



# Maatuulivoimahankkeen infran esisuunnittelu YVA- ja kaava- luonnosvaiheessa

Jani Ilvesluoto

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2025

Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma

ILVESLUOTO JANI:

Maatuulivoimahankkeen infran esisuunnittelu YVA- ja kaavaluonnosvaiheessa

Opinnäytetyö 100 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Kesäkuu 2025

---

Tuulivoimahankkeita kehitetään Suomessa paljon ja pääosaan hankkeista laaditaan kaava. Tässä työssä tutkitaan tuulivoimahankkeen infran esisuunnittelua, mikä tehdään osana ympäristövaikutusten arviointi- ja kaavamenettelyn prosessia. Työ on laadittu Myrsky Energia Oy:lle, joka kehittää tuulivoimahankkeita. Yrityksellä on useita hankkeita YVA- ja kaavaluonnosmenettelyn vaiheessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia tuulivoimahankkeiden infran esisuunnittelua. Vastausta etsitään siihen, kuinka luotettavasti työpöytäsuunnittelussa voidaan tunnistaa suurimmat infrarakentamisen kustannuksiin ja toteutettavuuteen vaikuttavat asiat. Työssä laaditaan työpöytäversiona tuulivoimahankkeen kaavaluonnosten infrasuunnitelmat. Suunnitelmien perusteella hankealueella tehdään kenttätutkimukset. Kenttätutkimusten tiedoilla päivitettyjä suunnitelmia verrataan alkuperäisiin suunnitelmiin. Vertailun avulla tutkitaan kustannusvaikutuksia ja suunnitelmien toteutettavuutta. Työssä pyritään löytämään asiat, jotka voidaan luotettavasti suunnitella työpöydällä ja tunnistetaan asiat, jotka vaativat kenttätutkimuksilla täydennettyjä tietoja riittävän luotettavuuden saamiseksi.

Suuria lisäkustannuksia infrarakentamisessa aiheuttaa paksut murskekerrokset rakenteissa. Vesistöjen ylitykset ovat yksittäisenä tekijänä suuri lisäkustannus. Suurten korkeusvaihteluiden ja paksujen turvekerrosten alueilla murskemäärä kasvaa voimakkaasti. Tutkimuksen mukaan työpöydällä tapahtuvassa suunnittelussa voidaan tunnistaa suuret korkeuserot luotettavasti. Turvepitoisen maakerroksen paksuutta ei voi työpöytäsuunnittelussa tunnistaa ja ne tulee tarkastaa kenttätutkimuksilla. Turvepitoisten alueiden sijainnit voidaan tunnistaa kohdullisesti työpöytäsuunnittelussa. Kenttätutkimukset hankealueella parantavat suunnitelmien laatua ja poistavat epävarmuuksia. Vesistöjen sijainnit voidaan tunnistaa työpöytäsuunnittelussa, mutta niiden vaikuttavuutta on vaikea arvioida ilman kenttätutkimuksia. Voimalan sijainnin muutos vaikuttaa tuotantoon ja tulovirtaan. Tulovirran ja rakentamiskustannusten muutosta tulee verrata keskenään.

Suosituksena esitetään, että suunnittelualueen turvepaksuudet ja voimalasijainnin toteutettavuus todennetaan kenttätutkimuksilla. Työpöytäsuunnittelussa tunnistetut epävarmat sijainnit tulisi myös varmentaa kenttätutkimuksilla. Riittävä varmuus suunnittelun valinnoista, valintojen hyväksyttävyyys ja hankittu kenttätutkimustieto parantavat suunnittelun laatua ja vähentävät muutostarpeita.

---

Asiasanat: tuulivoimalat, infrarakentaminen, kaavoitus, ympäristövaikutusten arviointi

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Construction Engineering

ILVESLUOTO JANI:

Pre-planning of the onshore wind power project in the EIA and zoning phase

Master's thesis, 100 pages, appendices 0 pages

June 2025

---

A large number of wind power projects are being developed in Finland and zoning is being drawn up for most of the projects. This work explores the pre-planning of the wind power project infrastructure, which is done as part of the environmental impact assessment and planning processes. The work has been prepared for Myrsky Energia Oy, which develops wind-power projects. The company has several projects in the EIA and zone draft process phase.

The aim of the thesis is to study the pre-planning of wind power projects. The answer is sought for how reliably one can identify the biggest issues affecting the costs and feasibility of infrastructure construction in desktop design. As a desktop version of the work, infra-plans are drawn up for the wind power project's draft plans. Based on the plans, field studies will be carried out in the project area. Plans updated with field studies data are compared to the original plans. The comparison is used to examine the cost implications and feasibility of the plans. The work aims to find things that can be reliably designed on the desktop and identify things that require data completed with field studies to provide sufficient reliability.

Large additional costs in infrastructure construction are caused by thick aggregate layers in structures. Exceeding water bodies is a large additional cost as an individual factor. In areas with large height variations and thick layers of peat, the amount of aggregate increases strongly. According to the study, large differences in height can be reliably identified in the design on the desktop. The thickness of the peaty soil layer cannot be identified in the desktop design and should be checked by field studies. Locations of peat-rich areas can be reasonably identified in desktop design. Field studies in the project area improve the quality of the plans and eliminate uncertainties. The locations of water bodies can be identified in desktop design, but their effectiveness is difficult to assess without field studies. The change in the location of the power plant affects output and revenue flow. The change in income stream and construction costs should be compared.

It is recommended that the peat thicknesses and the feasibility of the power plant location in the planning area be verified by field studies. Uncertain locations identified in the desktop design should also be verified by field studies. Sufficient certainty of design choices, acceptability of choices and acquired field research data improve design quality and reduce change needs

---

Key words: wind turbines, infrastructure construction, zoning, environmental impact assessment

## SISÄLLYS

ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
ERITYISSANASTO .....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Opinnäytetyön tavoite ja tutkimuskysymykset .....	9
1.3 Tutkimusmenetelmät .....	10
1.4 Rajaus .....	11
2 KAAVOITUS, YVA JA TUULIVOIMA .....	12
2.1 Kaavahierarkia ja alueidenkäyttölaki .....	12
2.1.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, VAT .....	14
2.1.2 Maakuntakaava .....	14
2.1.3 Yleiskaava .....	14
2.1.4 Asemakaava .....	15
2.2 Kaavoitus- ja YVA-menettely samanaikaisesti .....	15
2.3 Ympäristövaikutusten arviointimenettely .....	16
2.4 Infrasuunnittelu osana YVA- ja kaavamenettelyä .....	18
2.4.1 Energiahankkeen liikenteellinen saavutettavuusselvitys ....	18
2.4.2 Luonto- ja muut selvitykset hankealueella .....	19
2.4.3 Maankäytön rajaukset .....	21
2.4.4 Tekninen infrastruktuuri ja olemassa oleva tiestö .....	22
3 KAAVALUONNOSVAIHEEN INFRASUUNNITTELUN TEORIA .....	23
3.1 Tuulivoimaloiden sijoittelu .....	25
3.2 Sähköasemien sijoittelu .....	26
3.3 Suunnittelun reunaehdot .....	28
3.4 Tiealueiden infran vaatimukset ja suunnittelu .....	30
3.4.1 Kunnostettava tie .....	35
3.4.2 Uusi tie .....	37
3.5 Nostoalueen infran vaatimukset .....	39
3.6 Maasto- ja maaperäolosuhteet .....	43
3.7 Yhteiskunnan tekninen infrastruktuuri .....	46
3.8 Vesistöt, alavat alueet ja turpeenottoalueet .....	48
4 KAAVALUONNOSVAIHEEN INFRAN ESISUUNNITTELU .....	50
4.1 Suunnittelussa käytettäviä paikkatietoaineistoja .....	50
4.2 Suunnittelun lähtötiedot .....	51
4.3 Nostoalueiden sijoittelun suunnittelu .....	54
4.3.1 Nostokentän suunnittelu perustilanteessa .....	55

4.3.2 Turve- tai suopohjainen nostoalue.....	61
4.4 Huoltotieverkosto .....	64
4.4.1 Kunnostettavat tiet.....	65
4.4.2 Uudet tiet.....	66
4.5 Työpöytäversiona laadittu infrasuunnitelma .....	67
5 KENTTÄTUTKIMUKSET ALUEELLA JA SUUNNITELMAPÄIVITYS..	69
5.1 Käytettävät tutkimusvälineet ja -menetelmät.....	69
5.2 Kenttätutkimusten suoritus ja dokumentointi .....	71
5.3 Havaintotietojen käsittely ja suunnitelmien päivitys.....	73
5.4 Rakennettavuus kenttätutkimusten perusteella.....	75
6 TYÖPÖYTÄSUUNNITELMIEN JA KENTTÄTUTKIMUKSESSA TÄYDENTYNEIDEN SUUNNITELMIEN ANALYSOINTI .....	77
6.1 Murskeet tie- ja nostoalueella .....	77
6.2 Suuri korkeusvaihtelu nostoalueella.....	78
6.3 Turvepohjainen nostoalue.....	81
6.4 Voimalan sijainnin muuttaminen.....	83
6.5 Kenttätutkimukset ja työpöytäsuunnitelmat tulosityhteenvedo .....	84
7 TULOSTEN TARKASTELU .....	85
7.1 Validiteetti .....	85
7.2 Realibiliteetti.....	86
8 YHTEENVETO .....	87
8.1 Tulokset .....	88
8.2 Johtopäätökset.....	89
8.3 Suositukset .....	90
8.4 Pohdinta ja jatkotutkimusehdotukset.....	90
LÄHTEET.....	92
VALOKUVALUETTELO .....	98

**ERITYISSANASTO**

asemakaava	Ohjaa kunnan osa-alueen maankäyttöä ja rakentamista.
korkeusmalli	Kuvaa maanpinnan korkeustasoa suhteessa merenpinnan tasoon.
LocusQIS	Mobiililaitteeseen asennettava sovellus paikkatietojen keräämiseen ja käsittelyyn.
maakuntakaava	Yleispiirteinen suunnitelma alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueella.
OAS	Osallistumisen arviointisuunnitelma. Kaavan alkuvaiheessa laadittu suunnitelma osallistumis- ja arviointimenettelyistä sekä kaavan vaikutusten arvioinnista.
ortokuva	Ilmakuva alueelta, jossa mittasuhteet ja etäisyydet on korjattu vastaamaan kartan mittakaavaa.
QGIS	Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelma, jolla voidaan selata, luoda ja analysoida paikkatietoja.
tekninen infrastruktuuri	Yhteiskunnan liikenneverkkoja, energiahuollon verkostoja, sähkö- ja tietoliikenneverkostoja sekä vesi- ja jätehuollon verkostoja käsittävä termi.
topografia	Maan pinnanmuotoja kuvaava sana.
tv-alue	Kaavaan merkitty tuulivoimalan rakentamisalue.
VAT	Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Valtioneuvoston päättämä alueidenkäyttö yhteiskunnan kannalta merkittävien tarpeiden huomioimiseksi.
VE	vaihtoehtoinen suunnitelma.
yleiskaava	Yleispiirteinen maankäytön suunnitelma kunnan alueiden käytön järjestämisestä.
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi. Prosessi, jossa arvioidaan suunnitellun hankkeen vaikutuksia ympäristöön ennen päätöksentekoa.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Tuulivoima oli toiseksi suurin sähköntuotantomuoto Suomessa heti ydinvoiman jälkeen vuonna 2024. Tuulivoiman osuus sähköntuotannosta oli 25 %, ydinvoiman 39 %, vesivoiman 18 %, biomassan 12 % ja muiden tuotantomuotojen osuus oli 6 %. (Energiateollisuus 2025a.).

Suomi on kehittynyt sähköntuotannossa ja ottanut askelia kohti omavaraisuutta 2010 ja 2020-luvulla. Tuulivoimalla tuotetun sähköntuotannon suuri kasvu ja Olkiluoto 3 -ydinvoimalan valmistuminen ovat suurimmat selittävät tekijät sähkön omavaraisuuden kasvuille. Suomessa katettiin omalla sähköntuotannolla vuonna 2010 noin 88 % kulutuksesta (Fingrid 2011). Vuonna 2024 sähköntuotannosta katettiin omalla sähköntuotannolla noin 96 % (Energiateollisuus 2025b, 9).

Tuulivoimalla tuotetun sähkön osuus Suomen sähköntuotannosta lähti kasvamaan voimakkaasti vuonna 2010 annetun tuotantotukilaille asetetun tavoitteen mukaisesti (Laki uusiutuvilla 2010/1396.; Syöttötariffi tuulisähkön 2017, 7.). Tuulivoimaloiden kehityksen, sähköntuotannon omavaraisuusvajauksen, vihreän siirtymän ja uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuen (syöttötariffin) vauhdittamana uusi energiantuotantomuoto sai vahvan kasvualustan.

Tuulivoimaloiden tuotantotehon kasvaessa ja voimaloiden suhteellisen hinnan alentuessa tuulivoimaloiden sähköntuotanto kehittyi myös markkinaehtoisesti kannattavaksi. Kuvaavaa kasvuvauhdista on se, että tuulivoimaloiden nimelliskapasiteetti Suomessa vuonna 2010 oli 197 MW (Stenberg & Holttinen 2011, 10) ja vuoden 2024 lopussa kapasiteetti oli 8358 MW (Tuulivoima Suomessa 2025, 2).

Tuulivoima on edullisin sähköntuotantotapa, kun mahdollisesti tarvittavia sähkön varastointikuluja ei oteta huomioon (Vakkilainen & Kivistö 2017, 12). Tuulivoima onkin ollut kiinnostava sijoituskohte ja sitä kautta investointimäärät Suomeen ovat olleet suuria. Puhtaana energiantuotantomuotona tuulivoima on yritysten hiilijalanjäljen pienentämisessä yksi mahdollistaja ja puhdas sähköenergia houkuttelee myös muita investointeja Suomeen. Tuulivoimalla tuotetun sähkön tuotantomäärä vaihtelee sään tuulisuuden mukaan ja tulevaisuudessa sähkön varastointi on tärkeä osa sähköntuotannon kokonaisuutta.

Tuulivoimahankkeiden selvitys- ja kaavoitusvaihetta ohjaavat lait ja asetukset, joista eniten vaikuttavana on laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017) ja alueidenkäyttölaki (132/1999). Maankäyttö- ja rakennuslain nimitys on muuttunut alueidenkäyttöläksi 1.1.2025 lähtien (laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 752/2023.).

