ja se nousee pohjoislaitaa kohti korkeammaksi (Kuva 7). Korkeutta vallille tulisi noin 35 metriä maanpinnan tasosta laskettuna, jos ampumapaikat pidettäisiin nykyisessä korossaan. Valli 1 on muodoltaan kaareva ja suurempi kuin valli 2, joten sen rakentaminen on haastavampaa ja sen perustamistyöt aloitetaan vasta vallin 2 valmistuttua. Valli 1 on suunniteltu perustettavaksi osittain lampeen, joka ruopataan kovaan pohjaan asti ja tehdään pengertäyttö louheesta. Lammet ovat noin metrin syvyisiä, ja kova pohja on arviolta 2 m – 2,5 m veden pinnan alapuolella. Vallin 1 juuren pituus on noin 500 metriä ja pohjan halkaisija korkeudesta riippuen 80-110 metriä.



Kuva 7. Valli 1 Leikkaukset (GeoPro Consulting. 2020.)

Valli 2 kulkee kaasuputkilinjan suuntaisesti ja on muodoltaan suora. Vallissa 2 ei ole korkeuseroja, ja sen huipun korkeus on +110.00 (Kuva 8) ampumaratojen 5 ja 6 mukaisesti. Valli 2 rakennetaan ensin, ja sen rakennustyöt on aloitettu 2020 alkuvuodesta. Vallin 2 pituus on 330 metriä ja pohja halkaisijaltaan 80 metriä. Toisen vallin alareunaan on suunniteltu rakennettavaksi huoltotie, jota pitkin pystytään tekemään haulien keräystä ja vallin pinnan puhdistamista.



Kuva 8. Valli 2 Leikkaukset (GeoPro Consulting. 2020.)

3.1 Rakentamisen aikataulu

Hirvihaaran ampumarata-alueen taustavallien suunniteltu rakentamisaikataulu on noin yhdeksän vuotta. Hanke on alkuperäisen aikataulun mukaan arvioitu valmistuvan kokonaisuudessaan vuonna 2028. Työt on jaettu osiin, niin että vallit rakennetaan porrastetusti. Ensimmäisenä on aloitettu alustavien töiden, välivarastokentän ja kulkuteiden rakentamisella vuoden 2020 alussa. Vallin 2 rakentaminen on aloitettu vuoden 2020 maaliskuussa. Ensimmäisen vuoden aikana on tarkoitus saada vallin ensimmäinen viiden metrin kerros rakennettua valmiiksi. Tasaisella rakentamisella vallin 2 tulisi olla valmis viimeistään vuonna 2023. Vallin 2 rakentamistöiden aikana ei haulikoradoilla 5 ja 6 saa käyttää lyijyhauleja ampumisessa. Massatilavuudeltaan suuremman eli vallin 1 rakentaminen tullaan aloittamaan aikaisintaan kahden vuoden päästä, kun valli 2 on saatu kokonaisuudessaan valmiiksi. Vallin 1 rakentaminen on arvioitu kestävän noin seitsemän vuoden ajan tasaisella rakentamistahdilla. Alkuperäinen ympäristölupa on myönnetty hankkeelle kymmenen vuoden ajalle.

Rakentamisen aikataulun kannalta merkittävimpiä tekijöitä on materiaalien saatavuus ja markkinatilanne. Materiaalien saatavuuteen vaikuttavia tekijöitä on muun muassa rakentamisen suhdanteet, muiden ylijäämämaitten vastaanotto- paikkojen hintatasot ja vuosittaiset vastaanottokapasiteetit. Rakentamisen aikataulua tulee nopeuttamaan myös mahdollisesti uusi ympäristölupa, mikäli uusia hyödynnettäviä materiaaleja saadaan sisällytettyä uuteen ympäristölupaan. Tämän myötä rakennusmateriaalien vaihtoehdot ja materiaalien saatavuus kasvaa.

Aikataulussa on huomioitu ampumaradan käyttäjät huomioon niin, että käyttäjät häiriintyisivät rakentamisesta mahdollisimman vähän ja ampumaratatoimintaa pystyttäisiin harjoittamaan alueella yhtäjaksoisesti koko rakennushankkeen ajan. Rakennustöitä tehdään alueella arkisin kello 07.00-18.00 välillä, jonka jälkeen ampumaratatoimintaa voidaan harjoittaa alueella ilman rakentamisesta syntyviä häiriötekijöitä. Viikonloppuisin alueella työskentely on kielletty.

3.2 Rakentamistapa

Tukipenkereitten rakenteet tiivistetään täryjyrällä 300-500 mm rakennekerroksissa. Materiaaleja erotellaan toisistaan tarvittaessa suodatinkankaalla. Tukipenkereet pyritään rakentamaan ensin pengertäyttöjen ympärille, jotta pengertäyttömateriaalit saataisiin kipattua suoraan kuorma-auton lavalta rakenteeseen ja säästytään ylimääräiseltä varastoinnilta ja levittämiseltä.

3.2.1 Vallien pohjarakenteet

Ennen vallien rakentamista, rakennusalueelta kaivetaan pois hauleja sisältävät pilaantuneet maat. Pilaantuneet maat poistetaan tukipenkereiden alueelta.



Kuva 9. Turpeen ja saven poistoa tukipenkereen pohjarakenteiden alueilta

Vallit perustetaan maanvaraisesti tukipenkereiden varaan. Tukipenkereiden alta tehdään massanvaihto (Kuva 9) kauttaaltaan louheesta tai karkeasta murskeesta. Massanvaihdot ulotetaan tiiviiseen moreenikerrokseen tai kallioon asti. (GeoPro Consulting. 2020.)

Alueelta kaivetut maamassat ovat osittain pilaantuneita haulikkoampumisesta syntyneiden lyijypitoisuuksien takia. Lyijypitoisuuksia on löytynyt vallin 2 rakentamisen aikana yli 200 metrin päästä ampumapaikoilta. PIMA-tutkimukset ja kunnostukset tehdään lohkoittain, ja yhden lohkon maksimipinta-ala on $2000m^2$. Lohkojakoa päivitetään pohjatöiden etenemisen mukaan. Tukipenkereitä ja pengertäyhtiä voidaan alkaa rakentamaan, kun maan pilaantuneisuus on tutkittu ja haitta-ainearvot ovat sallituissa rajoissa.

Hankkeessa PIMA-maita pyritään seulomaan ja erottelemaan lyijyhauleja pois PIMA-päätöksen mukaisesti. Jos maa-aineksen ehdot täyttyvät, sitä voidaan hyödyntää vallin pintarakenteissa.

3.2.2 Tukipenkereet ja pengertäytöt

Vallit sekä niiden tukipenkereet rakennetaan kerroksittain noin viiden metrin kerroksissa. Vallin rakentamisessa käytetään tukipenkereillä ympäröityä täyttöal-lasrakennetta (Kuva 10), jonka voi täyttää ylijäämämailla (savi, siltti, pintamaat) ja uusiomateriaaleilla.

Tukipenkereiden yläpinnat rakennetaan yhtenäiselle korkeustasolle, jotta allas-rakenne toimii. Vallien tukipenkereet rakennetaan tiivistetystä karkeasta kitka-maasta, louheesta tai betoni- ja tiilimurskeesta. Kaasuputken puoleiset penke-reet on tehtävä louheesta kaasuputkien stabiliteetin varmistamiseksi. (Maa- ja pohjarakenteiden työselostus).

Uudessa ympäristöluvassa pyritään saamaan mahdollisuus käyttää myös beto-nilouhetta (0 – 1000 mm) sekä tiilijätettä tukipengerrakenteissa.



Kuva 10. Suojavalli 2 Kaivuusuunnitelma korkoon +87.00 (GeoPro Consulting, 2020.)

Pengertäytöt tehdään rakentamiseen soveltuvista pilaantumattomista ylijäämämaista ja uusiomateriaaleista. Pengertäyttöjen kohdalle rakennetaan viiden metrin välein puoli metriä paksu välitäyttö tiivistettävistä kitkamaista. Välitäyttö pyrkii lisäämään rakenteen stabiiliteettia.

3.3 Arvioidut määrät

Tarjousvaiheen määrät ovat aina arvioita, jotka pohjautuvat alkuperäisiin suunnitelmiin sekä niistä suoritettuihin määrälaskentoihin ja ne ovat ennusteita lopullisista määristä. Mitä laajemmat pohjatutkimukset on tehty ja mitä valmiimmat suunnitelmat on rakentamisen alkaessa, sitä tarkemmin määriä pystyy arvioimaan. Huolellisesti laadittu määräluettelo on käytännöllinen apuväline koko hankkeen ajan. Toteutuneet määrät saadaan tietoon vasta, kun hanke on kokonaisuudessaan valmistunut ja luovutettu tilaajalle. Määräluetteloon sisällytetään kaikki materiaalit, joita rakentamisessa tarvitaan.

On tärkeää, että määrälaskentaa tarkastetaan myös hankkeen edetessä ja voidaan ennakoida materiaalien menekkiä tulevien työvaiheiden osalta. Urakan aikaisen laskennan avulla voidaan myös arvioida vuosittaisia vastaanottomääriä ja verrata niitä suunniteltuihin lukemiin. Urakan aikaista määrälaskentaa voidaan toteuttaa Hirvihaarassa muun muassa vastaanotettujen kuormien avulla. Alueelle on rakennettu sähköinen porttijärjestelmä, joka kuvaa jokaisen valliin ajettavan

kuorman ja tämän avulla pystytään seuraamaan materiaalivirtoja ja tekemään työn aikaista määrälaskentaa ja toteutumien seuranta. Lisäksi hankkeelle on suunnitteilla digitalisaatiohankintoja, joiden avulla voidaan seurata hankkeen edistymistä aikajanan muodossa.

Urakassa on jaettu määrälaskenta kolmeen eri määräluetteloon. Molemmilla valleilla on omat määräluettelot, minkä lisäksi tiemuutoksista ja välivarastointialueesta on tehty oma määräluettelo. Tämän tutkimuksen määrä- ja kustannuslaskelmat pyritään toteuttamaan mahdollisimman realistisesti ja niin, että mahdollisista suunnitelmamuutoksista ja niiden toteutuksesta tulisi kannattavaa. Mahdolliset suojavallin siirrot sekä ampumaratojen madaltamiset ja tällä tavoin massatalouden parantaminen ja vallin madaltaminen tutkitaan ja otetaan huomioon. Hankkeessa määrälaskennan alkuperäisen version on toteuttanut GeoPro Consulting Oy.

3.3.1 Suojavalli 1 määrät

Tutkimuksessa käsitellään suuremman eli suojavallin 1 määriä. Suojavallin määräluettelo on tehty alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaan, ja ne sisältävät myös karkeat arviot lammen tukitäytöistä ja pohjarakenteiden massanvaihdosta. Yhteensä kokonaistilavuudeksi on arvioitu $824\,410\text{ m}^3\text{rtr}$ (Liite 1). Suurimmat yksittäiset määrät tulee tukipenkereisiin ja pengertäyttöihin. Alkuperäiseen määräluetteloon tehdään myös vertailua tutkimuksessa.

3.4 Suojavalleissa käytettävät materiaalit

Haulikkoratojen suojavallit on veloitettu rakennettavaksi pääosin neitseellisistä luonnonmateriaaleista ja rakennustyömailla syntyvistä ylijäämämaista alkuperäisen ympäristöluvan mukaan. Lisäksi MARA-asetuksen avulla voidaan hyödyntää uusiomateriaaleja. Urakoitsijaorganisaation tavoitteena on päivittää ympäristölupaa niin, että myös useampia uusiomateriaaleja pystyisi hyödyntämään rakentamismateriaalina. Tämän toimenpiteen myötä neitseellisten luonnonmateri-

aalien käyttö vähentyisi ja luonnonvaroja säästyisi. Useat uusiomateriaalit sopivat teknisiltä ominaisuuksiltaan usein yhtä hyvin vallirakentamiseen kuin maa-ainekset ja ovat kustannustehokkaampia ratkaisuja hankkeen kannalta.

3.4.1 Neitseelliset maa-ainekset

Neitseellistä maa-ainesta on vuoden 2020 aikana ajettu rakenteisiin lähiseudun kiviainestoimipisteiltä ja muilta maarakennustyömailta. Lisäksi alueelta on louhittu nykyisen välivarastokentän alueelta keväällä 2020 noin 1500m³ ktr kalliota pois, joka hyödynnettiin vallin 2 pohjarakenteissa.

Tässä tutkimuksen pohjalta pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon neitseellistä maa-ainesta tonttirajojen sisäpuolelta. Tämän avulla kuljetuskustannukset laskisivat ja tukipenkereiden rakentaminen nopeutuisi, kun materiaalia olisi saatavilla yhtäjaksoisesti. Kairausten perusteella alueelta löytyy moreenia ja kalliota, joita pystyy hyödyntämään vallin tukirakenteissa ja massanvaihdoissa. Kiviainesta pyritään louhimaan haulikkoradoilta 1-3. Ampumaratojen pintamaita pystyy hyödyntämään ratojen uusien pintojen tasauksessa sekä vallin pintakerroksissa.

Alueelta peräisin olevia puhtaita savimaita voidaan hyödyntää vallin pintakerroksissa sekä pengertäytöissä.

3.4.2 Ylijäämämaa-ainekset

Ylijäämämailla tarkoitetaan kierrätettäviä maa-aineksia. Ylijäämämaiden tutkimukset ovat materiaalien toimittajien vastuulla, ja alueelle saa toimittaa vain puhtaaksi todettuja ylijäämäkaita nykyisen ympäristöluvan mukaan. Urakoitsija tekee hankkeella pistokokeita ylijäämämaiden puhtaudesta ja jos pilaantuneisuutta ilmenee, on maitten toimittajan vastuulla poisvientivelvoite ja siitä syntyvät lisäkustannukset. Ylijäämäkaita varten on tulossa hankkeelle käyttöön sähköinen siirtoasiakirja. Useista maankaatopaikoista poiketen, hankkeella ei oteta välivarastoon materiaaleja muualla hyödyntämistä varten tulevaisuudessa, vaan kaikki vastaanotettavat ylijäämämaat loppusijoitetaan vallirakenteeseen.

Hanke on otollinen kiertotalouskohteeksi, sillä suojavallien rakentamiseen soveltuu useat erilaiset maa-ainekset. Hanke toteutetaan pääsääntöisesti ylijäämämailla, sillä ostomateriaaleilla hankkeen kustannusarvio tulisi liian kalliiksi kaikille osapuolille, ja se olisi käytännössä mahdotonta toteuttaa ilman ulkopuolista rahoitusta. Muille työmaille ylimääräinen ja tarpeeton materiaali, joka on kuljetettava pois, voi soveltua käyttöön vallin rakentamisessa. Esimerkiksi savien kuljettaminen pengertäyttöihin varten tulee olemaan hyvin yleistä, sillä usein savet ajetaan maanrakennustyömailta maankaatopaikoille loppusijoitukseen.

Vallien rakentaminen on pyritty suunnittelemaan niin, että kuorma-autoilla pääsee jouhevasti kippaamaan kuormat suoraan rakenteeseen, jotta ylimääräisiltä siirroilta vältyttäisiin. Erilaisille materiaaleille on järjestetty vastaanottoaikoja lohkoittain, ja esimerkiksi löysille savimaille on rakennettu omat vastaanottoaltaat.

Maa- ja vesirakentamisessa syntyvää ylijäämämaata kertyy vuosittain noin 34 miljoonaa tonnia. Suurin kierrättämätön jäte-erä maarakentamisesta on ylijäämämaat kuten savet, siltit ja liejut. (CircHubs-verkosto. 2020.).

3.4.3 Uusiomateriaalit

Hankkeelle haetaan päivitettyä ympäristölupaa useille eri uusiomateriaaleille. Uusiomateriaaleja syntyy rakennusten purkutyömaille ja muilla teollisuuden aloilla. Uusiomateriaaleja voidaan hyödyntää vallirakenteen eri rakenneosissa. Uusiomateriaaleilla pyritään korvaamaan luonnon kiviainesten käyttöä ja välttämään materiaalien loppusijoittamista kaatopaikalle. Esimerkiksi betonijäte on usein lujempaa materiaalia kuin perinteinen kiviaines, sillä se sisältää rautaa. Nykyään muun muassa väylärakentamisturakoissa pyritään hyödyntämään uusiomateriaaleja mahdollisuuksien mukaan. Uusiomateriaaleja hyödyntäessä on tutkittava niiden tekniset ominaisuudet, ympäristökelpoisuus ja rakenteen sille asettamat vaatimukset.

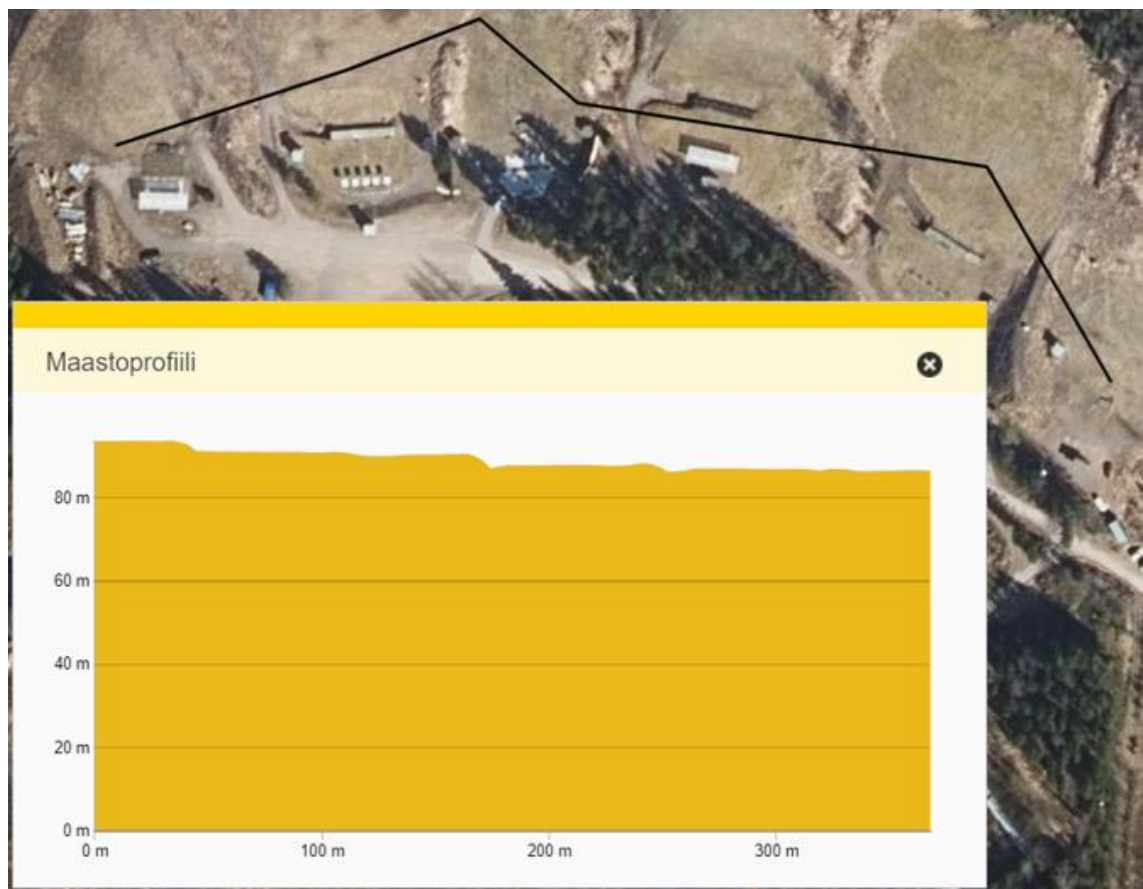
Tukipenkereissä on tulevaisuuden tavoitteena hyödyntää betoni- ja tiilijätettä, ratapenkereiden sorapäälysteitä ja katujen puhdistuksessa syntyvää kiviainesta. Betonijätteitä voitaisiin ajaa suoraan rakenteisiin työmailta, jos ne on käsitelty tarpeeksi pieneen palakokoon (0-1000 mm) purkuvaiheessa.

Pengertäyttöihin sopivia materiaaleja on erilaiset mineraalit, renkaat ja rengasrouhe, joka on mainittu myös rakennesuunnitelmissa, sekapurkujätteet, jotka ei sisällä vaarallisia aineita, jätteenpolttokuonat sekä lento- ja pohjatuhkat. Vuoden 2020 aikana alueella on käytetty rengasrouhetta ja kokonaisia renkaita MARA-ilmoituksen avulla. Usein ylijäämämaat ovat uusiomateriaaleja raskaampia rakenteessa, ja uusiomateriaaleja hyödyntämällä vallirakenteesta saataisiin kevyempi ja stabiliteetiltaan vakaampi.

4 MÄÄRÄLASKENTA

Määrälaskennoissa on hyödynnetty Infra 2015 Määrämittaushojden (Liite 2) mukaisia tilavuus- ja massakertoimia massamuunnoksiin.