Edellä mainittujen lakien määräyksinä oleviin selvitys- ja vaihtoehtotarkasteluihin liittyy myös tämän opinnäytetyön aihe, missä tutkitaan maatuulivoimahankkeen infran esisuunnittelua ympäristövaikutusten arviointi- ja kaavaluonnosvaiheessa. Opinnäytetyön yhteistyötahona on Myrsky Energia Oy, joka on perustettu vuonna 2020. Myrsky on suomalainen energiayhtiö, joka toimii tuuli- ja aurinkovoimahankkeissa ympäri Suomen. Myrskyllä on yli 50 hanketta Suomessa, joista suunnittelu- ja selvitysvaiheeseen edenneitä on 32 (Myrsky n.d).

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui tuulivoimahankkeen infran esisuunnittelu, mikä tehdään osana YVA (ympäristövaikutusten arviointimenettely) ja kaavamenettelyn prosesseja. Myrsky Energia Oy:llä on useita tuulivoimahankkeita, jotka olivat opinnäytetyön aikana YVA- ja kaavaluonnosvaiheessa. Yrityksessä havaittiin, että on tärkeä ymmärtää ja lisätä tietoutta hankkeen suunnitteluvalintoihin, kustannuksiin ja toteutettavuuteen vaikuttavista asioista. Tämä opinnäytetyö tarjoaa yrityksen hankekehitysvaiheen parissa työskenteleville henkilöille lisätietoa tuulivoimahankkeen infran esisuunnittelun perusteista.

Työssä taustoitetaan yritykselle infran esisuunnittelun taustateoriaa ja esitetään esimerkkivalokuvia todellisista tuulipuistohankkeen rakentamistilanteista ymmärryksen lisäämiseksi. Työssä laaditaan infrasuunnitelmat yhdelle hankkeelle kaavaluonnosten laatimista varten. Tämän jälkeen suunnitelmia tutkitaan hankealueella kenttätutkimuksilla ja vertaillaan rakennettavuuksia.

Olen ollut toteuttamassa useita tuulivoimahankkeita työmaan aloituskokouksesta avainten luovutukseen ja loppukatselmukseen asti. Näissä hankkeissa olen toiminut hankkeen eri osapuolten, kuten maanomistajien, viranomaisten, urakoitsijoiden, suunnittelijoiden ja rakennuttajan välimaastossa. Tätä kautta tuulivoimahankkeiden toteutusprosessi on tuttua kokemusperustan kautta. Jokaisessa hankkeessa on omia erityispiirteitä, mutta tietyt asiat toistuvat.

Opinnäytetyön laadinnan aikana olen kiertänyt ja analysoinut vuonna 2024 eri puolella Suomea yhteensä 165 voimalapaikkaehdotusta, millä perusteella olen tunnistanut tyypillisimmät voimalan siirtoehdotukseen johtavat tilanteet. Tässä

työssä analysoidaan kaksi tyypillisintä tilannetta. Tilanteet nostetaan esiin ja lisätään käsitystä toteutettavuudesta ja sen taustatekijöistä. Työn tarkoitus on lisätä ymmärrystä ja antaa tarvittavaa lisätietoja tuulivoimahankkeen hankekehitysvaiheen eri tehtävissä toimiville työntekijöille.

Yrityksen toimintaa kehittävänä ja oppimista lisäävänä tekijänä on esimerkiksi infrasuunnittelun taustatietouden lisääminen. Tässä tilanteessa infran esisuunnittelun tarve ja opinnäytetyön aihe kohtasivat toisensa ja näin tämä työ sai alkunsa.

Hankekehityksessä luodaan suunnitteluvaiheen YVA- ja kaavaprosessien kautta perusta hankkeeseen. Kun hanke etenee, muutosten tekemisen liikkumavara pienenee. Kun kaavaehdotus on hyväksytty, voimat tulee sijoittaa tuulivoimalalle tarkoitetun tv-alueen sisäpuolelle. Hankealue koostuu yleensä suuresta määrästä kiinteistöjä ja suurempien muutosten tekeminen esimerkiksi tielinjoihin voi osoittautua kaavan hyväksymisen jälkeen työläämmäksi. Hanke etenee sujuvammin ja ennustettavammin, kun suurimmat muutostarpeet on huomioitu jo alkuvaiheen suunnittelussa. Tämän takia on tärkeää, että esisuunnitteluvaiheessa pyritään mahdollisimman toteutuskelpoisiin vaihtoehtoihin ratkaisuihin. YVA- ja kaavaluonnosmenettely on osa tietoa lisäävää suunnitteluprosessia, minkä tuomia tietoja huomioidaan hankkeen suunnittelussa.

Kun esisuunnittelussa luodaan alkutilanne olemassa olevan tiedon perusteella huolellisesti, suunnitelmien muutostarve on pienempi. Hankkeen edetessä suunnittelua voidaan kohdistaa tarkempaan optimointiin. Onnistunut esisuunnittelun kokonaisuus parantaa kustannuksellista ja toteutuksellista ennustettavuutta.

Tuulivoima-ala on hyvin laaja ja tietoa on runsaasti saatavilla, eikä tässä työssä ole tarvetta keskittyä yleisiin tuulivoima-asioihin. Perustietoa tuulivoimasta on hyvin kattavasti esimerkiksi Suomen uusiutuvat ry:n nettisivuilta (Suomen uusiutuvat n.d.), Perustietoa löytyy myös Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisemasta tuulivoiman yleisoppaasta (Tuulivoiman yleisopas n.d.).

## **1.2 Opinnäytetyön tavoite ja tutkimuskysymykset**

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja tutkia tuulivoimahankkeiden infran esisuunnittelua ja siihen liittyvää kenttätutkimusten perusteella tarkentuvaa suunnittelua YVA- ja kaavaluonnosvaiheessa siten, että:

- Työpöytäversiona tehtyjen kaavaluonnosvaiheen infrasuunnitelmien osuvuus toteuttamiskelpoisuuteen olisi mahdollisimman hyvä. Lisäksi vaikuttavimmat kustannuksiin ja rakennettavuuteen liittyvät asiat osataan tunnistaa ja huomioida työpöydällä tapahtuvassa suunnittelussa.
- Infrasuunnitelmien perusteella tehtävissä kenttätutkimuksissa osataan tunnistaa oleelliset rakennettavuuteen ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Tarvittaessa osataan hankkia lähtötiedot vaihtoehtoisille suunnitteluratkaisuille maastosta.
- Maastohavaintojen ja paikkatietoaineiston analyysin perusteella osataan antaa lausunto voimalasijainnin toteutettavuudesta. Tarvittaessa ehdotetaan uutta voimalan sijaintia lähimaastosta, jolle osataan antaa perustelu.

Edellisten tavoitteiden perusteella on luotu seuraavat opinnäytetyön tutkimuskysymykset:

- Kuinka hyvin työpöytäversiona laaditut infrasuunnitelmat ovat toteuttamiskelpoisia kenttätutkimusten perusteella tarkennettuihin suunnitelmiin nähden?
- Minkälaiset asiat ovat merkittävimpiä rakennettavuuteen ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, joita voidaan tunnistaa ja huomioida työpöydällä tapahtuvassa suunnittelussa? Minkälaisia asioita tulisi varmistaa kenttätutkimuksilla?
- Mitkä ovat oleelliset toteutukseen ja kustannuksiin vaikuttavat sekä muut huomioon otavat asiat voimalan sijaintimuutoksessa?

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Toiminnallisena opinnäytetyönä laaditaan infran luonnossuunnitelmat paikkatietoaineistojen perusteella yhdelle tuulivoimahankkeelle, joka on valikoitunut satunnaisesti hankkeen suunnitteluajataulun mukaisesti. Luonnossuunnitelmat suunnitellaan työpöytäsuunnitteluna kahdelle vaihtoehtoiselle ratkaisulle VE1 ja VE2. Suunnittelussa käytetään QGIS-paikkatietosovellusta.

Hankealueelle suoritetaan työpöydällä laadittujen luonnossuunnitelmien perusteella kenttätutkimus. Tutkimuksessa tehdään havaintoja maasto-olosuhteista, joihin luonnossuunnittelussa on suunniteltu rakennettavan tuulivoimaloita tai huoltotieverkostoa. Havainnot maastosta dokumentoidaan paikkatietona puhelimeen tai tablettiin asennettavalla Locus GIS-mobiilisovelluksella.

Työpöytäversiona laadittuja suunnitelmia päivitetään kenttätutkimuksessa saatujen lisähavaintojen perusteella ja esitetään tarvittaessa voimalalle parempaa sijaintia lähialueelta. Tie- ja voimala-alueiden sijoittelua muutetaan tarvittaessa.

Työpöytäversion suunnitelmia ja kenttätutkimustiedoilla päivitettyjä suunnitelmia analysoidaan kustannusten ja toteutettavuuden näkökulmasta vertailututkimuksella.

#### **1.4 Rajaus**

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan tuulivoimahankkeen yleiskaavaluonnosten infrasuunnittelun vaihetta, missä suunnitellaan hankkeen huoltotieverkosto ja alustavat nostoalueiden sijoittelut. Suunnitelmat toimivat kaavaluonnosten laatimisen lähtötietoaineistona. Tuulivoimahankkeiden kokoluokka ohjaa käytännössä aina siihen, että hankkeelle suoritetaan ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA). Opinnäytetyössä käsitellään tästä syystä myös tuulivoimaan liittyvää kaavoitusta ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyä, koska ne ovat keskeistä asiasisältöä tuulivoimahankkeissa. On hyvä ymmärtää kaavan ja YVA:n yhteismenettelyprosessin keskeiset osa-alueet.

## 2 KAAVOITUS, YVA JA TUULIVOIMA

Tuulivoimahankkeisiin laaditaan yleensä yleiskaava, jolloin toimitaan kaavoitusta säätelevän lainsäädännön mukaisesti. Olennaisena osana kaavan laatimiseen liittyy ympäristövaikutusten arviointi. Infrasuunnitelmien laadinnassa tulee tunnistaa kaavoituksen vaihe ja suunnitelmiin vaikuttavat taustatekijät. Tässä kappaleessa taustoitetaan lyhyesti tuulivoiman yleiskaavoitus- ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.

### 2.1 Kaavahierarkia ja alueidenkäyttölaki

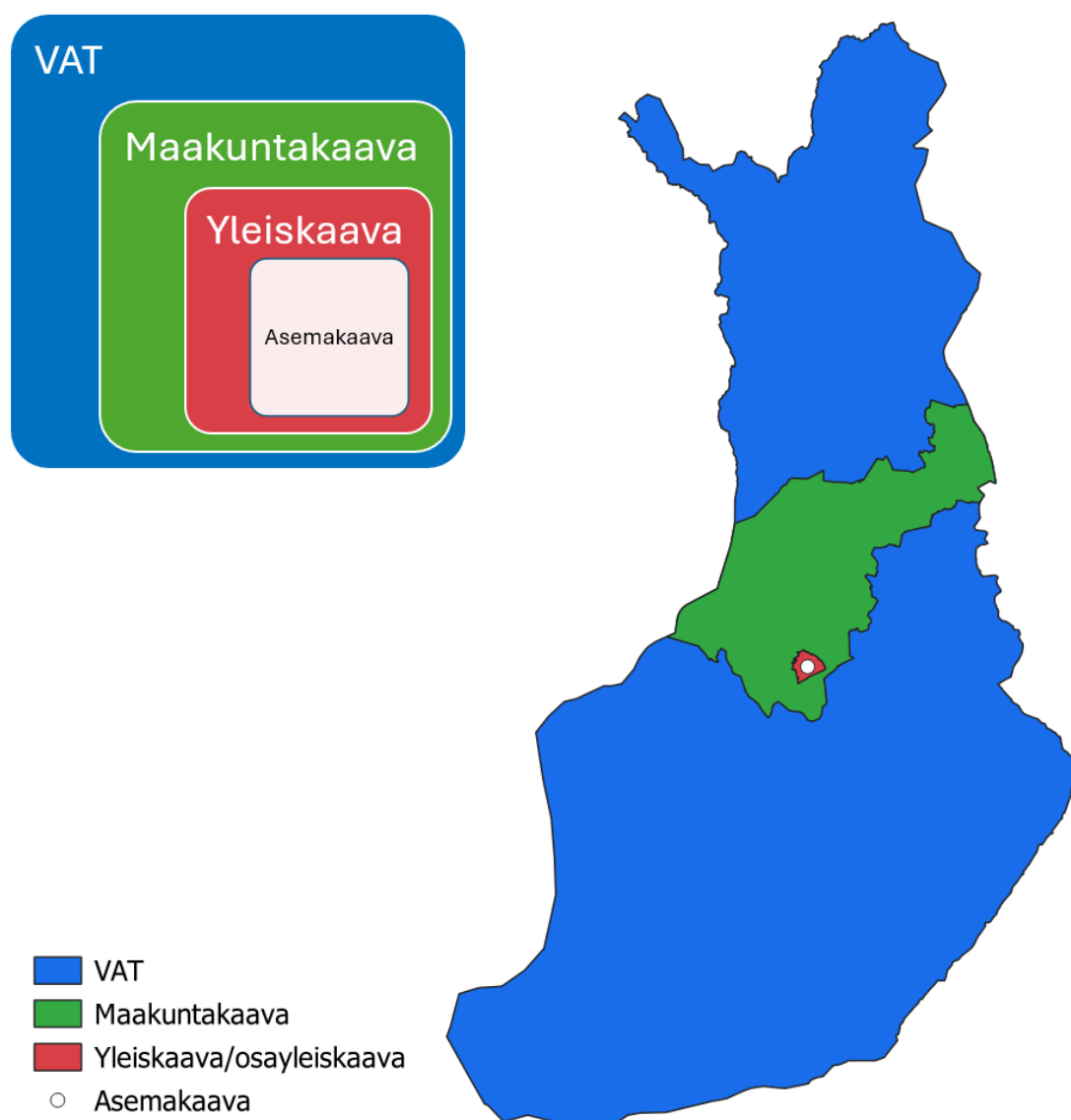
Kaavahierarkia on moniportainen kokonaisuus, jossa yleispiirteisempi suunnitelma ohjaa yksityiskohtaisemman suunnitelman laatimista ja sisältöä. Kaavahierarkian muodostavat valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, maakunta-kaava, yleiskaava ja asemakaava. Maankäyttösuunnitelmien tarkentuminen on suunnittelujärjestelmän ominaisuus. Tarkentunut suunnitelma ei saa kuitenkaan vaarantaa ylemmän kaavan keskeisiä näkökohtia. Yksityiskohtaisempi kaava syrjäyttää voimaan tullessaan alueellaan yleispiirteisemmän kaavan (Tieteen termipankki 2025.).

Maakuntakaavassa tehdyn aluerajauksen ohjausvaikutuksesta yleiskaavan aluerajaukseen on korkein hallinto-oikeus tehnyt lain tulkintaa koskevan päätöksen Vaalan kunnanvaltuuston hyväksymää yleiskaavaa koskien. Asiassa ratkaistiin kysymys, että oliko maakuntakaavan ohjausvaikutus otettu osayleiskaavaratkaisussa riittävällä tavalla huomioon. Osayleiskaava oli vaihemaakuntakaavassa osoitettuja tuulivoimala-alueita merkittävästi laajempi. Kaikki osayleiskaavassa osoitetut tuulivoimaloiden alueet sijoituivat kuitenkin maakuntakaavassa osoitetujen aluerajojen tuntumaan. Kaavaratkaisu ei sen perusteena olleiden selvitysten mukaan vaikeuttanut vaihemaakuntakaavan toteuttamista eikä ollut ristiriidassa vaihemaakuntakaavan keskeisten tavoitteiden ja periaatteiden kanssa. Kysymys oli siten sellaisesta vaihemaakuntakaavassa osoitetun maankäyttöratkaisun tarkentamisesta, jota ei ollut pidettävä maakuntakaavan ohjausvaikutuksen huomioon ottamista koskevien maankäyttö- ja rakennuslain säännösten vastaisena (KHO: 2023:57.).

Alueidenkäyttölaki ohjaa alueiden käyttöä ja rakentamista luoden edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävästä kehityksestä. Laissa säädetään alueiden suunnittelusta sekä alueiden rakentamisesta ja käytöstä (Alueidenkäyttölaki 132/1999, 1§ ja 2§.).

Kun alueiden käyttöä suunnitellaan, tarkemman suunnitelman reunaehdoja määrittelee ja suunnittelua ohjaa tarkempien selvitysten lisäksi ylemmän tason suunnitelma. Kaavan tarkentuessa ohjausvaikutus on täsmällisempää ja enemmän yksityiskohtaista toteuttamista ohjaavaa.

Kuviossa 1 esitetään alueiden käytön suunnitteluvaiheen vaikuttavuus suunnittelujärjestelmässä. Ylemmän tason suunnitteluvaiheen raamit ohjaavat ja rajaavat seuraavaa suunnitteluvaihetta. Suunnitteluvaiheiden alueellinen vaikuttavuus on esitetty eri värein kartalla.



KUVIO 1. Kaavahierarkia ja suunnitelman vaikuttavuusalue (Maanmittauslaitos, 2025a).

### 2.1.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, VAT

- Valtioneuvosto päättää.
- Alueiden käytön suunnittelujärjestelmän valtakunnallinen taso.
- Varmistaa valtakunnallisesti merkittävien seikkojen huomioimisen maakuntien ja kuntien kaavoituksessa ja viranomaistoiminnassa.
- Maakunnan suunnittelussa ja muussa alueiden käytön suunnittelussa on huolehdittava valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden toteuttamista. (Alueidenkäyttölaki 132/1999, 22-24§.).

### 2.1.2 Maakuntakaava

- Maakuntakaavan laatimisesta huolehtii kuntayhtymä (maakunnan liitto), jossa alueen kuntien on oltava jäseninä.
- Maakuntakaava sisältää yleispiirteisen suunnitelman alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueella.
- Maakuntakaavaa laadittaessa on otettava huomioon valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ja sovitettava ne yhteen maakunnallisten ja paikallisten tavoitteiden kanssa.
- Maakuntakaava toimii ohjeena laadittaessa yleiskaavaa. (Alueidenkäyttölaki 132/1999, 4§, 25-34§.)

### 2.1.3 Yleiskaava

- Yleiskaavan hyväksyy kunnanvaltuusto.
- Yleiskaava on yleispiirteisen maankäytön suunnittelun väline kunnan alueiden käytön järjestämisessä. Laadittaessa yleiskaavaa on maakuntakaava otettava huomioon.
- Yleiskaavaa voidaan käyttää suoraan tuulivoimalan rakentamisluvan perusteena alueilla, joilla yleiskaavassa on siitä erikseen määrätty.
- Tuulivoimarakentamista koskevassa yleiskaavassa tulee huomioida erityiset sisältövaatimukset rakentamisen ja alueiden käytön ohjaamiseksi tuulivoimarakentamista koskevalla alueella.
- Yleiskaava on ohjeena laadittaessa asemakaavaa. (Alueidenkäyttölaki 132/1999, 4§, 35-49§, 77§a-c.)

## 2.1.4 Asemakaava

- Asemakaavan hyväksyy kunnanvaltuusto.
- Asemakaavaa laadittaessa on huomioitava maakuntakaava ja oikeusvaikutteinen yleiskaava.
- Asemakaavassa osoitetaan kunnan osa-alueen käytön ja rakentamisen järjestäminen.
- Rakennuskohdetta ei saa rakentaa vastoin asemakaavaa.  
(Alueidenkäyttölaki 132/1999, 4§, 50-61§.)

## 2.2 Kaavoitus- ja YVA-menettely samanaikaisesti

Kaavaa laadittaessa on tarpeellisessa määrin selvitettävä suunnitelman ja tarkasteltavien vaihtoehtojen toteuttamisen ympäristövaikutukset, mukaan lukien yhdyskuntataloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset. Selvitykset on tehtävä koko siltä alueelta, jolla kaavalla voidaan arvioida olevan olennaisia vaikutuksia. Alueidenkäyttölakia täydentävän maankäyttö- ja rakennusasetuksen 895/1999 1§ määrittelee vaikutusten selvittämisestä kaavaa laadittaessa.

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 277/2017 (YVA-asetus) tarkentaa YVA-lakia. YVA-asetuksen 4§ määrittelee arviointiselostukseen sisällytettäviä vaatimuksia. Kun kaava laaditaan ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun YVA-lain (252/2017) 3§ tarkoitetun hankkeen toteuttamiseksi, hankkeen ympäristövaikutukset voidaan arvioida kaavoituksen yhteydessä (Alueidenkäyttölaki 132/1999, 9§.). YVA-laki mahdollistaa, että ympäristövaikutusten arviointimenettelyn ja hankkeen toteuttamiseksi laadittavan kaavan ollessa samanaikaisesti vireillä voidaan kuulemiset sovittaa yhteen (YVA-laki 252/2017, 22§). YVA-lain 3§:n tarkoittamassa hankeluettelossa määrätään tuulivoimasta, että lakia sovelletaan tuulivoimahankkeissa, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 10 kappaletta tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia (YVA-laki, liite 1; 7e).

Yhteismenettelyn tarkoituksena on nopeuttaa ja selkeyttää kaavaprosessia. Kunnan kaavoittaja on prosessinjohtajana ja ELY-keskus (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) toimii yhteysviranomaisena ympäristövaikutusten osalta (Tuulivoiman yleisopas n.d., 11). Kuvassa 1 esitetään kaavoitusprosessin vaiheita kaavoitusaloitteesta kaavan hyväksymiseen asti.



KUVA 1. Kaavoitus ja YVA:n yhteismenettelynä (Tuulivoiman yleisopas n.d., 11).

Suomen uusiutuvat ry:n ylläpitämän tilaston mukaan tuulivoimaloita valmistui Suomeen vuonna 2024 (2023) yhteensä 235 (212) kappaletta ja niiden yhteisteho oli 1414 (1280) megawattia. Tuulivoimalan keskiteho oli molempina vertailuvuosina noin 6 MW. Tuulivoimahankkeita valmistui tilaston mukaan 16 hanketta, joista 10 hanketta ylitti YVA-lain liitteessä 1 mainitun ympäristövaikutusten arviointimenettelyn raja-arvon 45MW (Suomen uusiutuvat 2025.).

### 2.3 Ympäristövaikutusten arviointimenettely

Lakia ympäristön arviointimenettelystä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla todennäköisesti on merkittäviä ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arviointilain tarkoituksena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja arvioinnin yhtenäistä huomioon ottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa. Samalla lisätään kaikkien tiedon saantia ja osallistumismahdollisuuksia (YVA-laki 252/2017, 1§, 3§.).

Menettelyssä saadaan tietoa siitä, mitä hankkeen toteuttaminen konkreettisesti merkitsee ja mitä vaikutuksia se aiheuttaa ympäristölle. YVA-menettelyn tarkoituksena on varmistaa, että ympäristövaikutukset selvitetään riittävällä tarkkuudella. Lisäksi menettelyn tarkoituksena on lisätä kansalaisten mahdollisuuksia osallistua ja vaikuttaa hankkeiden suunnitteluun. Arviointimenettely toimii siis osana suunnitteluprosessia siten, että menettelyssä saadaan laajasti tietoa, jota

hyödynnetään ja on järkevää integroida osaksi suunnittelua. Jos prosessin aikana saatu tieto hyödynnetään reaaliaikaisesti suunnittelussa, vähenee muutosten tarve myöhemmässä vaiheessa ja vaikutusten arvioinnin osuvuus on parempi. Kaikki tieto jää lähtötiedoksi kaavaehdotusvaiheeseen.

Ympäristövaikutusten arviointimenettely käsittää:

- Arviointiohjelman ja arviointiselostuksen laatimisen.
- Arviointiohjelmasta ja arviointiselostuksesta tiedottamisen ja kuulemisen.
- Yhteysviranomaisen tarkastelun arviointiohjelmassa ja -selostuksessa esitetyistä tiedoista ja kuulemisten yhteydessä annetuista mielipiteistä ja lausunnoista.
- Yhteysviranomaisen lausunnon arviointiohjelmasta.
- Yhteysviranomaisen perustellun päätelmän hankkeen merkittävistä ympäristövaikutuksista.
- Arviointiselostuksen, siitä annettujen mielipiteiden ja lausuntojen sekä perustellun päätelmän huomioonottamisen lupamenettelyssä sekä päätelmän sisällyttämisestä lupaan.  
(Lainattu teksti: YVA-laki 252/2017, 14§).

Ympäristövaikutusten arviointiohjelma on hankkeesta vastaavan laatima suunnitelma tarvittavista selvityksistä sekä arviointimenettelyn järjestämisestä (YVA-laki 252/2017, 2§). Arviointiohjelman tarkempi sisältö on määritelty YVA-asetuksen (277/2017) 3§. Yhteysviranomainen antaa hankkeesta vastaavalle lausunnon ympäristön arviointiohjelmasta. Lausunnossa otetaan kantaa arviointiohjelman laajuuteen ja tarkkuuteen (YVA-laki 252/2017, 18§.).

Ympäristövaikutusten arviointiselostus on hankkeesta vastaavan laatima asiakirja, jossa esitetään tiedot hankkeesta ja sen vaihtoehdoista sekä yhtenäinen arvio niiden todennäköisesti merkittävistä ympäristövaikutuksista (YVA-laki 252/2017, 2§.). Arviointiselostuksen tarkemmasta sisällöstä säädetään YVA-asetuksessa 277/2017 ja sen 4§. Yhteysviranomainen antaa perustellun johtopäätöksen (perusteltu päätelmä), joka on tehty arviointiselostuksen, siitä annettujen mielipiteiden, lausuntojen, kansainvälisen kuulemisen tulosten sekä yhteysviranomaisen oman tarkastelun pohjalta (YVA-laki 252/2017, 2§.).

Viranomainen ei saa myöntää lupaa hankkeen toteuttamiseen ennen kuin se on saanut käyttöönsä arviointiselostuksen ja perustellun päätelmän (YVA-laki 252/2017, 25§). Lupaviranomaisen on varmistettava, että perusteltu päätelmä on ajan tasalla lupa-asiaa ratkaistaessa (YVA-laki 252/2017, 27§).

## 2.4 Infrasuunnittelu osana YVA- ja kaavamenettelyä

Kaavaluonnosten laatimista varten laaditaan infrasuunnitelmat hankealueelle. Suunnitelmien laatiminen on YVA-menettelyn kanssa samaan aikaan tapahtuvaa suunnittelun täsmentymistä siten, että infrasuunnitelmien laadinnassa huomioidaan YVA-menettelyssä saatuja tietoja ja selvityksiä. Vastaavasti infrasuunnitelmat tarvitaan kaavaluonnosten laadintaa varten. Kun konkreettiset kaavaluonnosvaihtoehdot on laadittu, voidaan niille suorittaa vaikutusten arviointi. Kaavaluonnoksissa tulee esittää tuulivoimarakentamista koskevan yleiskaavan erityisten sisältövaatimusten mukaisesti myös tuulivoimalan tekninen huolto ja sähkönsiirto (Alueidenkäyttölaki 132/1999, 77b§).