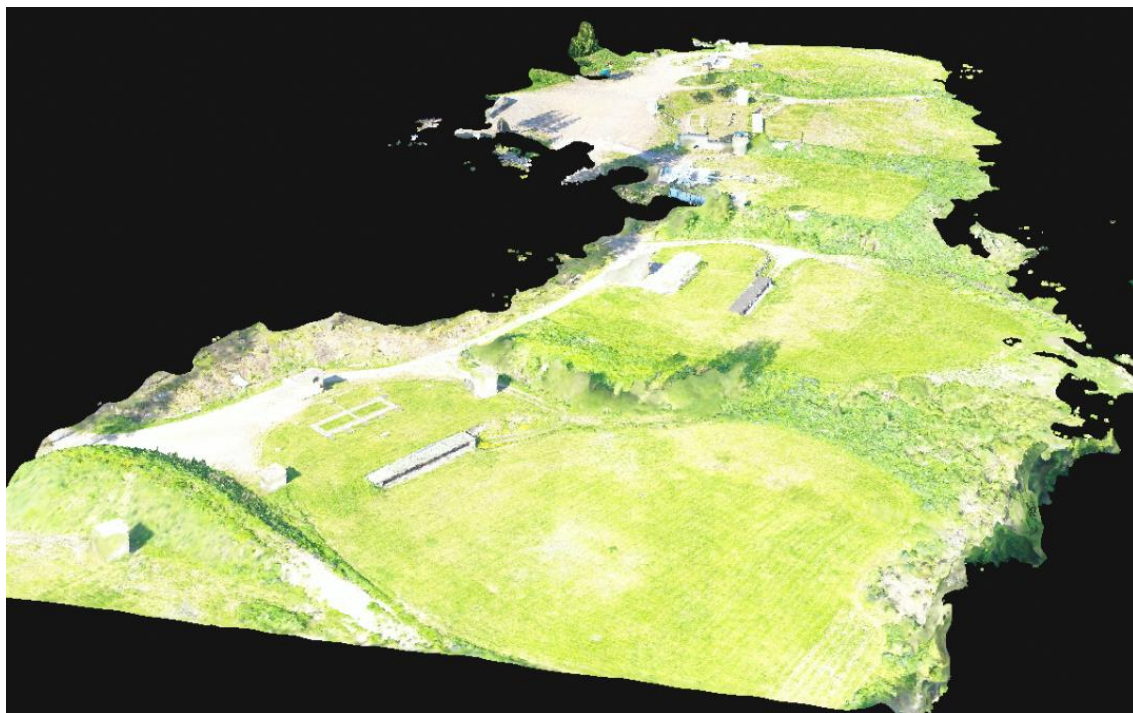
Määrälaskennassa esitellään ampumaratojen 1-3 madaltamista korkoon +86.50. Ratoja louhittaisiin korkoon +85.50, jonka jälkeen ne täytettäisiin vanhoilla pintamailla tasaiseksi muiden ratoihin nähden. Tällä hetkellä ampumaradan 1 yleiskorko on +94.00 ja ampumaradan 5 yleiskorko on +86.50, joten korkeuseroa on ratojen välillä 7,5 metriä. Maastoprofiili viettää (Kuva 11) reilusti kohti oikealla reunalla sijaitsevia ratoja. Haulikkoratojen lisäksi ampumaradan 1 takana olevaa parkkipaikka on kallion päällä, joten myös sen madaltaminen on laskettu mukaan. Laskennassa selvitetään, kuinka paljon suojavallin massamäärät kokonaisuudessaan laskisivat alkuperäisestä, jos suojavallia saataisiin madallettua ratojen madaltamisen myötä.



Kuva 11. Haulikkoratojen maastoprofiili (Paikkatietoikkuna. 2020.)

Ampumaratoja pystyttäisiin alentamaan ainakin maanpinnan luonnollisen korkeuseron verran kaivamalla nykyiset pintamaat pois ja louhimalla kalliota. Kalliosta saadut louheet on tarkoitus hyödyntää suojavallin tukipenkereissä, massanvaihdossa ja tarvittaessa vallin 2 huoltotien pohjarakenteissa. Kallion pinnan korko on arvioitu alueelta tehtyjen pohjatutkimusten perusteella. Kallion pinta on arvioilta noin 0,5–1 metrin syvyydessä ampumaratojen pinnasta. Laskennoissa on käytetty pintamaan kerrospaksuutena 1 metriä, sillä kattavia pohjatutkimuksia ei ole. Pintamaat voidaan välivarastoida alueelle ja hyödyntää ampumaradan uusien pintojen tekemiseen louhintojen jälkeen, jonka myötä pintarakenteisiin ei tarvitse hankkia uusia materiaaleja alueen ulkopuolelta.

Määrälaskennoissa on hyödynnetty drone-ilmakuvausta, ja 3D-mallinnus on tuotettu Pix4D ohjelmistolla. Lento suoritettiin Mavic 2 Pro dronella, ja kuvauslennossa hyödynnettiin Pix4Dcapture sovellusta lentoreitin suunnitteluun. Lennon avulla pystyttiin kartoittamaan alueen pinta-ala ja tekemään maaston korkeuskartoitus. Kartoituksen perusteella pystyttiin tarkastelemaan, kuinka paljon alueella on leikattavaa ja täytettävää korkoon +85.50. Ampumaratojen korkeuserot ja välipenkereet erottuvat selkeästi 3D-mallissa (Kuva 12).



Kuva 12. 3D-malli haulikkoradoista 1-6 idästä päin esitettynä.

Ampumapaikkojen siirtäminen etelään päin ja sitä seuraava vallin sijainnin muuttuminen ja määrämuutokset vallirakenteeseen käsitellään lisäksi tässä osiossa. Ampumaratojen siirtämisellä etelään päin pyrittäisiin siihen, että suojavaalin pohjoislaitaa ei tarvitse rakentaa niin pitkälle altaan päälle kuin alkuperäisissä suunnitelmissa ja täyttömateriaalien sekä ruoppaustyön määrä vähentyisi. Ampumaratojen madaltamisella ja ampumapaikkojen siirroilla pyritään materiaali- ja kustannussäästöihin hankkeella. Altaiden ruoppaustyö on aikaa vievä ja kustannukseltaan kallis työvaihe, sillä siihen vaaditaan erikoiskalustoa. Louhe on vallin rakennusmateriaaleista kustannukseltaan kallein ja haastavin saada, ja lampien täyttötöyt on tehtävä louheella tukipengerten alla. Tukitäyttöihin ei käy vaihtoehtoisilla materiaaleilla esimerkiksi betonilouheella, sillä niistä voi liueta vesistöön ympäristölle haitallisia aineita.

4.1 Ampumapaikkojen madaltaminen

Tässä osiossa käsitellään tarkemmin ampumaratojen madaltamista korkoon +86.50. Ampumaratoja leikkaamalla haulikkoratojen alueesta saataisiin tasainen ja yhtenäinen. Maa-ainesten ottaminen ei häiritse lähiympäristön asutusta tai turmelisi alueen maisemaa. Vallin rakentaminen olisi helpompi toteuttaa, jos korkeuserot olisivat pienempiä kuin alkuperäisissä suunnitelmissa. Ampumaraodoilta syntyvää kiviainesta ei tarvitsisi ajaa alueelta muualle, vaan se saataisiin kokonaisuudessaan hyödynnettyä vallin tukirakenteissa. Massanvaihtotyöt nopeutuisivat huomattavasti, kun louhetta saataisiin rakenteeseen nopealla aikataululla. Ampumaradan aluetta voitaisiin madaltamisen jälkeen uudistaa ja maisemoida tilaajan haluamalla tavalla.

4.1.1 Haulikkorata 1 ja pysäköintialue

Haulikkoradan 1 ja pysäköintialueen leikkausmäärä yhteensä pistepilvimallin (Liite 3) mukaan on $48\,313\text{ m}^3\text{ ktr}$. Madallettavan alueen pinta-ala (Liite 4) mukaan on $6\,786\text{ m}^2$. Määrälaskennan mukaan (Taulukko 2) haulikkoradalta 1 ja pysäköintialueelta saisi louhittua yhteensä 41 527 kiintoteoreettista kuutiota louhetta ja joka on tonneissa 110 047 tn.

Taulukko 2. Haulikkoradan 1 ja pysäköintialueen leikkausmäärät

Leikkausmäärät haulikkorata 1 ja pysäköintialue

| | Alueen pinta-ala (m ²) | Pintamaan kerrospaksuus (m) | Kaivuun määrä (m ³ ktr) |
|-----------------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| Pintamaan poisto | 6 786,0 | 1 | 6786 |
| | | | |
| | Leikkauksen määrä (m ³ ktr) | Pintamaan poistot | Louhinnan määrä (m ³ ktr) |
| Louhinta | 48 313,0 | 6786 | 41 527 |
| | | | |
| | m ³ ktr | tn / m ³ ktr (Louhe) | tn |
| Kuutio - tonnimuunnos | 41 527 | 2,65 | 110047 |
| | | | |

4.1.2 Haulikkorata 2

Haulikkoradan 2 leikkausmäärä pistepilvimallin (Liite 3) mukaan on 26 860 m³ktr. Madallettavan alueen pinta-ala (Liite 4) mukaan on 4 916m².

Määrälaskennan mukaan (Taulukko 3) haulikkoradalta 2 saisi louhittua yhteensä 21 944 kiintoteoreettista kuutiota louhetta ja joka on tonneissa 58 152 tn.

Taulukko 3. Haulikkoradan 2 leikkausmäärät

Leikkausmäärät haulikkorata 2

| | Alueen pinta-ala (m ²) | Pintamaan kerrospaksuus (m) | Kaivuun määrä (m ³ ktr) |
|-----------------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| Pintamaan poisto | 4 916,0 | 1 | 4916 |
| | | | |
| | Leikkauksen määrä (m ³ ktr) | Pintamaan poistot | Louhinnan määrä (m ³ ktr) |
| Louhinta | 26 860,0 | 4916 | 21 944 |
| | | | |
| | m ³ ktr | tn / m ³ ktr (Louhe) | tn |
| Kuutio - tonnimuunnos | 21 944 | 2,65 | 58152 |
| | | | |

4.1.3 Haulikkorata 3

Haulikkoradan 3 leikkausmäärä pistepilvimallin (Liite 3) mukaan on 14 318 m³ktr. Lisäksi täytettävää tasoon +86.50 syntyisi 1 673 m³ktr. Madallettavan alueen pinta-ala (Liite 4) mukaan on 3 519 m². Täyttötyöt pystyisi tekemään pinta-amaista, joita radalta kaivettaisiin pois ennen louhintaa.