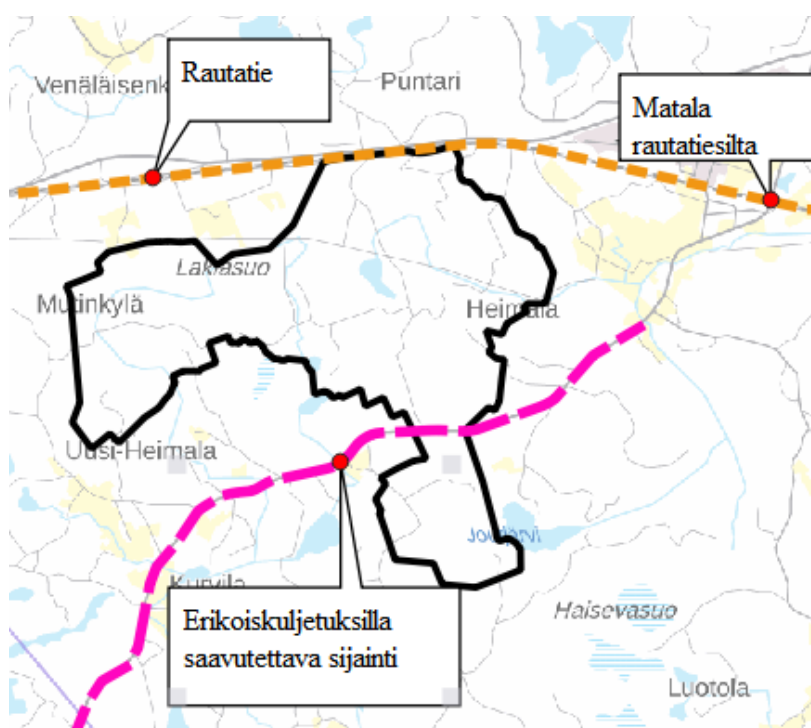
Infrasuunnitelmissa esitetään alueen huoltotieverkosto ja alustavasti voimaloiden asennuksia varten tarvittavien nostoalueiden sijoittelut. Nostoalueiden sijoittelut vaikuttavat voimaloille tulevien huoltotieverkoston linjauksiin. Sisäverkon kaapelointi noudattelee huoltotieverkostoa, eikä sitä ole yleensä tarvetta tässä vaiheessa suunnitella tarkemmin. Suunnittelussa varmistetaan se, että kaapeleilla saadaan muodostettua yhteydet sähköaseman ja voimaloiden välille. Kun huoltotieverkoston suunnitelmat on laadittu, saadaan massoiteltua kunnostettavan ja uuden tien pituudet ja kaapeliojan pituus. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea arviot käytettävistä maa-aineksista eri vaihtoehdoissa. YVA-selostuksessa tulee esittää ja arvioida luonnonvarojen käytön ympäristövaikutukset hankkeessa.

### 2.4.1 Energiahankkeen liikenteellinen saavutettavuusselvitys

Tuulivoimalan osat ja sähköaseman muuntaja ovat raskaita ja mittaluokaltaan suuria komponentteja. Osana YVA-arviointia tunnistetaan, että suuret ja raskaat erikoiskuljetukset saattavat vaatia erityistoimenpiteitä tai lisäselvityksiä liikenneverkolle. On myös mahdollista, että erikoiskuljetukset eivät pääse riittävän lähelle hankealuetta yleistä tieverkostoa pitkin, mikä saattaa vaikuttaa hankekannattavuuteen. Kun tunnistetaan ja tutkitaan hankkeen alkuvaiheessa saavutettavuus erikoiskuljetuksille, poistetaan epävarmuustekijöitä.

Suomessa ei tällä hetkellä valmisteta teollisen kokoluokan tuulivoimaloita. Voimaloiden osat tuodaan laivalla satamaan, jonka alueet soveltuvat kyseiseen tarkoitukseen niin käsittelyn kuin mahdollisen varastoinnin osalta. Niinpä erikoiskuljetusten lähtöpiste on yleensä aina joku satama Suomen rannikolta ja päätepiste on voimalan sijaintipaikka.

Erikoiskuljetuksen saavutettavuusselvityksessä haetaan erikoiskuljetusluvan ennakkopäätös ELY-keskukselta, jolloin saadaan tietoa tiestön ja siltojen kantavuuksista ja potentiaalisista riskikohteista (Tuulivoimarakentaminen tienpitäjän 2023, 23). Tämä selvitys toimii YVA- ja kaavoitusmenettelyn tukena ja palvelee infrasuunnittelua. Selvityksellä saadaan hankealueen infrasuunnittelun lähtötiedoksi saavutettavuuspisteet tai alueet, joihin erikoiskuljetukset pääsevät yleisiä teitä pitkin. Kuvasta 2 on tunnistettavissa erikoiskuljetusreittejä rajaavia tekijöitä. Pohjoisosassa rautatie rajaa kuljetusmahdollisuuksia ja koillisosassa matala rautatiesilta estää kuljetukset. Kuljetukset voidaan tuoda selvityksen perusteella lounaan suunnasta.



KUVA 2. Esimerkki erikoiskuljetuksilla saavutettavasta sijaintialueesta yleisiä teitä pitkin (Maanmittauslaitos, 2025e).

#### 2.4.2 Luonto- ja muut selvitykset hankealueella

YVA-menettelyn ja yleiskaavoituksen tueksi hankealueella tehdään erilaisia selvityksiä. Niitä on esimerkiksi linnustoselvitykset, luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitykset, suurpetoselvitykset, eläinlajikohtaiset selvitykset, arkeologiset inventoinnit ja muinaisjäännösten kartoitus. Talvella voidaan jälkien laskennan perusteella saada tietoa esimerkiksi suurpedoista (kuva 3). Linnustotutkimuksilla pyritään tunnistamaan lintujen tärkeät pesimä-, ruokailu ja elinympäristöt. Metson soidinpaiikkojen suojeleminen on tärkeää metsäkanalintujen elinympäristön ja populaation

säilyttämiseksi (kuva 4). Hankealueilla saattaa olla luonnonsuojelualueita tai kasvillisuutta, joilla on erilaisia suojeluperusteita. Vanhoja tai muuten erikoisia puita on saatettu rauhoittaa luonnonmuistomerkeinä (kuva 5). Hankealuetta tutkitaan monipuolisesti ja alueelta kartoitetaan myös arkeologisen kulttuuriperinnön kohteet. Vanhat tervahaudat ovat muinaismuistolain perusteella rauhoitettuja kiinteitä muinaisjäännöksiä (kuva 6). Toisen maailmansodan kohteet tulee huomioida maankäytön suunnittelussa niiden historiallisen merkityksen takia (kuva 7). Myös muut luontokohteet, esimerkiksi lähteet, pohjavesialueet, vesistöalueet ja luonnonsuojelualueet vaikuttavat suoraan infran suunnittelualueeseen.



KUVA 3. Ilveksen jäljet (Kuva: Ilvesluoto, 2024a).

KUVA 4. Koppelo (Kuva: Ilvesluoto, 2024b).



KUVA 5. Suojeltu mänty (Kuva: Ilvesluoto, 2024c).

KUVA 6. Tervahauta (Kuva: Ilvesluoto, 2025a).



KUVA 7. Panssarieste (Kuva: Ilvesluoto, 2025b).

Usein YVA-selostuksissa puhutaan luontodirektiivin IV lajeista. Euroopan unionin luonto- ja lintudirektiivit ovat Euroopan unionin tärkeimmät luonnonsuojelusäädökset. Luontodirektiivi koskee luonnonvaraista eläimistöä, kasvistoa ja luontotyyppejä. Lintudirektiivi koskee Euroopan luonnonvaraisia lintuja. Luonto- ja lintudirektiivi edellyttävät sekä lajien, että niiden elinympäristön suojelua. Eläinten häiritseminen erityisesti pesinnän aikana sekä lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen on kielletty. Myös tiettyjen kasvien hävittäminen on kielletty. Osalle lajeista on osoitettava erityisten suojelutoimien alueita Natura 2000-verkossa (EU:n luonto- ja lintudirektiivit n.d.).

Ympäristöministeriö on julkaissut oppaan luontodirektiivin liitteen IV(a) eläinlajeille ja liitteen IV(b) kasvilajeille. Julkaisun nimi on: Euroopan unionin luontodirektiivin liitteen IV lajien (pl. lepakot) esittelyt. Julkaisun tavoitteena on parantaa luontodirektiivin määräysten huomioon ottamisen edellytyksiä kokoamalla hajallaan olevaa ja osin vaikeasti löydettävää tietoa yhteen (Euroopan unionin luontodirektiivin liitteen 2017.).

### 2.4.3 Maankäytön rajaukset

Infrasuunnitelmien luonnosvaiheen laidinnassa huomioidaan maankäytön tilanne hankealueella. Suunnittelussa tunnistetaan kuitenkin se, että maanvuokraus sopimusten tilanne ja maankäytön mahdollisuudet eivät vielä ole lopullisia ja siten on hyvä olla erilaisia suunnitelmavaihtoehtoja, joiden vaikutuksia voidaan arvioida. Selvitysten ja YVA-menettelyn pohjalta laaditaan kaavoituksen seuraavassa vaiheessa kaavaehdotus, jolloin maankäytön tilanne huomioidaan.

Suunnittelussa tulee tunnistaa näkökulma, että YVA- ja kaavamenettelyssä oleviin tuulivoimahankkeisiin kohdistuu mielenkiintoa suuren kokoluokan takia. Näissä menettelyissä on yleisötilaisuuksia, joissa esitellään hankkeen suunnitelmia. Luonnoksissa on näkyvissä alustavia voimaloiden sijainteja ja ohjeelliset tie- ja sähköverkon linjaukset. Paikalliset ihmiset tuntevat usein hyvinkin tarkkaan hankealueen maaston ja kysymyksiä saattaa herättää asiat, jotka ovat haasteellisia toteuttaa esimerkiksi topografian tai pehmeän maaperän vuoksi. Infran suunnittelussa tulisikin pyrkiä alkuvaiheista lähtien siihen, että suunnitelma on lähellä toteutuskelpoisuutta. Kuulemismenettelyissä saadaan mielipiteitä ja kommentteja näihin luonnoksiin. Tämä luo loogisen ketjun toteutusvaiheen suunnitelmien laadintaan.

#### **2.4.4 Tekninen infrastruktuuri ja olemassa oleva tiestö**

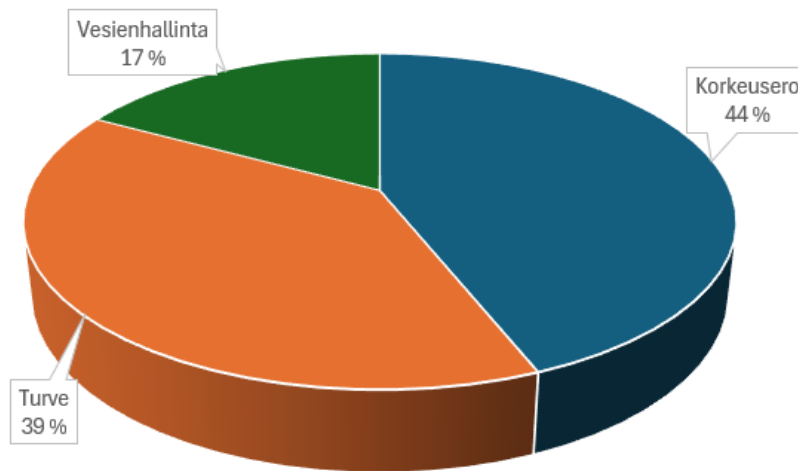
Yhteiskunnan teknisellä infrastruktuurilla käsitetään liikenneverkkoja, energiahuollon verkostoja, sähkö- ja tietoliikenneverkostoja sekä vesi- ja jätehuollon verkostoja. Hankealueilla saattaa olla erilaisia infrastruktuurin rakenteita, joiden vaikutus tulee huomioida suunnittelussa. Usein tieverkoston tai sähköverkkojen kehittämiseksi on tehty pitkän aikavälin suunnitelmia, jotka on hyvä huomioida mahdollisuuksien mukaan suunnittelussa.

Hankkeen vaikutuksia ympäristölle voidaan vähentää sillä, että suunnittelussa hyödynnetään olemassa olevaa tieverkostoa ja valmiita aukkoja mahdollisimman paljon. Tällöin rakentamisessa käytettävän materiaalin määrää voidaan optimoida ja muutokset ovat pienempiä. Vaihtoehdot mahdollisuudet huoltotieverkoston liittämiseksi yleiseen tieverkostoon tulee tunnistaa.

### 3 KAAVALUONNOSVAIHEEN INFRASUUNNITTELUN TEORIA

Yleisen tiedon lisäämisen ja oppimisen kannalta olen laatinut yritykselle opinnäytetyön muotoon oppaan infran esisuunnitteluvaiheeseen, joka palvelee hankekehityksen parissa työskenteleviä henkilöitä. Teoriaosuudessa käydään toteutettavuuteen liittyviä asioita havainnollistavin esimerkein läpi ja pyritään analysoimaan niiden vaikutuksia suunnitteluun ja asioita taustoitetaan osin teorialla.

Olen kiertänyt ja analysoinut vuonna 2024 eri puolella Suomea yhteensä 165 voimalapaikkaehdotusta, joista osaan on tehty voimalan sijainnin muutokselle esitys. Näiden muutosesitysten analysoinnin perusteella olen tunnistanut voimalan siirtoehdotukseen johtavat tyypillisimpien tilanteiden osuudet (kuvio 2). Paksut turvekerrokset (39%) ja suuret korkeuserot (44) ovat ylivoimaisesti suurin syy voimalan siirtoehdotukseen. Vesienhallintaan (17%) on sisällytetty tilanteet, joissa voimalasijainti on liian lähellä puroa tai voimala sijoittuu lammikoituvalle alueelle. Vesienhallinnan osuus pienenee, kun luodaan riittävä suojavyöhyke puroille voimalasijoittelussa.