Määrälaskennan mukaan (Taulukko 4) haulikkoradalta 3 saisi louhittua yhteensä 10 799 kiintoteoreettista kuutiota louhetta ja joka on tonneissa 28 617 tn. Täyttöä syntyisi yhteensä 1439 m³rtr. Pintamaat voidaan välivarastoida lähelle aluetta louhinnan ajaksi ja hyödyntää täyttötöissä louhinnan jälkeen.

Taulukko 4. Haulikkoradan 3 leikkaus- ja täyttömäärät

Leikkausmäärät haulikkorata 3

| | Alueen pinta-ala (m ²) | Pintamaan kerrospaksuus (m) | Kaivuun määrä (m ³ ktr) |
|-----------------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| Pintamaan poisto | 3 519,0 | 1 | 3519 |
| | | | |
| | Leikkauksen määrä (m ³ ktr) | Pintamaan poistot | Louhinnan määrä (m ³ ktr) |
| Louhinta | 14 318,0 | 3519 | 10 799 |
| | | | |
| | m ³ ktr | tn / m ³ ktr (Louhe) | tn |
| Kuutio - tonnimuunnos | 10 799 | 2,65 | 28617 |
| | | | |
| | m ³ ktr | y1 * k1*k2*y2 (Hk) | m ³ rtr |
| Täytön määrä | 1 673 | 0,86 | 1439 |
| | | | |

4.1.4 Määrämuutokset

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan vallin 1 kokonaistilavuus on 824 410m³rtr. Vallin huippu tulisi olemaan korossa +119.0. Ampumaratoja madaltamalla korkoon +86.5 huipun korkeus tulisi olemaan tasossa +111,5, eli valli olisi tasainen koko matkalta. Tämän myötä vallien 1 ja 2 välinen korkoero tulisi olemaan 1,5 metriä. Vallin juuri tulisi myös kaventumaan yhtä leveäksi vallin 2 juuren kanssa. Vallin määrämuutokset voidaan laskea hyödyntämällä vallin 2 määräluetteloa. Valli 1 on 1,52 kertaa pidempi kuin valli 2, joten määrämuutokset on laskettu kertomalla vallin 2 määrät kertoimella 1,52. Lisäksi lisätään 1,5 metriä

korkea pintakerros, jonka voi rakentaa pintamaista. Taulukossa on esitelty arvioituja määrämuutoksia vallirakenteen osalta.

Taulukko 5. Vallin 1 määrämuutokset

| Rakennekerros (korkeus) | Materiaali | Määrä | Yksikkö | Kerroin | Valli 1 | Yksikkö | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|--------------------|-------------------------|---------|--------------------|--|
| Valli 2 neliömäärät | Suojakangas: haulienkeruuviira tms. | 13 700 | m ² | 1,52 | 20824 | m ² | |
| Yhteensä valli 2 massat | Pintamaa: Multa tai kasvualusta | 9 080 | m ³ rtr | 1,52 | 13801,6 | m ³ rtr | |
| | Kuivatuskerros: karkea kitkamaatäyttö | 9 080 | m ³ rtr | 1,52 | 13801,6 | m ³ rtr | |
| | Tiivistekerros: Kuivakuorisavi tms. | 15 100 | m ³ rtr | 1,52 | 22952 | m ³ rtr | |
| | Kitkamaatäyttö, suotuisaa käyttää kevyitä täyttömateriaaleja | 20 800 | m ³ rtr | 1,52 | 31616 | m ³ rtr | |
| | Tukipenger: Louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 127 100 | m ³ rtr | 1,52 | 193192 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö: ylijäämämaa/luvan salliessa myös muut materiaalit | 105 400 | m ³ rtr | 1,52 | 160208 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros: Huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 19 090 | m ³ rtr | 1,52 | 29016,8 | m ³ rtr | |
| | Pilaantuneet maat, esim. HDPE kalvorakenteen sisällä | 3 600 | m ³ rtr | 1,52 | 5472 | m ³ rtr | |
| | Rakennekerros 110 - 111,5 | Pintamaa: Multa tai kasvualusta | 2 550 | m ³ rtr | | | |
| | Yhteensä | KOKONAISTILAVUUS Valli 1 | 472 610 | m³rtr | | | |

Ampumaratojen madaltamisen jälkeen vallin 1 kokonaisuustilavuus olisi arviolta 472 610m³rtr. Vallin tilavuus pienenesi 351 800 m³rtr madaltamisen ja sitä seuraavan rakenteiden kaventumisen myötä.

4.2 Ampumapaikkojen siirtäminen

Turpeennostoaltaat on numeroitu järjestykseen 1-3. Nykyisten suunnitelmien mukaan tukipenkereiden alle jää yhteensä noin 5800m². Ampumaratoja siirtämällä altaitten tukitäytön pinta-ala laskisi yli 65 % alkuperäisestä. Tämä vähentäisi käytettävän louheen määrää ja myös ruoppaustyötä merkittävästi massanvaihtojen osalta. Suurimmat määrämuutokset syntyisivät altaan 3 osalta, jonka alkuperäinen täyttöalue on 4200m².

Ampumapaikkojen siirtämisestä on laadittu alustava muutossuunnitelma (Liite 5) jonka mukaan määrälaskennat on tehty.

4.2.1 Tukitäytön määrät nykyisillä suunnitelmissa

Työssä käytettävä määrä on vallin suunnitelmista mitattuja arvioita todellisista täyttömääristä. Tukitäytöt tehdään kokonaisuudessaan louheesta. Pinta-alaltaan suurimman lammen kohdalla tukipenger on tavallista leveämpi, jotta vallin stabi-
liteetti säilyy. Rakenneteoreettisen louhekuution tonnimuutokseen on käytetty kerrointa 1,82.

Taulukko 6. Lampien tukitäytön määrälaskenta nykyisistä suunnitelmista

ALTAITTEN TÄYTTÖ ALKUPERÄINEN

| | Allas | Täyttösyvyys (m) | Pinta-ala (m ²) | m ³ rtr | tn/m ³ rtr | tn |
|----------------------------|----------|------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|---------|
| Turpeennosto altaat 1-3 | A1 | 1,7 | 5153 | 8760,1 | 1,82 | 15943,4 |
| | A2 | 1,7 | 531 | 720 | 1,82 | 1310,4 |
| | A3 | 2,5 | 1600 | 4000 | 1,82 | 7280 |
| | Yhteensä | | 7284 | 13480 | | 24534 |

4.2.2 Tukitäytön määrät uusilla suunnitelmissa

Muutossuunnitelman myötä (Liite 5) altaiden 1 ja 3 osalta täyttömäärät laskisivat merkittävästi alkuperäisestä. Altaan 2 määrät taas nousisivat tukipenkereen liikuttua enemmän sen päälle osuvalle alueelle. Altaitten syvyys on noin 0,7 m - 1,5 m, jonka lisäksi pohjaa ruopataan noin 1 m -1,5 m kovaan pohjaan asti.

Taulukko 6. Lampien tukitäytön määrälaskenta muutossuunnitelman mukaan

ALTAITTEN TÄYTTÖ MUUTOSSUUNNITELMA

| | Allas | Täyttösyvyys (m) | Pinta-ala (m ²) | m ³ rtr | tn/m ³ rtr | tn |
|----------------------------|----------|------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--------|
| Turpeennosto altaat 1-3 | A1 | 1,7 | 1671 | 2840,7 | 1,82 | 5170,1 |
| | A2 | 1,7 | 200 | 720 | 1,82 | 1310,4 |
| | A3 | 2,5 | 130 | 325 | 1,82 | 591,5 |
| | Yhteensä | | 2001 | 3886 | | 7072 |

5 KUSTANNUSLASKENTA

Kustannuslaskenta alueelta louhitusta maa-aineksesta tehdään määrälaskennasta saatujen määrien perusteella. Louheen kustannuslaskennassa on hyödynnetty yrityksen sisäisen kalliorakentamisyksiköstä tarjottuja louhintahintoja. Kustannuslaskennassa on lisäksi esitelty erilaisia vaihtoehtoja muualta tuodulle louheelle ja sen kustannuksille. Kaikki kustannukset on laskettu arvonlisäverottomina. Lisäksi ampumaradan kuormahyvitysmaksuja ei ole huomioitu kustannuksissa.

Hirvihaaran ampumaradan suojavallien rakentamishankkeessa kustannukset syntyvät etupainotteisesti. Ennen kuin ylijäämämaita ja uusiomateriaaleja pystytään vastaanottamaan vallin rakenteisiin ja synnyttämään tätä kautta rahoitusta hankkeelle, joudutaan vastaanottoaikat ja perusinfra rakentamaan pääosin ositetulla kiviaineksella. Hankkeen kannattavuuden osalta olisi merkittävää, että louhetta saataisiin rakenteisiin mahdollisimman läheltä ja kuljetuskustannukset laskisivat.

5.1 Tukipenkereen louheet alueelta

Tukipenkereiden louheen kustannukset alueella syntyvät louhinnan lisäksi sen lastaamisesta ja kuljetuksesta rakenteeseen. Lyhyen ajomatkan takia laskennassa on käytetty kuormaukseen pyöräkuormaajan sekä 35tn tela-alustaisen kairavinkoneen ja kuljetukseen dumpperin tuntihintoja. Dumpperi on työmaan sisäisiin maansiirtoihin kustannustehokkain ratkaisu, sen lavakoko on tilavuudeltaan suurempi kuin kuorma-autoissa. Dumpperilla pääsee myös paremmin kulkemaan hankalassa maastossa. Dumpperin maa-aineskuljetusten kapasiteettina on käytetty 850 m³itd/tv8 . Tuntihinnat ovat arvioita yleisesti käytössä olevista tuntiveloitushinnoista.

Työssä käytettävät tuntihinnat:

- KUP xx €/h
- Kkht 35tn xx €/h
- Kkht 45tn xx €/h
- Dumpperi xx €/h

Pintamaiden poiston ja louhinnan lisäksi kustannuksissa on huomioitu maanpinnan tasaaminen, jossa hyödynnetään ampumaradan vanhoja pintamaita. Louhinta ja maanpinnan tasaaminen tehtäisiin talvityönä, jonka myötä ampumaradan toiminta häiriintyisi louhinnoista mahdollisimman vähän.

5.1.1 Pintamaiden poisto ja maanpinnan tasaaminen

Pintamaiden leikkausta syntyisi määrälaskennan mukaan 15 221m³ktr. Pintamaitten kuljetus tehtäisiin alueella sijaitseville varastokentille, josta se kuljetettaisiin louhinnan jälkeen takaisin alkuperäiseen paikkaansa.

Pintamaan maalaji on pääsääntöisesti hiekkaa pohjatutkimuksien perusteella.

Taulukko 7. Pintamaiden poistot

| | Kiintokuutiot m3ktr | y1*k1 (Hk) | Lavakuutiot m3itd | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Varastointimäärä | 15 221 | 1,30 | 19787,3 | |
| | | | | |
| | Lavakoko (m3) | Lavakuutiot (m3itd) | Kuormien määrä | |
| Kuormien määrä | 24 | 19 787,3 | 824 | |
| | | | | |
| | Matka (km) | Keikka-aika (min) | Kuormia tunnissa (h) | Tunnit yhteensä |
| Maansiirrot | >0,5 | 12,0 | 5 | 165 |
| | | | | |
| | Kalusto | Tuntihinta (€/h) | Tunnit (h) | Kustannus € |
| Pintamaiden leikkauksen kustannus | Kkht 35 | xx | 165 | xx |
| | Dumpperi | xx | 165 | xx |
| | | | | Yhteensä (€) |
| | | | | xx |
| | m3ktr | kustannus (€) | €/m3ktr | |
| Leikkauksen yksikköhinta | 15 221 | xx | xx | |
| | | | | |

Louhinnan jälkeen pintamaat ajetaan takaisin haulikkoratojen pintarakenteeksi välivarastokentiltä. Lastaus suoritetaan pyöräkuormaajalla, ja vastaanotto sekä tasaus kaivinkoneella. Kaivinkonetunteja tasauksella on varattu puolet lastaus- ja kuormaustunneista, sillä konetta ei tarvitse kokoaikaisesti vastaanottoon ja se pääsee tasaamaan kuormia tarvittaessa muitten töitten ohella. Pintamaat pystytetään hyödyntämään tarvittaessa myös osittain vallin pintarakenteissa, mutta

tässä tutkimuksessa kaikki pintamaat ajettaisiin takaisin ampumaradan pintarakenteiksi.

Taulukko 8. Maanpinnan tasaaminen

| | Lavakoko (m3) | Lavakuutiot (m3itd) | Kuormien määrä | |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Kuormien määrä | 24 | 19 787,3 | 824 | |
| | Matka (km) | Keikka-aika (min) | Kuormia tunnissa (h) | Tunnit yhteensä |
| Maansiirrot | >0,5 | 12,0 | 5 | 165 |
| | Kalusto | Tuntihinta (€/h) | Tunnit (h) | Kustannus € |
| Lastauksen ja tasoittelun kustannus | Kkht 35 | xx | 83 | xx |
| | Dumpperi | xx | 165 | xx |
| | KUP | xx | 166 | xx |
| | | | | Yhteensä € |
| | | | | xx |
| | Lavakuutiot (m3itd) | k2*y2 (Hk) | m3rtr | |
| Rakenteen tiivistyminen | 19 787 | 0,66 | 13060 | |
| | m3rtr | kustannus (€) | €/m3rtr | |
| Tasauksen yksikköhinta | 13 060 | xx | xx | |

5.1.2 Louhinta

Louhinnan tarjoushinnaksi tutkimusta varten saatiin xx €/tn. Kivikoko vasaroituna 0-1000 mm, joka sopii massanvaihtoihin ja tukirakenteisiin. Jos alueen madaltamista lähdetään toteuttamaan tulevaisuudessa, hintaa tarkastellaan uudestaan, kun kalliopintojen tarkka sijainti on selvillä. Louhetta saataisiin määrälaskennan mukaan 74 270m³ltr. Dumpperin hyötykuorma on 39 000 kg, jonka myötä kuormat on laskettava tonneissa.

Taulukko 9. Louhinnan kustannus

| | Yksikköhinta €/tn | Louheen määrä (tn) | Yhteiskustannus € |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Louhinnan kustannus | xx | 196 816,0 | xx |

5.1.3 Louheen lastaus ja kuljetus

Louheen lastaus ja kuljetus on laskettu Kkht 45tn kaivinkoneella ja dumperilla.

Taulukko 10. Louheen lastaus ja kuljetus

| | Kiintokuutiot m3ktr | y1*k1 (Louhe) | Lavakuutiot m3itd | |
|---|---------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Louheen määrä | 74 270 | 1,93 | 143341,1 | |
| | | | | |
| | Lavakoko (m3) | Tonnimuunnos (tn/m3itd) | Kuormakuutiot | Lavan hyötykuorma (tn) |
| | 24 | 1,8 | 43 | 39 |
| | | | | |
| Kuormamäärät | Kiintokuutiot m3ktr | Tonnimuunnos (tn/m3ktr) | Tonnit yhteensä (tn) | Kuormamäärä |
| | 74 270 | 2,65 | 196816 | 5046,6 |
| | | | | |
| | | | | |
| | Matka (km) | Kapasiteetti (tv8) | Kuutiota tunnissa (m3itd/h) | Tunnit yhteensä |
| Maansiirrot | >0,5 | 850,0 | 106,25 | 1349 |
| | | | | |
| | Kalusto | Tuntihinta (€/h) | Tunnit (h) | Kustannus € |
| Lastaus ja kuljetus | Kkht 45 | xx | 1349 | xx |
| | Dumperi | xx | 1349 | xx |
| | | | | Yhteensä (€) |
| | | | | xx |
| | m3ktr | kustannus (€) | €/m3ktr | |
| Lastauksen ja kuljetuksen yksikköhinnat | 74 270 | xx | xx | |
| | | | | |
| | tn | kustannus (€) | €/tn | |
| | 196816 | xx | xx | |

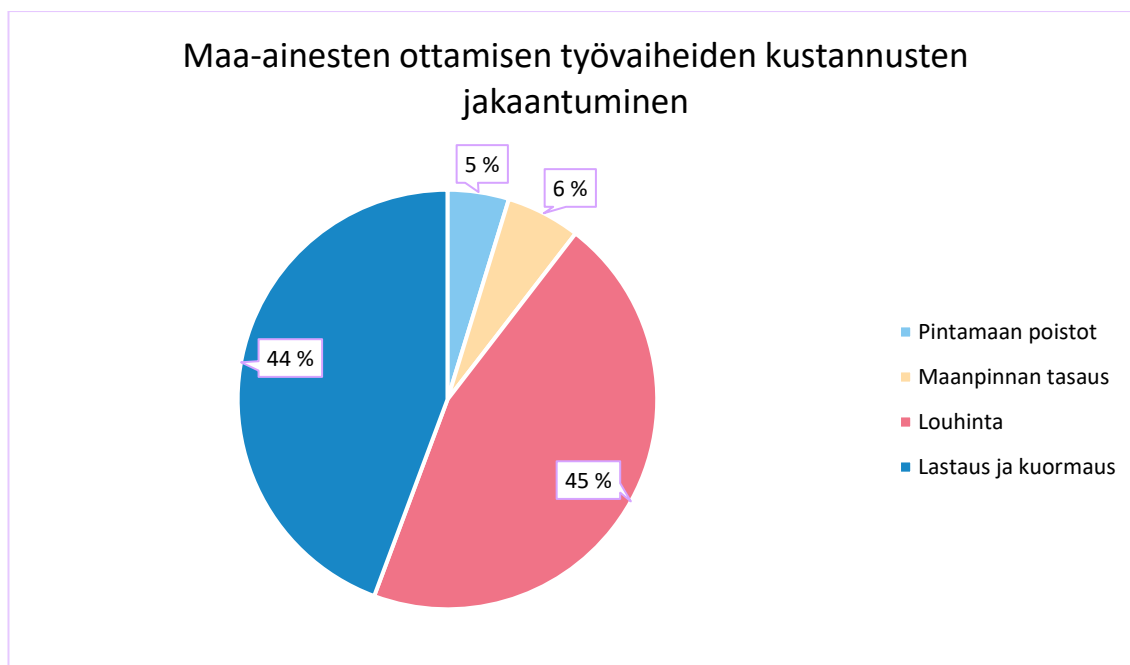
5.1.4 Madaltamisen kustannukset yhteensä

Taulukossa 11 on esitelty kaikkien työvaiheiden yhteiskustannus, ja kuinka paljon louheen yksikköhinnaksi tonneissa jää kaikkien työvaiheiden jälkeen.

Taulukko 11. Louheen yksikköhinta alueelta

| | Pintamaiden poistot | Maanpinnan tasaus | Louhinta | Lastaus ja kuormaus |
|--------------|---------------------|-------------------|-------------|---------------------|
| Kustannukset | xx | xx | xx | xx |
| | | | | |
| | Yhteensä (€) | Määrä (tn) | €/tn | |
| | xx | 196 816,00 | xx | |
| | | | | |

Taulukosta huomaa, kuinka louhinta ja sen lastaus ja siirtäminen rakenteeseen on suurin osa madaltamisen kustannuksista. Pintamaiden poistot ja maanpinnan tasaukset on vain 11 % kokonaiskustannuksesta.

**Kaavio 1.** Maa-ainesten ottamisen kustannusten jakaantuminen

5.2 Tukipenkereen louheet alueen ulkopuolelta

Hintavertailussa esitellään eri vaihtoehtoja, joista louhetta voidaan alueelle saada. Louheen runsaan kysynnän vuoksi Uudenmaan alueella, vaihtoehtoa sille, että ulkopuolinen urakoitsija sitä kohteelle toimittaisi hyvitystä vastaan, on rajattu tutkimuksessa pois. Esitellyt vaihtoehdot ovat ostokiviaines ja sisäinen louhinta tarvekivilouhimolla. Ostokiviaineksen osalta on esitetty, kuinka paljon louheen kustannus on ollut valli 2 rakentamisen osalta kuukauden (kesäkuu

2020) ajalta massanvaihdossa. Louheen ostohinnat eivät ole julkisia hintoja, ja tämän myötä niitä ei tässä työssä esitellä.

5.2.1 Louheet ostomateriaalina

Vuoden 2020 aikana valliin menneitten louheitten kustannukset ovat vaihdelleet noin xx €/tn – xx €/tn kuljetuskaluston ja matkan pituuden mukaan. Kustannuksiin on vaikuttanut myös kiviainespisteitten lastauskapasiteetti. Louhetta on ajettu 5-akselisilla kuorma-autoilla, puoliperävaunuilla sekä kasettiautoilla. Taulukossa on esitelty kuukauden ajalta, kuinka paljon louhe on maksanut noudettuna alueelle massanvaihtoja varten. Kustannukset on esitetty taulukossa toteutuneen laskutuksen mukaan. Taulukossa esitetään ajot ja louheen hinta yhdellä hinnalla, sillä louheen yksikköhinnat eivät ole julkista tietoa.