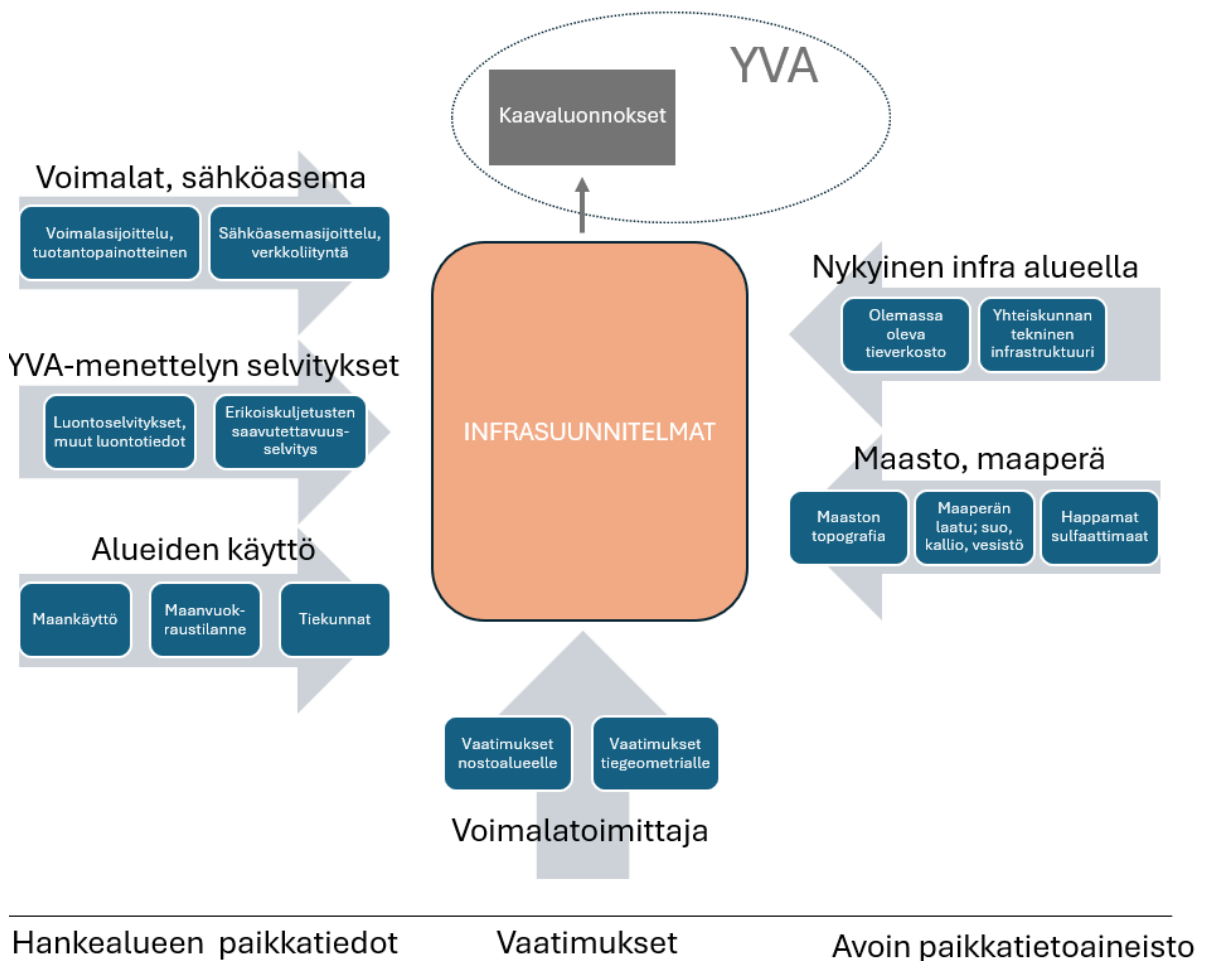


KUVIO 2. Voimalasijaintien muutosehdotusten syyt ja osuudet analysoiduista voimalasijainneista.

Voidaan todeta, että kyseisiä tapauksia voidaan vähentää, kun tilanteiden tunnistettavuus paranee. Tässä opinnäytetyössä analysoidaankin tiedon lisäämiseksi myöhemmässä vaiheessa paksulle turvealueelle ja suuren korkeuseron alueelle sijoittuvia voimaloita tarkemmin. Asioita pyritään konkretisoimaan esimerkkivalokuvien avulla todellisista tuulipuistohankkeen rakentamistilanteista.

Kaavaluonnosvaiheen infrasuunnittelussa tulee tunnistaa suunnittelun vaihe, joka on vielä hankkeen esisuunnittelua ja suunnitelmat saattavat muuttua paljonkin. YVA-menettely on osa suunnitteluprosessia ja antaa lisää tietoa hankkeesta. Menettelyn tuloksena saattaa osoittautua, että osa suunnitteluratkaisuista on toteuttamiskelvottomia, vaikka infran toteutettavuuden kannalta vaihtoehdot olisivatkin hyviä. Kaavaluonnoksia varten tehtävässä infran esisuunnittelussa pyritäänkin siihen, että suurimmat toteutettavuuteen ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät tunnistetaan ja huomioidaan. Suunnittelusta saatava tieto parantaa myöhemmän suunnitteluvaiheen lähtötietoja.

Kuviossa 3 on esitetty kaavio infrasuunnitelmien laatimisesta osana YVA- ja kaavamennettelyä. Alueelta on selvitetty luontotiedot ja erikoiskuljetuksilla saavutettavissa oleva sijainti. Alueiden käyttö tiedetään pääpiirteittäin. Voimalatoimittajaa ei tässä vaiheessa tiedetä, mutta toimittajien yleiset vaatimukset infrarakentamiselle tunnetaan pääosin. Alueen maaston ja maaperän olosuhteet on tunnistettu. Nykyisiä ti verkostoja alueella pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon. Infrasuunnitelmat toimivat lähtötietoina kaavaluonnoksille, joille tehdään ympäristövaikutusten arviointi.



KUVIO 3. Infran esisuunnittelun taustatekijät (Ilvesluoto, 2025d).

Suunnittelussa käytetään avointa ja hankealueelta saatuja paikkatietoaineistoja. Avoin paikkatietoaineisto tarkoittaa avoimesti saatavissa olevaa aineistoa. Esimerkiksi Geologisella tutkimuskeskuksella, Maanmittauslaitoksella ja Väylävirastolla on kattavat aineistot tähän tarkoitukseen. Aineistoista on saatavilla maaperätietoja, karttoja, ilmakuvia, kiinteistörajatietoja, tieverkostotietoja ja korkeusmallitietoja.

### 3.1 Tuulivoimaloiden sijoittelu

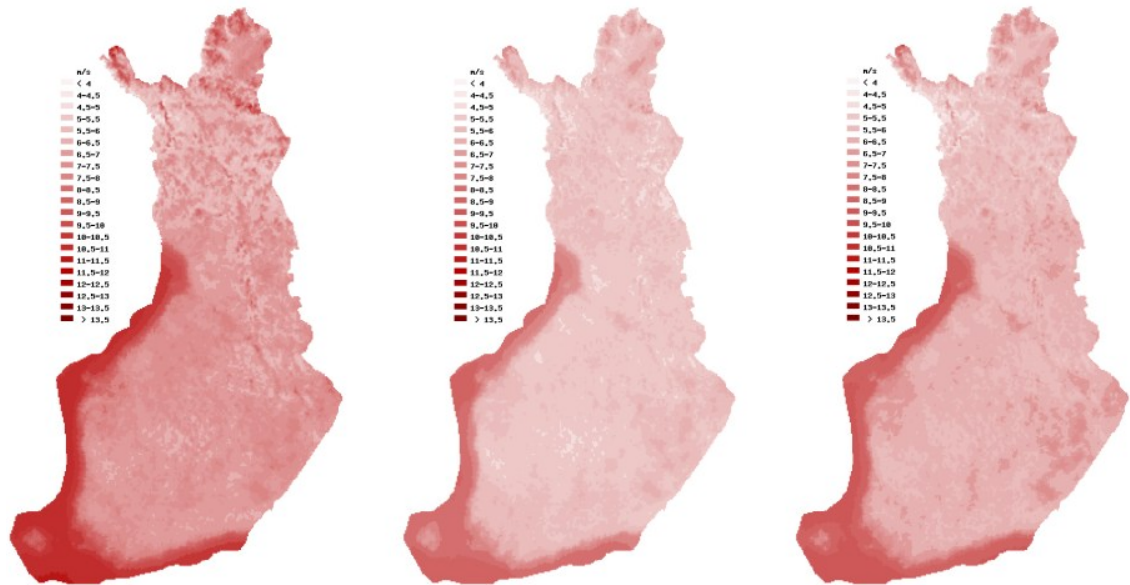
Tuulivoimaloiden sijoittelua varten laaditaan suunnittelualue, johon voimalat on mahdollista sijoittaa. Hankealueesta rajataan alueita pois, joihin voimalan sijoittelua ei voi tehdä. Muodostettaessa suunnittelualueita huomioidaan äänivaikutuksen, välkevaikutuksen, asutusetäisyyden, luontoselvitysten, alueidenkäytön, kuntarajojen, luonnonolosuhteiden ja olemassa olevan teknisen infrastruktuurin rajaukset. Lisäksi lentoesteluvat, puolustusvoimien lausunto ja säätutkien vaikutus huomioidaan suunnittelussa.

Muodostetulle suunnittelualueelle mallinnetaan tähän tarkoitettun tietokoneohjelman avulla voimaloiden optimaalisimmat sijainnit. Ohjelma huomioi tuulisuuskartan perusteella tuulen voimakkuudet. Kuvassa 8 hankealueella on käynnissä tarkempi tuulimittaus. Mastoon on kiinnitetty mittausantureita eri korkeuteen. Mittausten valmistuttua voimaloiden sijoittelussa voidaan tarvittaessa hyödyntää tarkempaa tuulimittausdataa.



KUVA 8. Harusvaimereilla tuettu tuulenmittausmasto (Kuva: Ilvesluoto, 2024d).

Suomessa tuulisimmat alueet sijoittuvat maan länsi- ja eteläosaan. Kuvassa 9 on esitetty esimerkkikuva tuulen keskinopeudesta helmi-, kesä- ja syyskuussa 100 metrin korkeudella. Mitä tummempana alue näkyy kartalla, sitä suurempi on tuulen keskinopeus.



KUVA 9. Tuulen keskinopeus helmi-, kesä- ja syyskuussa 100 metrin (Suomen tuuliatlas 2010, 15).

Tuulivoimaloiden sijoitteluun hankealueella vaikuttaa tuulisuuden ja sen suunnan lisäksi myös toisten tuulivoimaloiden aiheuttamat muutokset tuuleen. Tuulen nopeus hidastuu ilman osuessa tuulivoimalan lapoihin ja tuuleen syntyy turbulenssia. Kun tuulivoimaloiden etäisyyksiä kasvatetaan, toisista voimaloista aiheutuva turbulenssi vähenee. Kun voimaloiden etäisyyksiä toisiinsa lisätään, tuulenvoimakkuus palautuu ympäröivien tuulivirtojen vaikutuksesta enemmän ja tuulihäviö on pienempi. (Vähätalo 2022, 16-18.).

Tässä infrasuunnittelussa ei käsitellä tarkemmin voimalasijoittelua, koska se on oma prosessi, jossa myös voimalan tuotantomuutosvertailu on mukana.

### 3.2 Sähköasemien sijoittelu

Sähköaseman sijoittelumahdollisuudet ovat samat kuin infrasuunnittelussa, minkä lisäksi huomioidaan suojaetäisyydet voimaloihin ja muuhun alueen tekni-

seen infrastruktuuriin. Kun sähköaseman sijoittelua mietitään hankealueelle, huomioidaan sähkönsiirtoreittien suunnat, sijainnin keskeisyys, yhteydet huoltotieverkostoon sekä suunnittelusijainnin maaperäolosuhteet. Teknistaloudellisesti on järkevää pyrkiä siihen, että sähköaseman sijainti on kohtuullisen keskeisesti sähköä tuottaviin voimaloihin nähden, jolloin kaapelipituudet voimaloilta sähköasemalle jäävät lyhyemmäksi.

Sähköasemalta tarvitaan liityntäpiste yleiseen sähköverkkoon, josta tuulivoimaloiden tuottama sähkö saadaan johdettua sähkökulutuspiisteisiin. Hankkeen alkuvaiheessa on selvitetty mahdollisia verkkoliityntäpisteitä, joihin suunnitellaan erilaisia sähkönsiirtovaihtoehtoja. Sähköaseman muuntaja muuttaa tuulivoimaloiden tuottaman keskijännitteisen sähkön halutulle sähköverkon jännitetasolle. Aidatun sähköasema-alueen kytkinkentällä (kuva 10) sijaitsee mm. muuntaja, katkaisija, johtoerotin, ukkosmasto ja liittyminen sähkölinjaan (Johdonvariasema n.d.).



KUVA 10. Sähköaseman kytkinkenttä (Kuva: Ilvesluoto, 2013a).

Sähköaseman raskaissa kuljetuksissa on järkevää pyrkiä hyödyntämään samoja kuljetusreittejä kuin tuulivoimalan komponenttien kuljetuksissa. Sähköaseman muuntaja on raskas ja iso komponentti, jolle tehdään oma erikoisreitiselvitys. Muuntajat asennetaan usein perustuksen päälle suoraan lavetin päältä erityisellä laahaustekniikalla (kuva 11). Sähköaseman suunnittelussa huomioidaan yleensä tilavaraus muuntajan kuljetukselle ja laahaukselle.



KUVA 11. Muuntajaa siirretään perustuksen päälle (Kuva: Ilvesluoto, 2014a).

### 3.3 Suunnittelun reunaehdot

Aluetta ei ole aina tarkoituksenmukaista käyttää suunnittelualueena, vaikka suoranaisia rajoituksia sen käytölle ei ole. Elinkeinotoiminnan viljelyskäytössä olevalle pellolle tai esimerkiksi käytöstä poistetulle kaatopaikalle ei ole tarkoituksenmukaista suunnitella infrarakentamista. Tämän tyyppiset alueet jätetään mahdollisuuksien mukaan suunnittelun ulkopuolelle.

Teknisen infrastruktuurin sähkölinjojen alitukset asettavat korkeusrajoituksia kuljetuksille. Yleisesti voidaan todeta, että putki- tai johtolinjojen alueesta voi mennä poikittain läpi linjan omistajan kanssa sopien tietyn reunaehdoin, mutta suoraan linjan kohdalle ei tämän tyyppistä tiestöä voi suunnitella. Suunnittelussa hyödynnetään olemassa olevat tiet ja tunnistetaan myös hankealueella tai lähellä sijaitsevat maa-ainesten ottopaikat.

YVA-menettelyssä on selvitysten ja muiden tietojen perusteella saatu käsitys alueista ja sijainneista, jotka eivät ole tai ovat tietyin reunaedellytyksin käytössä infrasuunnittelun alueena. Kuvassa 12 on esitetty aluerajauksia. Kellertävänä näkyville alueille ei suunnitella infraa. Ruskealla näkyvän putkilinjan poikittainen ylitys voidaan tehdä tietyin reunaehdoin. Usein putkilinjojen ylityksissä vahvistetaan maan alla olevan rakenteen suojausta esimerkiksi betonilaatoin. Ylityspaikat ja tavat tulee sopia erikseen infrastruktuurin hallinnoijan kanssa.



KUVA 12. Suunnittelua rajoittavat alueet (keltainen ja ruskea). Taustakartasta on poistettu paikannimiä (Maanmittauslaitos, 2025e).