Taulukko 12. Louheen kustannukset ostomateriaalina

| | Viikko | Louheen määrä (tn) | Kustannus € | €/tn |
|------------|---------------------|--------------------|-------------|------|
| Viikot 1-4 | 1 | 3 805,0 | xx | xx |
| | 2 | 3 142,0 | xx | xx |
| | 3 | 5 531,0 | xx | xx |
| | 4 | 3 533,0 | xx | xx |
| | Keskiarvo | 4002,8 | | xx |
| | Yhteensä (€) | Määrä (tn) | €/tn | |
| | xx | 16 011,0 | xx | |

5.2.2 Sisäinen louhinta

Sisäinen louhinta ja lastaus tapahtui Kreaten kallioyksikön toimesta. Kuljetusmatka louhinta-alueelta työmaalle oli noin 20 kilometrin matka. Alueella työskenneltiin touko-kesäkuussa 2020, ja vallin 2 massanvaihtoja tehtiin tältä alueelta ajetuilta louheilla. Alueelta hyödynnettiin aikaisemmin irtiporattua kalliokiveä, joka rikotettiin lavalle sopivan kokoiseksi sekä 3045m³ ktr louhittiin kallioista. Urakoitsijalla oli alueella 35tn tela-alusteinen kaivinkone lastaamassa ja 30tn kaivinkone rikottamassa kalliokiveä. Laskennassa (Taulukko 13) on otettu

huomioon kaikki kulut, joita syntyi työn aikana. Ajokustannuksista huomaa sen, että kustannuksissa viikoittain on selkeitä eroja. Erot ovat syntyneet kuljetuskaluston mukaan, sillä lastauspaikka oli haastava ja loppua kohden ajon pystyi toteuttamaan vain 5-akselisilla kuorma-autoilla, joiden lavatilavuus on pienempi. Louheen määrä on laskettu autojen lavakapasiteetin mukaan kuormakirjoista.

Taulukko 13. Louheen kustannukset

| | Työ | työtunnit (h) | yksikköhinta (€/h) | yhteensä € | |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|--|
| Käsittely ja lastaus | Lastaus | 242,0 | xx | xx | |
| | Rammerointi | 181,0 | xx | xx | |
| | Yhteensä | | | xx | |
| | Työ | kpl | hinta € | yhteensä € | |
| Yleiskulut | Sosiaalitila | 1,0 | xx | xx | |
| | Mobilisaatio | 3,0 | xx | xx | |
| | Km-korvaukset | 1,0 | xx | xx | |
| | Yhteensä | | | xx | |
| | Työ | m3ktr | yksikköhinta (€/m3ktr) | yhteensä € | |
| Louhinta | Louhinta | 3 045,0 | xx | xx | |
| | Yhteensä | | | xx | |
| | Viikko | tn | Ajokustannukset € | yhteensä €/tn | |
| Louheen määrä viikoittain | 1 | 2 264,0 | xx | xx | |
| | 2 | 4 808,0 | xx | xx | |
| | 3 | 4 344,0 | xx | xx | |
| | 4 | 4 759,0 | xx | xx | |
| | 5 | 3 256,0 | xx | xx | |
| | Yhteensä | 19 431,0 | xx | xx | |
| | Työ | kustannus € | Louheen määrä (tn) | | |
| Kustannukset yhteensä | Käsittely | xx | | | |
| | Yleiskulut | xx | | | |
| | Louhinta | xx | | | |
| | Ajot | xx | | | |
| | Yhteensä | xx | | | |
| | | | | 19 431,0 | |
| | | | €/tn | | |
| | Yksikköhinta | xx | | | |

6 KUSTANNUSTEN VERTAILU

Kustannusten vertailulla saadaan tietoa siitä, kuinka paljon tukirakenteiden ja niiden massanvaihdon materiaalit tulisi kustantamaan eri vaihtoehdoilla. Vertailussa käytetään kustannuslaskennasta saatuja yksikköhintoja. Tässä vertailussa ei esitetä betoni- ja tiilijätteen hyödyntämistä rakenteessa, sillä uuden ympäristöluvan hakuprosessi on vielä keskeneräinen.

6.1 Louheen kustannus tukipenkereisiin

Tukipenkereitten osalta vertailua tehdään kaikkien kolmen määrälaskennassa esitetyn vaihtoehdon mukaan, sillä louhintoja on mahdollista päästä tekemään muillakin lähiseudun kivenottoalueilla hanketta varten, jolloin louheet hyödynnettäisiin tukipenkereissä. Louheet käytetään massanvaihdossa, huoltotien pohjarakenteissa sekä tukipenkereen rakenteissa siihen asti, kun louhittua materiaalia alueelta riittää vertailuun. Louhetta saadaan laskentojen perusteella alueelta 196 816 tonnin verran.

Taulukko 14. Louheen kustannusvertailu

| | Louheet alueelta (€/tn) | Louhe ostomateriaalina (€/tn) | Sisäinen louhinta (€/tn) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Yksikköhinnat | XX | XX | XX |
| | | | |
| | Yhteensä (tn) | | |
| Louheen määrä | 196 816,0 | | |
| | Yhteensä (€) | | |
| Kustannus | XX | XX | XX |
| | | | |

Taulukosta voi todeta, että kustannussäästö on merkittävä materiaalien suhteen, jos alueen maa-aineksia saataisiin louhittua rakenteisiin. Kuljetuskustannukset ovat suurin yksittäinen kustannuserä louheen kustannuksesta, kun ampumaraudan lähellä ei ole kiviainestoimipistettä. Materiaalikustannusten lisäksi louhetta saisi nopeammin rakenteeseen kuin muualta toimitettuna, ja tämän myötä rakentamiskustannukset laskisivat, kun sama työ saataisiin tehtyä nopeammin samoilla kalustoresursseilla.

6.2 Täyttömateriaalin kustannus

Täyttömateriaalin osalta vertailtu tehdään ostolouheen ja alueelta louhitun louheen vertailuna, sillä kun täyttötöitä aletaan tekemään, nämä kaksi vaihtoehtoa on todennäköisesti ainoat vaihtoehdot louheelle. Vertailu tehdään alkuperäisille ja muutossuunnitelmille.

Taulukko 15. Täyttömateriaalin kustannusvertailu eri vaihtoehdoilla

| | Alkuperäinen | | Muutossuunnitelma | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Louheet alueelta (€/tn) | Louhe ostomateriaalina (€/tn) | Louheet alueelta (€/tn) | Louhe ostomateriaalina (€/tn) |
| Yksikköhinnat | xx | xx | xx | xx |
| | | | | |
| | Yhteensä (tn) | | Yhteensä (tn) | |
| Louheen määrä | 24 534,0 | | 7 072,0 | |
| | | | | |
| | Yhteensä (€) | | Yhteensä (€) | |
| Kokonaishinta | xx | xx | xx | xx |
| | | | | |

Täyttömateriaalien määrissä ja kustannuksissa (Taulukko 15) on huomattavia eroja työmenetelmien välillä. Hankkeen kannalta kaikista kustannustehokkain ratkaisu olisi saada ampumaratoja siirrettyjä ja louhittua, jonka myötä täyttömateriaalien kustannus olisi xx €. Nykyisillä suunnitelmilla ja pelkällä ostolouheella tehtäessä hinta olisi xx €.

Pelkästään ratoja siirtämällä voitaisiin saada aikaan yli 70 % vähemmän täyttöä alkuperäiseen suunnitelmaan nähden. Ruoppaus ja massanvaihtotöiden merkittävä vähentyminen laskee myös konetöiden hintaa. Ruoppaus on erikoisrakentamista, jonka kustannus on huomattavasti kalliimpaa kuin perinteinen kaivinkonetyö. Pohjaliejun kaivuun määrän väheneminen olisi myös urakoitsijalle kannattavaa, sillä se veisi vallin pengertäytöistä tilavuutta pois ja täyttömateriaaleista saatavat vastaanottotulot vähentyisivät.

7 AIKATAULUHYÖDYT

Vallien muutossuunnitelmilla saataisiin aikaan merkittäviä aikatauluhyötyjä hankkeelle. Teoreettisten rakennuskuutioiden määrän vähentyessä 31,1 % prosentilla, vallien rakentamisaikataulu (Liite 6) voisi lyhentyä arviolta yhdeksästä vuodesta seitsemään vuoteen. Louheen saanti läheltä nopeuttaisi tukirakenteiden rakentamista ja tekisi työskentelystä ajallisesti sekä kustannukseltaan tehokkaampaa. Rakentamisajan lyhentyessä ampumaratatoiminta kärsisi vähemmän aikaa rakentamisesta ja hanke saataisiin valmiiksi suunniteltua aikaisemmin.

Aikataulun lyhentyessä kahdella vuodella myös rakentamisen aikaiset kustannukset laskevat. Materiaalikustannusten lisäksi työn tehokkuus kasvaa, ja kone-työhön varatut kustannukset laskevat. Hankkeen yhteiskustannukset laskevat alkuperäisestä arviosta, jos suojavallit valmistuvat etuajassa. Tällä hankkeella niihin sisältyvät muun muassa sosiaalitulat, toimihenkilöiden palkat, mittaukset ja katualueiden kunnossapito.

Ympäristön kannalta olisi myös tärkeää, että vallit saataisiin rakennettua mahdollisimman nopeasti valmiiksi, jotta haitta-aineita ei pääsisi luontoon. Kuormamäärien vähentyessä ja materiaalien saaminen alueen sisältä vähentää myös kuljuksesta syntyviä päästöjä. Raskaan ajoneuvoliikenteen liikennemäärät vähenisivät ja alueen asukkaille koituisi rakentamisesta häiriötä ennakoitua lyhyemmän aikaa.

8 POHDINTA

Vallin muutossuunnitelmilla ja maa-ainesten ottamisella alueelta saisi tutkimuksen perusteella selkeitä kustannus- ja aikataulusäästöjä hankkeelle. Muutossuunnitelmien hyödyt hyödyttäisivät sekä tilaajaa että urakoitsijaa pitkällä aikavälillä. Nykyisen ympäristöluvan sisältämällä materiaaleilla muutossuunnitelmien laatiminen olisi mielestäni kannattavaa urakan lopputuloksen kannalta. Louhinnan aikataulutaminen muuhun rakentamiseen nähden on tärkeää onnistuneen lopputuloksen kannalta, ettei kustannukset pääse nousemaan turhan odottelun ja materiaalin siirtelyn takia. Jos alueelta saataisiin louhetta hyötykäyttöön, tukipenkereet saisi rakennettua nopeammin kuin alun perin on aikataulutettu suuremman vallin osalta ja vastaanotto pystyttäisiin aloittamaan ennakoitua aikaisemmin.

Ennen muutossuunnitelmien laatimista on kuitenkin syytä tehdä perusteellisemmat pohjatutkimukset alueelle, sillä kustannukset nousevat, jos kallion pinta on arvioitua alempana ja maatyttöä on ampumaradoilla oletettua enemmän. Tärkeä osa muutossuunnittelussa on, että täyttömäärät pysyisivät mahdollisimman optimaalisina kustannusten kannalta ja aikatauluhyödyt ovat merkittäviä.

Tutkimuksen laskelmia voidaan pitää louhinnan määrien suhteen luotettavina, mikäli kallion pinta on arvioidulla tasolla. Täyttömäärien suhteen laskennan luotettavuus on vaikeampaa arvioida, sillä turpeenostoaltaiden pohjan syvyyttä on mahdotonta tietää ilman pohjatutkimuksia. Aikaisemmin toteutuneet kustannukset vertailua varten on paikkaansa pitäviä, sillä ne on saatu yrityksellä käytössä olevasta Jydacom-järjestelmästä.

Vallin muutossuunnittelua ei kannata aloittaa madaltamisen osalta ennen kuin uusi ympäristöluva on saatu voimaan. Jos uudessa ympäristöluvassa saa hyödyntää betoni- ja tiilijätettä tukirakenteissa, on urakoitsijan kannalta kustannustehokkaampaa käyttää uusiomateriaaleja tukipenkereissä kuin alkaa louhimaan kiiveä alueelta. Opinnäytetyön tuloksena saatiin kuitenkin realistinen määrä- ja kustannusarvio siitä, kuinka paljon voidaan tukipenkereiden rakenteissa säästää, jos ne on rakennettava luonnonmateriaaleista.

LÄHTEET

CircHubs-verkosto. 2020. Maa- ja kiviainekset. Luettu 09.09.2020 <https://circ-hubs.fi/tietopankki/maa-ja-kiviainekset/>

GeoPro Consulting. 2020. Maa- ja pohjarakenteiden työselostus Luettu 15.04.2020.

GeoPro Consulting. 2020. Vallien suunnittelu. Luettu 16.04.2020.

Keski-Uudenmaan ympäristölautakunta. 2018. Luettu 21.4.2020. Ympäristölupa TUUDno-2017-182

Kreate. 2020. Luettu 15.04.2020. www.kreate.fi

Rakennustieto. 2015. Määrämittausohje. Luettu 29.04.2020. Luettavissa: https://www.rakennustieto.fi/html/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf

Paikkatietoikkuna. 2020. Luettu 09.09.2020. Käytettävissä: karta.paikkatietoikkuna.fi)

Pohjatekniikka Oy. 2019. Pohjatutkimus- ja suojavallien perustaminen, Luettu 18.6.2020

Rakennustieto. 2015. Määrämittausohje. Luettu 29.04.2020. Luettavissa: https://www.rakennustieto.fi/html/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf

Sitra. 2020. Luettu 09.09.2020. Luettavissa: <https://www.sitra.fi/caset/ylijaama-maa-aineksen-kierratyspalvelu/>

Työturvallisuuskeskus. 2016. TTK Räjätys- ja louhintatyön turvallisuusohje. Luettu 14.09.2020. Luettavissa: https://ttk.fi/files/6418/Rajaytys_ ja_louhintatyon_turvallisuusohje_23123.pdf

Ympäristö.fi. Maa-ainesten ottamiseen liittyvät luvat ja ilmoitus. 2020. Luettu 11.09.2020. Luettavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi/luvut_ ja_ ymparistovaikutusten_arviointi/luvut_ ilmoitukset_ ja_ rekisterointi/maaainesten_ ottamiseen_ liittyva_ ilmoitus_ ja_ luvat

Ympäristöministeriö. 2014. Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta BAT Luettu 22.04.2020. Luettavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136000/SY_4_2014.pdf?sequence=1

LIITTEET

Liite 1. Vallin määräluettelo. GeoPro Consulting. 2020.



Määräluettelo Valli 1

22.11.2019

Sivu 1 / 2

Hirvihaaran ampumaradan Vallin 1 massamäärät rakennekerroksittain

| Rakennekerros (Valli 1) | Materiaali | Määrä | yksikkö | Huom. |
|------------------------------------|---|--------|--------------------|------------|
| Pintarakenteet (+82...+119) | Suojakangas, haulienkeruuviira tms. | 23 800 | m ³ rtr | Neliömäärä |
| | Pintamaa, kasvialusta | 17 500 | m ³ rtr | |
| | Kuivatuskerros, karkea kitkamaatäyttö | 17 500 | m ³ rtr | |
| | Tiivistekerros, kuivakuorisavi tms. | 29 000 | m ³ rtr | |
| Vallin rakennekerros 7 +113...+118 | Kitkamaatäyttö, suotuisaa käyttää kevyitä täyttömateriaaleja | 7 300 | m ³ rtr | |
| Vallin rakennekerros 6 +108...+113 | Kitkamaatäyttö, suotuisaa käyttää kevyitä täyttömateriaaleja | 30 300 | m ³ rtr | |
| Vallin rakennekerros 5 +103...+108 | Kitkamaatäyttö, suotuisaa käyttää kevyitä täyttömateriaaleja | 10 900 | m ³ rtr | |
| | Tukipenger, louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 34 400 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö, puhdas ylijäämämaa | 15 200 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros, huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 2 550 | m ³ rtr | |
| Vallin rakennekerros 4 +98...+103 | Tukipenger, louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 53 000 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö, puhdas ylijäämämaa | 39 800 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros, huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 5 840 | m ³ rtr | |
| Vallin rakennekerros 3 +93...+98 | Tukipenger, louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 59 700 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö, puhdas ylijäämämaa | 67 600 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros, huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 9 220 | m ³ rtr | |
| Vallin rakennekerros 2 +88...+93 | Tukipenger, louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 66 700 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö, puhdas ylijäämämaa | 97 500 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros, huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 12 800 | m ³ rtr | |

| | | | | |
|-------------------------------------|---|---------|--------------------|--|
| Vallin rakennekerros 1 +83...+88 | Tukipenger, louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 65 500 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö, puhdas ylijäämämaa | 103 400 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros, huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 16 700 | m ³ rtr | |
| | Pilaantuneet maat, esim. HDPE kalvorakenteen sisällä | 7 000 | m ³ rtr | |
| Pohjarakenteet +80...+83 | Lammen tukitäyttö, louhe, karkea kitkamaa | 40 000 | m ³ rtr | Määrää vielä vaikea arvioida, lammen syvyydestä ei tietoa |
| | Massanvaihdot tason +83 alle, louhe, karkea kitkamaa | 15 000 | m ³ rtr | Määrää vaikea arvioida, riippuu pehmeän kerroksen paksuudesta |

| | Materiaali | Määrä | yksikkö | Huom. |
|---------------------------------|---|---------|--------------------|--|
| Yhteensä Valli 1 neliömäärät | Suojakangas, haulienkeruuvuira tms. | 23 800 | m ² rtr | Neliömäärä |
| Yhteensä Valli 2 massat | Pintamaa, multa, kasvualusta | 17 500 | m ³ rtr | |
| | Kuivatuskerros, karkea kitkamaatäyttö | 17 500 | m ³ rtr | |
| | Tiivistekerros, kuivakuorisavi tms. | 29 000 | m ³ rtr | |
| | Kitkamaatäyttö, suotuisaa käyttää kevyitä täyttömateriaaleja | 48 500 | m ³ rtr | |
| | Tukipenger, louhe, karkea kitkamaa, tiilimurske tai pulveroitu betoni | 279 300 | m ³ rtr | |
| | Pengertäyttö, puhdas ylijäämämaa | 323 500 | m ³ rtr | |
| | Tiivistyskerros, huolellisesti tiivistetty kitkamaatäyttö | 48 500 | m ³ rtr | |
| | Pilaantuneet maat, esim. HDPE kalvorakenteen sisällä | 7 000 | m ³ rtr | |
| | Lammen tukitäyttö, louhe, karkea kitkamaa | 40 000 | m ³ rtr | Määrää vielä vaikea arvioida, lammen syvyydestä ei tietoa |
| | Massanvaihdot tason +83 alle, louhe, karkea kitkamaa | 15 000 | m ³ rtr | Määrää vaikea arvioida, riippuu pehmeän kerroksen paksuudesta |
| Yhteensä Valli 2 | Kokonaistilavuus | 824 410 | m ³ rtr | |

Liite 2. Massa- ja muuntokertoimet. Rakennustieto. 2015.

Massakertoimet

| Maalaji | Massakertoimien yhdistelmät ja käänteisarvot | | | | | |
|---------|---|--|--------------------------------------|---|--|--------------------------|
| | Tilavuusyksikkö ennen kertomista massakertoimella | | | | | |
| | 1) m ³ ktr | 2) m ³ ktd | 3) m ³ itd | 4) m ³ rtd | 5) m ³ rtr | |
| | | $\frac{1}{y_1}$ | $\frac{1}{k_1} \times \frac{1}{y_1}$ | $\frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1} \times \frac{1}{y_1}$ | $\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1} \times \frac{1}{y_1}$ | |
| Savi | | 0,95 | 0,60 | 1,10 | 1,10 | 1) m ³ ktr |
| Siltti | | 0,94 | 0,63 | 0,98 | 0,98 | |
| Hiekka | | 0,95 | 0,77 | 1,05 | 1,16 | |
| Sora | | 0,87 | 0,77 | 1,05 | 1,16 | |
| Louhe | | 0,91 | 0,52 | 0,57 | 0,52 | |
| M-sora | | 0,83 | 0,46 | 0,60 | 0,67 | |
| Murske | | 0,83 | 0,40 | 0,54 | 0,60 | |
| | y ₁ | | $\frac{1}{k_1}$ | $\frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1}$ | $\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1}$ | 2) m ³ ktd |
| Savi | 1,05 | | 0,63 | 1,16 | 1,16 | |
| Siltti | 1,06 | | 0,66 | 1,04 | 1,04 | |
| Hiekka | 1,05 | | 0,80 | 1,10 | 1,21 | |
| Sora | 1,15 | | 0,87 | 1,20 | 1,33 | |
| Louhe | 1,10 | | 0,57 | 0,63 | 0,57 | |
| M-sora | 1,20 | | 0,56 | 0,72 | 0,80 | |
| Murske | 1,20 | | 0,48 | 0,65 | 0,73 | |
| | y ₁ × k ₁ | k ₁ | | $\frac{1}{k_1}$ | $\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2}$ | 3) m ³ itd |
| Savi | 1,68 | 1,60 | | 1,85 | 1,85 | |
| Siltti | 1,59 | 1,50 | | 1,56 | 1,56 | |
| Hiekka | 1,30 | 1,25 | | 1,37 | 1,52 | |
| Sora | 1,32 | 1,15 | | 1,39 | 1,54 | |
| Louhe | 1,93 | 1,75 | | 1,11 | 1,01 | |
| M-sora | 2,16 | 1,80 | | 1,30 | 1,45 | |
| Murske | 2,52 | 2,10 | | 1,37 | 1,52 | |
| | y ₁ × k ₁ × k ₂ | k ₁ × k ₂ | k ₂ | | $\frac{1}{y_2}$ | 4) m ³ rtd |
| Savi | 0,91 | 0,86 | 0,54 | | 1,00 | |
| Siltti | 1,02 | 0,96 | 0,64 | | 1,00 | |
| Hiekka | 0,95 | 0,91 | 0,73 | | 1,11 | |
| Sora | 0,95 | 0,83 | 0,72 | | 1,11 | |
| Louhe | 1,74 | 1,58 | 0,90 | | 0,91 | |
| M-sora | 1,66 | 1,39 | 0,77 | | 1,11 | |
| Murske | 1,84 | 1,53 | 0,73 | | 1,11 | |
| | y ₁ × k ₁ × k ₂ × y ₂ | k ₁ × k ₂ × y ₂ | k ₂ × y ₂ | y ₂ | | 5) m ³ rtr |
| Savi | 0,91 | 0,86 | 0,54 | 1,00 | | |
| Siltti | 1,02 | 0,96 | 0,64 | 1,00 | | |
| Hiekka | 0,86 | 0,82 | 0,66 | 0,90 | | |
| Sora | 0,86 | 0,75 | 0,65 | 0,90 | | |
| Louhe | 1,91 | 1,74 | 0,99 | 1,10 | | |
| M-sora | 1,49 | 1,25 | 0,69 | 0,90 | | |
| Murske | 1,66 | 1,38 | 0,66 | 0,90 | | |