Erikoiskuljetusten saavutettavuusselvityksessä on selvitetty hankkeen lähialueelta sijainnit, joihin kuljetuksilla päästään yleistä tieverkostoa pitkin. Valituista liittymäsijainneista suunnitellaan uutta tietä tai olemassa olevan tien kunnostusta siten, että voimaloiden ja sähköaseman komponentit voidaan kuljettaa käyttöpai-kalle. Tuulipuiston huoltotieverkostoa varten rakennetaan uusi tai levennetään olemassa oleva tieliittymä (kuva 13). Tieliittymä on erikoiskuljetusten vaiheessa leveä, mutta kavennetaan normaaliksi kuljetusten loputtua. Hankealueen liittymä-pisteiden valinnassa huomioidaan hankealuetta kohti kulkevan tien suuntaus ja risteysalueen tila. Mitä jyrkempi kääntymiskulma on, sitä enemmän leventämis-toimenpiteitä täytyy tehdä.



KUVA 13. Tuulipuiston tieliittymä yleiselle tielle (Kuva: Ilvesluoto, 2017a).

Hankealueen läheisyydessä tieverkosto saattaa olla huomattavasti kapeampaa ja risteysalueen levennyksiä täytyy tehdä kuljetusten onnistumiseksi (kuva 14). Levennykset yleisellä tieverkostolla tehdään juuri ennen erikoiskuljetuksia, jotta normaali tilanne risteyksissä säilyy mahdollisimman pitkään. Kuljetusten jälkeen levennetyt risteykset ja tiealueet palautetaan alkuperäiseen muotoon.



KUVA 14. Kuljetuksia varten levennetty risteysalue taajamassa (Kuva: Ilvesluoto, 2017b).

### 3.4 Tiealueiden infran vaatimukset ja suunnittelu

Eri voimalatoimittajilla on samantyyppiset vaatimukset teiden ja nostoalueiden geometrialle. Infran esisuunnitteluvaiheessa tarkkoja tien tai nostoalueiden mitoituksia ei ole tarvetta vielä tehdä, mutta reunaehdot ja geometriset ulottuvuudet tulee tietää ja huomioida. Kaavaluonnosten tiereitit ja nostoalueen alustava sijoittelu on hyvä luonnostella siten, että on tunnistettu riittävän järkevä reitti ja lähestymissuunta voimaloille. Maaston suuret korkeusvaihtelut, vaihteleva maaperän laatu sekä virtaavien vesien ylitykset tulee huomioida. Vaihtoehtoisia ratkaisuja ja reittejä on hyvä olla. Paksut turvekerrokset, korkeuserojen vaihtelut, vesistöjen ylitykset ja epätasaiset kallioalueet nostavat rakentamiskustannuksia.

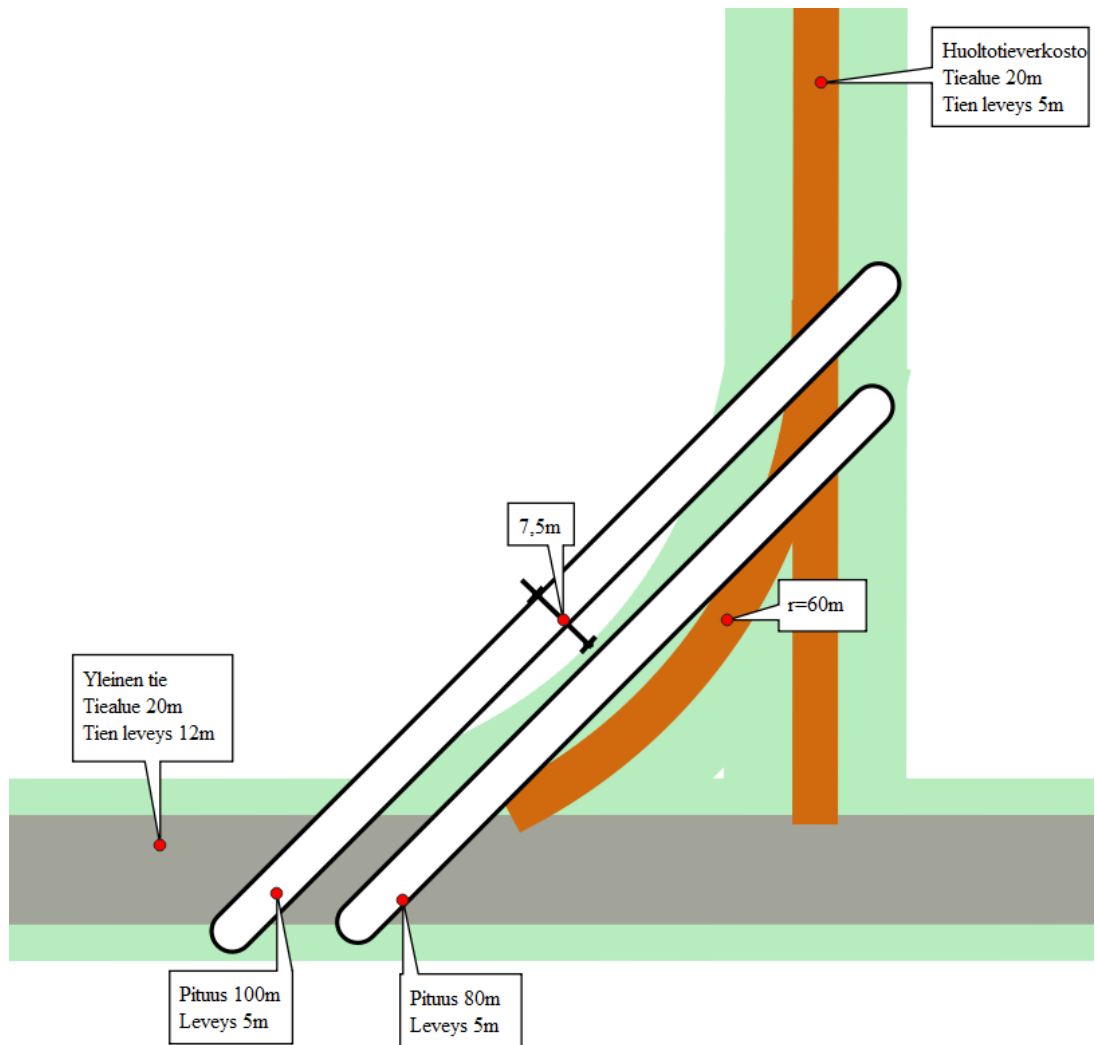
Murskepinnan tulee pääsääntöisesti olla ympäröivää maastoa korkeammalla. Rakennettavien teiden ja nostoalueiden tulee kuivua painovoimaisesti, eivätkä ne saa lammikoitua. Kuivan rakenteen kantavuus on suurempi kuin märän ja kuivana pysyvä murskepinta mahdollistaa vuodenajasta riippumattoman työskenteilyn. Kun tunnetaan vaatimukset lopulliselle infrasuunnittelulle, osataan esisuunnittelussa huomioida kohtuullisella varmuudella suurimmat toteutettavuuteen vaikuttavat tekijät. Rakennettavuuden tunnistaminen ja kokonaisuuden hahmottaminen tukee maankäytön asioiden ennakoivaa sopimista. Vastaavasti maankäytön ennakoiva sopiminen helpottaa suunnittelua. Tästä syystä luonnosvaiheessa on hyvä ennakoida infran toteutettavuutta.

Hankealueelle rakennetaan huoltotieverkosto, jonka tulee täyttää kantavuuden ja geometrian puolesta voimalatoimittajan vaatimukset. Päänosturia ei pureta kokonaan tuulipuiston sisäisissä siirroissa, millä nopeutetaan nosturin kasausta seuraavalla voimalapaikalla. Tämä aiheuttaa sen, että nosturin painopiste on siirtovaiheessa korkeammalla kuin normaalisti. Leveysvaatimus nosturin siirtovaiheessa on suoralla tiellä tuulipuiston sisällä 4.5 metriä (ICSA 4.8.2021, 8). Rakentamisvaiheessa alueella liikkuu paljon raskasta liikennettä ja tien leveys on hyvä olla vähintään 5 metriä. Tämä mitoitus mahdollistaa rakennusaikaisen liikenteen turvallisemman ja sujuvamman toimivuuden myös ajoneuvojen kohtaamistilanteissa.

Edellisen perusteella tien yläpinnan suunnitteluleveys on 5 metriä. Mutkissa ja risteysalueilla levestarve on suurempi. Leveydeltään 20 metrin tiealue mahdollistaa tierakenteen leventämisen tarvittavissa kohdissa. Rakenteen keskiarvopaksuutena voidaan käyttää 0,8 metriä, mikä yleensä riittää tarvittavan kantavuuden saavuttamiseksi. Pehmeämmässä paikassa tierakenne on paksumpi ja kantavamman pohjamaan alueilla rakenne on ohuempi. Tierakenteen lopullinen paksuus riippuu rakennettavan alueen olosuhteista ja käytössä olevien materiaalien ominaisuuksista. Suunnittelun lähtökohtana on, että toteutus voitaisiin tehdä normaalirakenteisella tai ohuemmalla tierakennekerroksella hyödyntäen paikalta saatavaa materiaalia mahdollisimman tehokkaasti ja ekologisesti.

Tien kantavuuksien arviointiin ja laskentaperusteisiin ei ole tarvetta syventyä enempää, mutta perusteiden tunteminen helpottaa suunnittelua. Väyläviraston tieohjeluettelosta löytyy tierakenteen suunnitteluopas (Tierakenteen suunnittelu, 2018). Ohjeluettelossa mainittua Odemarkin kantavuusmitoitusmenetelmää (Odemarkin kantavuusmitoituskava 2019) voidaan soveltaa Excel-pohjaisena laskentataulukkona rakennekerrosten paksuuden arviointiin.

Kuviossa 4 on yksinkertaistettu esitys lapojen kääntymisen tilantarpeelle ääritilanteessa. Tilanteessa käännetään yleiseltä tieltä tuulipuiston huoltotieverkostolle. Kuljetuksen tilantarve on sisäkurvissa suurimmillaan. Havaitaan, että 80 metrin lapa sopii kääntymään 90 asteen käännöksestä, kun kurvin suunnittelu-asteena käytetään 60 m ja tiealueen leveytenä 20 metriä. Jos lavan pituus on 100 metriä, tarvitaan 7,5 metriä puutonta lisätilaa sisäkurvin puolelle. Tien levenykset sopivat tiealueelle.



KUVIO 4. Lapakuljetuksen vaatima tilantarve 90 asteen käänöksessä, periaatekuva.

Lähtökohtana suunnittelussa tulee olla kaavan mahdollistama lavan maksimipituus. Kuvassa 15 on käynnissä tuulivoimalan lapakuljetus, missä saattoautot ovat ohjaamassa liikennettä. Kuljetuksen kokonaispituus käsittää lavan ja vetoauton pituuden. Pitkä kuljetus vaatii laajan puuttoman tilan sopiakseen kääntymään mutkissa. Pitkä renkaiden jänneväli kuljetuksessa asettaa rajoituksia tien kaarevuudelle.



KUVA 15. Tuulivoimalan lapakuljetus (Kuva: Ilvesluoto, 2015a).

Infrasuunnittelun käytettävissä oleva alue rajoittaa suunnittelumahdollisuuksia ja tiestön sijoittelu alueelle on rajallista. Tällöin saatetaan joutua tekemään enemmän mutkia hankealueen tiestöön (kuva 16). Jyrkässä mutkassa tien leveyttä joudutaan kasvattamaan ja sisäkurvin puustoa poistamaan lavan pyyhkäisyalueelta.



KUVA 16. Esimerkki tien levityksestä ja puuston poistosta sisäkurvissa (Kuva: Ilvesluoto, 2017c).

Erikoiskuljetukset ovat normaaleista maantiekuljetuksista poikkeavia kuljetuksia nimensä mukaisesti. Voimalatoimittaja on suunnitellut kuljetuksiin soveltuvia tukitelineitä ja laitteita. Erityismitat asettavat rajoituksia myös tien pituusgeometrian vaihteluille. Jyrkät kaarevuudet aiheuttavat sen, että kuljetuksen maavara ei ole riittävä (kuva 17). Kuljetusten akseliväli on pitkä, minkä takia tien pituussuuntaisen kaarevuuden tulee olla loivapiirteistä.



KUVA 17. Jyrkkä kaarevuus tiessä (Kuva: Ilvesluoto, 2013b).

Tornilohkon (kuva 18) halkaisija saattaa olla 7 metriä ja painaa jopa 110 tonnia (Tuulivoimarakentaminen tienpitäjän 2023, 11). Jotta raskaat kuljetukset saadaan hankealueen sisällä liikkumaan järkevästi perille, tulee tiestön suunnittelussa välttää jyrkkiä nousuja ja laskuja. Suunnittelussa on hyvä tutkia, että kuljetusten nousu- tai laskukulma tiestössä on riittävän loiva, jotta raskaat kuljetukset eivät tarvitse vetoapua.



KUVA 18. Tornilohkojen ja navan kuljetus (Kuva: Ilvesluoto, 2017d).

Hankealueen sisäisissä siirroissa päänosturia ei pureta kokonaan (kuva 19), millä nopeutetaan nosturin kasausta seuraavalla asennuspaikalla. Akselipaino voi olla siirrossa yli 20 tonnia.