Massakertoimien yhdistelmät ja käänteisarvot on laskettu valmiiksi numeroarvoiksi.

LIITE 3

Esimerkki, tilavuus- ja painoyksiköiden muuntokertoimet

| | | | | |
|--|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| HKR Taloudellisuus- standardit Maarakennusala Kunnallis- teknilliset työt Tilavuus- ja painoyksiköiden muuntokertoimet | 0000 Käsitiedot ja laatustandardit Massakertoimet y_1, k_1, k_2, y_2, ρ | Sijointus kansioon 0 Laatija | Rek. nro 2254/1 (5) HKR/Kao | Työnvaihe N, RO 2100, 3100 1996 |
|--|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--|

MATERIAALI











LAADINTAPERUSTEET

Sa, Si, (Hs, Ht), HHk, Hk, srHk, hkSr, Sr,
HtMr, HkMr,
M (= murske)

TVL-standardeja
HKR:n työntutkimuksia

TILAVUUS- JA PAINOYKSIKÖIDEN MUUNTOKERTOIMET

Taulukko 1

| Rakenne | Maalajit | Leikkauksesta kuljetus- välineeseen $y_1 \times k_1 \times \rho$ ($m^3ktr \rightarrow t$) | Kuljetusvälineestä rakenteeseen $1/\rho \times k_2 \times y_2$ ($t \rightarrow m^3rtr$) | Kuljetus- välineessä $1/\rho$ ($t \rightarrow m^3itd$) |
|-------------|--|---|--|---|
| Penger | Sa Si (Hs, Ht) HHk Hk srHk hkSr Sr HtMr HkMr | 2,52 2,54 1,90 1,82 1,95 2,20 2,24 2,55 2,30 | 0,36 0,40 0,50 0,47 0,45 0,40 0,38 0,40 0,40 | 0,66 0,62 0,70 0,71 0,65 0,60 0,58 0,60 0,60 |
| Eristys | Hk | 1,83 | 0,47 | 0,71 |
| Jakava | Sr M | 2,27 3,56 | 0,38 0,41 | 0,58 0,60 |
| Kantava | Sr M | 2,27 3,56 | 0,38 0,41 | 0,58 0,60 |
| Massankulku | | $m^3ktr \rightarrow t$ | $t \rightarrow m^3rtr$ | $t \rightarrow m^3itd$ |
| | |  m^3ktr |  t $1/\rho$ |  t $1/\rho$ |
| | | \downarrow | \downarrow | \downarrow |
| | |  m^3ktd |  m^3itd k_2 |  m^3itd |
| | | \downarrow | \downarrow | \downarrow |
| | |  m^3itd |  m^3rtd y_2 | |
| | | \downarrow | \downarrow | |
| | |  t |  m^3rtr | |
| | | | | |
| | | $\rho = \text{irtotiheys}$ $= t/m^3itd$ | | |

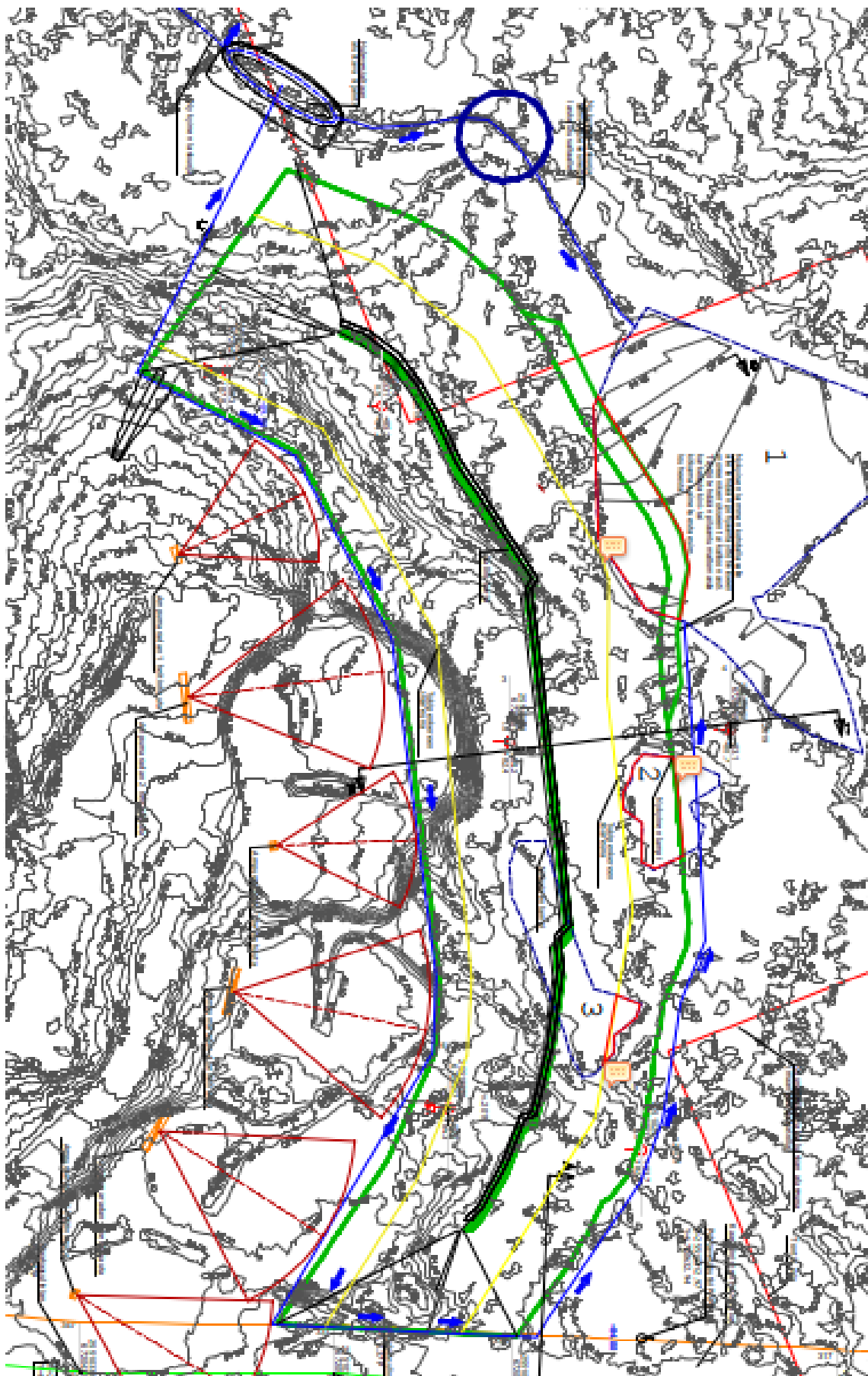
Liite 3. Leikkausmäärät



Liite 4. Leikkausten pinta-alat



Liite 5. Vallin muutos suunnitelma



Liite 6. Rakentamisaikataulu

| AIKATAULU NYKYISILLÄ SUUNNITELMILLA | | | | AIKATAULU MUUTOSSUUNNITELMILLA | | | |
|--|----------|----------|--|--|----------|----------|--|
| 1. Valli | | | | 1. Valli | | | |
| Massamäärä (m ³ tr) | 824 410 | | | Massamäärä (m ³ tr) | 472 610 | | |
| Aloitusvuosi | 2 022 | | | Aloitusvuosi | 2022 | | |
| Tavoitevuosi | 2 029 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2. Valli | | | | 2. Valli | | | |
| Massamäärä (m ³ tr) | 309 250 | | | Massamäärä (m ³ tr) | 309 250 | | |
| Aloitusvuosi | 2 020 | | | Aloitusvuosi | 2022 | | |
| Tavoitevuosi | 2 022 | | | Tavoitevuosi | 2026 | | |
| Rakentamiselle jäävä aika (a) | 9 | | | Rakentamiselle jäävä aika (a) | 7 | | |
| | | | | | | | |
| Tasainen rakentaminen, vuosittain sama määrä (m ³ tr) | | | | Tasainen rakentaminen, vuosittain sama määrä (m ³ tr) | | | |
| Vuosi | 2. Valli | 1. Valli | | Vuosi | 2. Valli | 1. Valli | |
| 2020 | 125972 | | | 2020 | 111694 | | |
| 2021 | 125972 | | | 2021 | 111694 | | |
| 2022 | 57306 | 68666 | | 2022 | 85862 | 25834 | |
| 2023 | | 125972 | | 2023 | | 111694 | |
| 2024 | | 125972 | | 2024 | | 111694 | |
| 2025 | | 125972 | | 2025 | | 111694 | |
| 2026 | | 125972 | | 2026 | | 111694 | |
| 2027 | | 125972 | | | | | |
| 2028 | | 125 884 | | | 309250 | 472610 | |
| | 309250 | 824 410 | | | | | |

Yhteensä
 MASSATARVE
 1 133 660 m³tr
 125 962 m³tr

Vuodessa