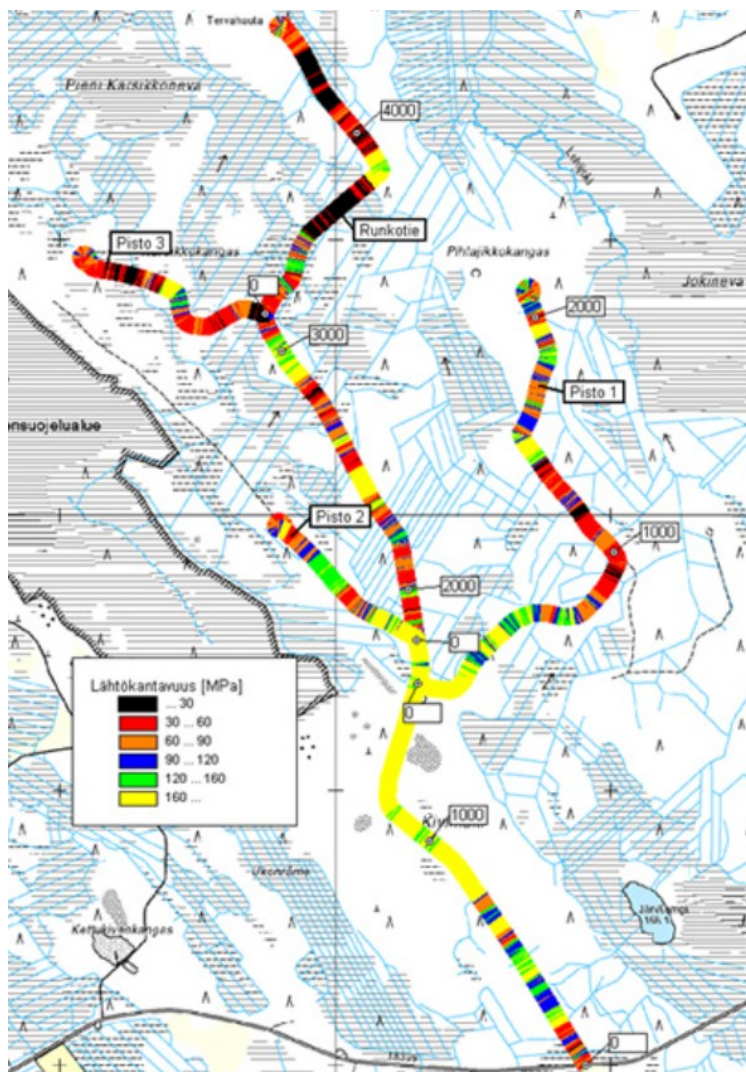


KUVA 19. Päänosturi siirtymässä seuraavalle voimalapaikalle (Kuva: Ilvesluoto, 2015b).

### 3.4.1 Kunnostettava tie

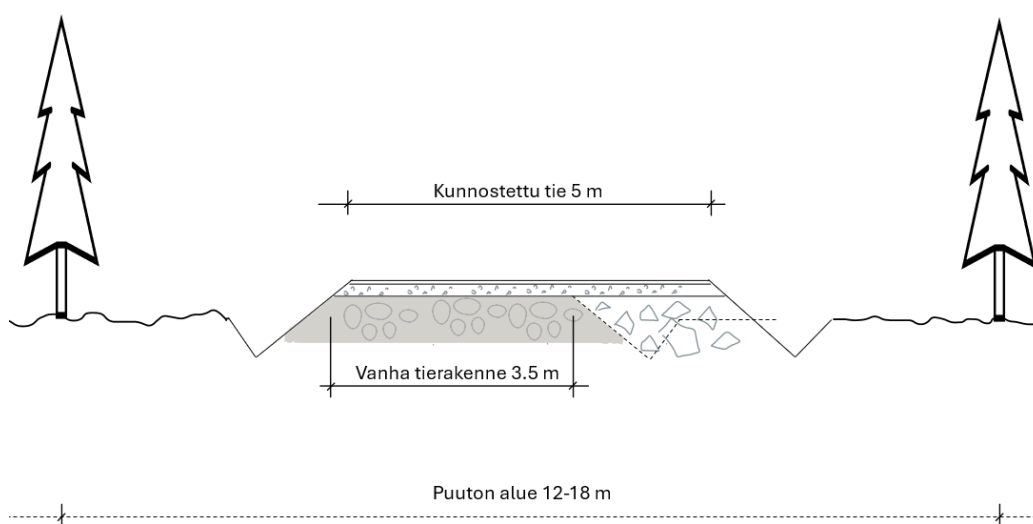
Hankealueella saattaa olla metsä-, turve- tai maataloustuotantoa varten rakennettua tiestöä. Tiestö ei useimmiten sovellu sellaisenaan tuulivoiman tarpeisiin ja muutoksia joudutaan tekemään. Yleensä tiestöä levennetään, vahvistetaan ja muutetaan loivapiirteisemmäksi. Valmiin tieverkoston hyödyntäminen on kuitenkin järkevämpää kuin uuden tien rakentaminen.

Vanhan tien rakentamisessa on usein käytetty paikan päältä saatavissa olevia materiaaleja, esimerkiksi kantoja, ojankaivuumaita ja eloperäisiä maalajeja. Tien kantavuus saattaa vaihdella lyhyellä matkalla paljonkin, kuten kuvasta 20 voidaan todeta. Tien kunnostustoimenpiteet ovat eri alueilla erilaisia.



KUVA 20. Tien nykyinen Odemarkin kantavuus (Mpa). Esimerkki on suomalaiselta metsäautotieltä (Roadex Network n.d.).

Olemassa olevan tien kunnostustoimenpiteitä voidaan tehdä usealla eri tavalla. Kuviossa 5 on esimerkki tien levennyksestä toispuoleisella rakenteella. Tien kantavuutta vahvistetaan yläpuolisella rakenteella. Kuvasta voidaan havaita, että vanha tierakennetta voidaan hyödyntää, mikä vähentää murskemenekkiä. Kuvassa vanha tierakenne näkyy tummempana.



KUVIO 5. Olemassa olevan tien kunnostus, periaatekuva.

Tien leventäminen toispuoleisesti (kuva 21) voidaan suorittaa siten, että olemassa olevan tien reunasta leikataan pehmeä maakerros pois ja uusi karkea kiiviaines asennetaan tilalle. Tämän jälkeen koko tien leveydelle levitetään kantava murskekerros.



KUVA 21. Tien toispuoleinen levennystyo (Kuva: Ilvesluoto, 2014b).

### 3.4.2 Uusi tie

Uuden tien sijoittelut kannattaa valita mahdollisuuksien mukaan siten, että tielinjaukset tehdään vedenohjauksellisesti hallittavan maakerroksen alueelle, jossa kantava pohjamaa on pinnassa tai lähellä maanpintaa. Tällöin rakennekerros tiessä voidaan jättää ohuemmaksi. Loivapiirteinen topografia vähentää maaleikkausten ja rakenteellisten maa-ainestäyttöjen määrää.

Kallioalueet ovat kantavia, mutta niiden muotoilu on hankalampaa. Liian kaltevat pinnat ja kalliopahkurat joudutaan rakennusvaiheessa loiventamaan tai poistamaan louhimalla (kuva 22). Kalliosijaintien huomioinnilla voidaan myös parantaa massatasapainoa siten, että kallioalueiden louhinnasta syntyvää kiviainesta (kuva 23) hyödynnetään tie- tai nostoalueen rakentamisessa.



KUVA 22. Kallion panostustyö käynnissä (Kuva: Ilvesluoto, 2017e).

KUVA 23. Kalliopahkuran kiviaines hyödynnetään (Kuva: Ilvesluoto, 2017f).

Uusien teiden linjauksissa on suositeltavaa hyödyntää metsätiestöä mahdollisuuksien mukaan. Kun maanomistaja tai metsäyhtiö on rakentanut kohtuullisella rahoituksella tietä, on sijainti yleensä valittu kuivimpaan ja helppoiten rakennettavaan sijaintiin. Sijainti on katsottu rakennusvaiheessa tarpeelliseksi. Käyttämällä vanhaa tieaukkoa tiestön rakentamisessa hyödyksi, hyväksyttävyyys on parempi ja metsät pirstoutuvat vähemmän.

Kuvassa 24 tietä rakennetaan ohuella tierakenteella hyvälle pohjamaalle. Tiealueelta on poistettu ohut eloperäinen pintamaakerros. Pintamaat on kasattu tien reunaan, joita hyödynnetään myöhemmässä vaiheessa tien luiskien maastoutuksessa. Kaivumaita ei kuljeteta alueelta ollenkaan pois. Kustannusvaikutus on kuvan tilanteessa keskivertotierakennetta alhaisempi.



KUVA 24. Tietä rakennetaan hyvälle pohjamaalle (Kuva: Ilvesluoto, 2014c).

Turve- ja vesipitoisia alueita kannattaa lähtökohtaisesti välttää tielinjauksissa. Turvekerros voi olla hyvinkin paksu, jolloin tien rakentaminen ei ole kyseiseen sijaintiin järkevää. Aina ei voi huonoja olosuhteita kuitenkaan välttää kuten kuvasta 25 voidaan todeta. Turvepitoinen maa-aines on kaivettu tierakenteiden kohdalta pois ja läjitetty tiealueen reunaan. Kaivussyvyys on moninkertainen kuvan 24 tilanteeseen verrattuna. Tien rakentamiseen tarvitaan mursketta huomattavasti enemmän. Kaivumaita on niin paljon, että niitä ei voi maastouttaa kyseiselle alueelle ja näin ollen ylimääräisiä maita joudutaan kuljettamaan läjitysalueelle tai muuhun soveltuvaan paikkaan. Työaikameneikki ja materiaalikustannukset kasvavat. Tierakenteen paksuus on suuri ja rakentamiskustannus kuvan 24 tilanteeseen on yli kaksinkertainen.



KUVA 25. Tie on toteutettu turvealueelle. Kustannus on yli kaksinkertainen kuvan 24 tilanteeseen verrattuna (Kuva: Ilvesluoto, 2015c).

### 3.5 Nostoalueen infran vaatimukset

Hankkeen toteutettavuuden kannalta on oleellista, että nostoalueet ovat rakennettavissa suunnitelluille paikoille ja kustannusvaikutukset erilaisille vaihtoehdoille ovat riittävällä tavalla tiedossa. Kun vaikuttavimmat tekijät on tunnistettu, osataan suunnitteluvaiheen edetessä tehdä paremmin oikeita ratkaisuja. Nostoalueen murskekentän koko on noin 4000-6000 m<sup>2</sup> riippuen voimalatoimittajasta ja -mallista. Jos voimalan korkeus on matalampi, nosturin puomin kasausalueen pituus on lyhyempi. Esisuunnittelussa varaudutaan noin 70x100 metrin kokoiseen nostoalueeseen. Sijaintia tutkitaan siten, että se mahdollistaa erityyppisiä vaihtoehtoja. Suunnittelussa tunnistetaan myös tv-alueen mahdollistama voimalan siirtomahdollisuus.

Voimala voi sijaita nostoalueen keskivaiheilla tai päädyssä. Nostoalueen kokonaispituudet ovat kuvien 26-28 esimerkeissä noin 250-280 metriä ja kokonaisleveys vaihtelee 70-80 metrin välillä. Kuviin on poimittu erilaisia nostoalueen toteutusratkaisuja, mutta pääperiaatteet toiminnolle säilyvät samanlaisina. Voimalan sijainti suhteessa päänosturin alueeseen saattaa vaihdella. Kuvissa käytetyt kirjaintunnukset: a=päänosturin alue, b=lapojen varastointialue, c=apunosturien alueet, d=päänosturin puomin kasausta varten tehty murskepeti, e=tuulivoimala, f=käytäntöpaikka raskaalle kalustolle.



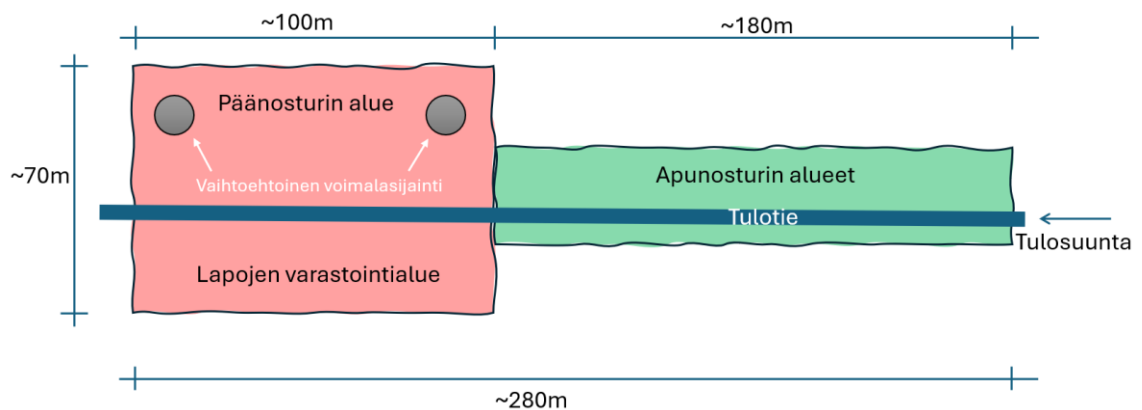
KUVA 26,27,28. Erilaisia nostokenttäratkaisuja. Kuviin on lisätty toiminnollista aluetta kuvaavat kirjaimet (Maanmittauslaitos, 2025d).

Päänosturin alueen murskekentän tulisi olla vaakasuora tai alle 1% kalteva. Maksimikaltevuus riippuu käytettävästä nosturityypistä (ICSA 2021,11; Stowa 2019, 28). Suunnitteluoletuksena kaltevuudelle käytetään esisuunnittelussa 0%, mikä yksinkertaistaa vertailua ja antaa tarvittaessa pienen optimointimahdollisuuden.

Murskealueen tulee olla ympäröivää maastoa korkeammalla, jolloin alue pysyy kuivana vuodenajasta riippumatta. Jos ei tiedetä voimalavalmistajaa eikä nosturityyppiä, on suositeltavaa ottaa huomioon mahdollisuus erilaisille voimalamalleille (Stowa 2019, 54).

Nosturin puomi tulee olla kasausvaiheessa vaakasuorassa (Esta n.d., 14). Tarvittaessa voidaan käyttää puomien alla korotettuja puomitukia (Stowa 2019, 31). Suuri maanpinnan kaltevuus vaatii korkeita murskealustan korotuksia puomitukien alle, eikä näin ollen ole tavoiteltava tilanne.

Nostoalue on jaettu toiminnallisesti eri alueisiin. Toiminnalliset alueet ovat kaikilla toimittajilla pääpiirteittäin kuvion 6 mukaisia. Suunnittelussa tulisi huomioida nostoalueen vaihtoehtoisuus. Jos voimala sijaitsee nostoalueen päädyssä tai keskellä, pieni korkeusvaihtelu nostoalueella mahdollistaa muutoksen.



KUVIO 6. Nostoalueen toiminnallinen jaottelu ja mittasuhteet. Periaatekuva.

Nostoalueen suuri mittaluokka tulee huomioida suunnittelussa siten, että pääpaimotuksena sijainnin määrittelyssä on alue maastossa, jossa korkeusvaihtelu on vähäisin, kantava maakerros lähellä maanpintaa ja alue liittyy loogisesti huoltotieverkostoon. Tieverkoston ja nostoalueen välillä haetaan kompromissiratkaisua, joka mahdollistaa järkevän huoltotieverkoston rakentamisen sekä voimala-alueen kohtuullisen massatasapainon.

Mikäli nostoalueen maaston korkeuserot ovat suuria, tarvittavat murskemäärät kasvavat nopeasti nostokentän laajan pinta-alavaikutuksen takia. Olosuhteiden tuomat kustannuslisät tuleekin tunnistaa. Suuret korkeuserojen vaihtelut maastossa saattavat moninkertaistaa murskemäenkin kustannukset. Kuvan 29 tilanteessa rakennekerroksen paksuus on noin 2-3 metriä ja rakentamiskustannus on yli kaksinkertainen perusrakenteeseen verrattuna.



KUVA 29. Suuret korkeuserot kasvattavat rakentamisessa tarvittavia murskemääriä (Kuva: Ilvesluoto, 2017g).

Apunosturin alueella tulotielle tehdään levikkeitä, jotta apunosturi voidaan pystyttää kyseiseen sijaintiin. Normaalin tien leveys ei ole riittävä, kun tukijalat on levitetty pystytystä varten. Nosturin puomin osat on kuljetettu lähelle sijaintia, jossa ne asennetaan paikoilleen. Apunosturi suorittaa asennusnostot levikkeiden kohdalta. Kuvassa 30 apunosturi on asentamassa puomin osaa paikoilleen. Kuvasta voidaan havaita, että päänosturin puomi on normaalitilanteessa usean metrin korkeudella. Jos tulotie on nostokentältä laskeva esimerkiksi 2 metriä, nosturin puomi on suurimmillaan irti maasta noin 5 metriä. Kyseisessä tilanteessa kasauksen aikainen puomin tuenta vaatii ylimääräisiä murskepetejä puomin tuentapisteiden alle.



KUVA 30. Päänosturin puomin osia asennetaan apunosturin avulla (Kuva: Ilvesluoto, 2017h).

Perustusta ei kannata sijoittaa maastollisesti korkeimpaan paikkaan, vaan sijaintiin, jossa nostoalue saadaan kohtuullisin rakennekerroksin toteutettua haluttuun tasoon. Voimalan perustuksen halkaisija voi olla jopa 29 metriä ja tuulivoimalan rakenteet voivat ulottua 4 metrin syvyyteen (Kontiainen 2023). Perustuksen alapuolelle tulee kantava murskekerros (kuva 31). Perustuksen koko vaihtelee jonkin verran riippuen voimalatyypistä. Kaivettavan montun koko voi olla halkaisijaltaan jopa 35 metriä ja syvyydeltään 5 metriä. Kaivettavan montun syvyys riippuu nostokentän ja perustuksen korkeustasojen suhteesta sekä maaston korkeustasosta. Montun kokoluokan takia onkin järkevämpää sijoittaa perustuksen keskikohta maastollisesti hieman alemmalle tasolle kuin nostokenttä, jolloin kaivu- ja täyttötöyt jäävät vähäisemmiksi. Kallioankkuriperustuksessa tilanne on sama, mutta kaivettavan montun koko on pienempi.



KUVA 31. Perustuksen alapuolisen murskekerroksen tiivistys (Kuva: Ilvesluoto, 2014d).

Maanvaraisen Gravitaatioperustuksen toiminta ja tuenta perustuu rakenteiden ja niitä ympäröivien maamassojen painoihin (Kontiainen 2023). Perustuksen betoniantura peitetään riittävän painon omaavalla maa-aineksella. Kun voimalaa pysytetään ja huolletaan, tulee kiinnityspulttien luokse päästä helposti. Tyypillinen korkoero perustuksen yläpinnan ja nostoalueen välillä on noin 0.5-1.5 metriä (kuva 32).



KUVA 32. Voimalan perustus ja nostokenttä (Kuva: Ilvesluoto, 2017i).

Nostoalueen esisuunnittelun lähtöajatuksena on, että voimalasijaintiin kiinnittyvälle nostokenttäalueelle tulisi löytyä noin 100m pitkä 70m leveä mahdollisimman tasainen ja kantava alue, jossa korkeusvaihtelu olisi mahdollisimman pieni. Lisäksi huomioidaan, että jyrkkää maastokallistusta ei olisi voimalasta 100-200 metrin päässä olevalla tulotien alueella. Jos tiedossa on voimalatoimittaja, voidaan käyttää kyseisen toimittajan mukaista nostoalueen mallia.

### 3.6 Maasto- ja maaperäolosuhteet

Liikennevirasto on laatinut toimintaohjeen maastotietojen hankinnasta (Maastotietojen hankinta 2017). Ohjetta sovelletaan infran esisuunnittelussa. Ensimmäisissä suunnitteluvaiheissa tehdään sellaiset tutkimukset, joiden perusteella voidaan rajata tarkempia tutkimuksia vaativat kohteet ja määritellä onko suunniteltu toteutustapa mahdollinen alueella (Maastotietojen hankinta 2017, 26.). Maastotietojen hankinnan tuotekohtaiset tehtävät eri suunnitteluvaiheista on esitetty taulukossa 1. Toimintaohjeessa on kuvattu suunnitteluvaiheen mukaisesti tarvittavia tietoja. Taulukossa 2 on tarkentava tulkintaohje taulukolle 1.

TAULUKKO 1. Pohjatutkimustietojen hankinta eri suunnitteluvaiheissa (Maastotietojen hankinta 2017, 27).

	MT120	MT130	MT140	MT150	MT160	MT170	MT180	MT190	MT200	MT210
	Olemassa olevat pohjatutkimukset	Pehmeikkötutkimukset	Kantavan maan tutkimukset	Siltojen ja muiden rakenteiden tutkimukset	Tunnelin pohjatutkimukset	Nykyisten rakenteiden tutkimukset	Päällysteiden kiivaanestutkimukset	Pohjavesitutkimukset	Ennako- ja seurantamittaukset	PIMA- ja sedimenttitutkimukset
Esisuunnittelu	MT121	MT131	MT141	MT151	MT161	MT171	MT181	MT191	MT201	MT211
Yleissuunnitelma *	MT122	MT132	MT142	MT152	MT162	MT172	MT182	MT192	MT202	MT212
Tiesuunnitelma										
Ratasuunnitelma	MT123	MT133	MT143	MT153	MT163	MT173	MT183	MT193	MT203	MT213
Rakennus-suunnitelma	MT124	MT134	MT144	MT154	MT164	MT174	MT184	MT194	MT204	MT214

TAULUKKO 2. Pohjatutkimustietojen tarkkuustaso eri suunnitteluvaiheissa (Maastotietojen hankinta 2017, 27).

<i>Yleispiirteinen ja yleisistä lähteistä peräisin oleva tietotaso on esitetty kursiivilla tekstillä</i>	MT141
Tarkempi ja osin uusiin tutkimuksiin sekä selvityksiin perustuva tietotaso on esitetty normaalilla tekstillä	MT142
<b>Tarkin ja uusiin tutkimuksiin sekä selvityksiin perustuva tietotaso on esitetty lihavoidulla tekstillä</b>	<b>MT143</b>

Tuulivoimahankkeen infran esisuunnitteluvaiheessa yleisimmin muodostuu huomioitaviksi pääosin taulukon 1 mukaan hankittavat tiedot (MT120-121, MT130-131, MT140-141, MT170-171, MT190-191), joista poimittuna seuraavia asioita:

- Maaperä- ja kallioperäkartat, peruskartat, ilmakuvat, vanhat suunnitelmat, pehmeikkö ja pohjavahvistusrekisterien tiedot, muut aluetta koskevat maankamaran rakenneselvitykset, olemassa olevat tutkimukset, nykyisen rakenteen hyödynnettävyys, maastoinventointi, rakenteen korjaus- ja vahvistusmahdollisuudet, pohjavesialuekartat (Maastotietojen hankinta 2017, 34, 37, 40, 50, 55.).

Tarvittaessa huomioidaan MT150-151, MT160-161, MT180-181, MT200-201, MT210-211 tiedot.

Hankealueilta voidaan tunnistaa vallitsevia maasto-olosuhteita maastokarttojen, ortokuvien, vanhojen ilmakuvien, korkeusmittausaineiston ja maaperäkarttojen perusteella. Vertailemalla ja yhdistämällä erilaisten tietolähteiden informatiivisia asioita, voidaan tehdä päätelmiä olosuhteista ja rakennettavuudesta.

Maastokartasta (kuva 33) saadaan perusinformaatio alueen maastosta ja tiestöstä. Maastokartasta nähdään kuvaan merkittyjen korkeuskäyrien avulla maaston korkeusvaihteluja ja karttaan on merkitty maan pinnassa olevia kallioalueita. Kartan nimet kertovat usein myös paikan ominaisuuksista.

Ortokuvia (kuva 34) voidaan hyödyntää maastokartan tulkinnassa. Kuvassa saattaa olla asioita, joita maastokarttaan ei ole vielä päivitetty. Ilmakuvasta voi tehdä havaintoja tiestöstä, hakkuualueista, puustosta, suoalueista, vesistöistä ja muista maastokarttaa täydentävästä informaatiosta.

Vanhoja ilmakuvia (kuva 35) voi hyödyntää esimerkiksi turvealueen tunnistuksessa. Jos alueelta on otettu ilmakekuva ennen alueen ojituksia, voidaan nähdä paremmin suoalueen rajaus ennen ojien kuivatusvaikutusta. Tällöin turvealue on mahdollisesti paremmin tunnistettavissa. Kun alueella on tehty ojituksia, luontainen olosuhde on jonkin verran muuttunut. Turvealueista on jonkin verran myös paikkatietoaineistoksi tallennettuja tutkimuksia.

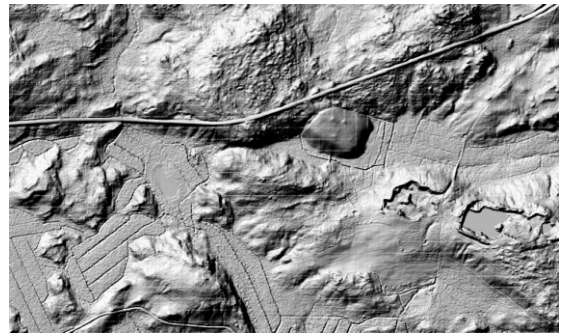
Rinnevarjostekuvasta (kuva 36) voi tarkastella alueen maastomuotoja visuaalisesti. Korkeusmalliaineistosta tarkastelemalla voidaan arvioida maanpinnan korkeusasoja ja kaltevuuksia alueella. Maanmittauslaitoksen 2m korkeusmalliaineisto on hyvin soveltuva kyseiseen tarkoitukseen.

Maaperäkartan (kuva 37) ja muiden maaperätietoja sisältävän aineiston perusteella voidaan hahmottaa maaperän olosuhteita alueelta. Maaperätietoa hyödynnetään rakennettavuuden arviointia varten. Maaperäkartoista voidaan saada tietoa esimerkiksi savi-, turve- ja sulfaattikerroksista sekä kallioalueista.



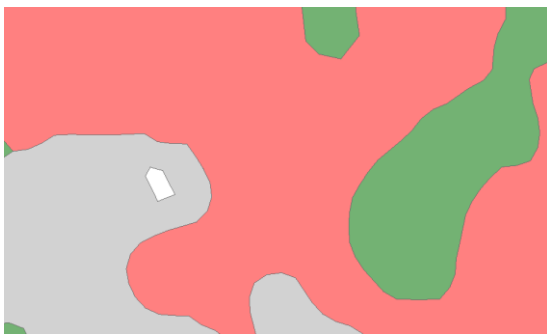
KUVA 33. Maastokartta (Maanmittauslaitos, 2025c).

KUVA 34. Ortoilmakuva. (Maanmittauslaitos, 2025d).



KUVA 35. Vanha ilmakekuva v. 1953 (Paikkatietoikkuna, 2025).

KUVA 36. Korkeusmalliaineistolla luotu rinnevarjostekuva (Maanmittauslaitos, 2025b).



Punainen = kallioalue, peitemaa <1m

Harmaa = paksu turvekerros yli 0.6m

Vihreä = karkearakeinen maalaji

Valkoinen = vesialue

KUVA 37. Maaperäkartta (Geologian tutkimuskeskus, 2025a).

### 3.7 Yhteiskunnan tekninen infrastruktuuri

Yhteiskunnan tekninen infrastruktuuri vaikuttaa jonkin verran infrasuunnitteluun, mutta ei välttämättä rajaa suunnittelualuetta. Hankealueet sijoittuvat tiiviimpien asutuskeskittymien ulkopuolelle, joissa infran määrä on vähäisempi. Olemassa

olevaa teknistä infrastruktuuria voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennusaikaisen sähkön käytössä tai työmaan vesi- ja viemärintijärjestelyissä.

Junarata tai tieverkosto vaikuttavat suunnitteluun riippuen niiden sijainnista hankealueeseen nähden. Junaradan toiselle puolelle siirtyminen on aina erikoistapaus ja siirtymispaikka saattaa olla kaukana hankealueesta. Yleisellä tieverkostolla on rajoituksia esimerkiksi tieliittymien suhteen. Liittymiä ei voi sijoittaa mielivaltaisiin sijainteihin vaan niissä on oma lupamenettelynsä, minkä vastuuviranomaisena toimii Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus.

Maanalaiset rakenteet hankealueella tulee huomioida suunnittelussa, mutta niiden mahdolliset ylitykset voidaan toteuttaa yleensä kohtuullisen helpoilla betoni-laatta- tai muilla soveltuvilla suojausratkaisuilla. Kaasuputket kulkevat kuvan 38 tilanteessa tien molemmin puolin maan alla. Suunnitteluvaiheessa tulee selvittää, millä edellytyksillä putkilinjoja voidaan ylittää.



KUVA 38. Kaasuputket kulkevat kuvan tilanteessa tien molemmin puolin maan alla (Kuva: Ilvesluoto, 2024e).

Erikoiskuljetukset ovat suurikokoisia ja korkeita. Suurimpien komponenttikuljetusten korkeus on noin 7,5 metriä. Kuljetuksen korkeimman kohdan tulee olla riittävän suojaetäisyyden päässä, kun kuljetus alittaa sähkölinjan. Kuvassa 39 näkyy sähkölinja ja tuulipuiston huoltotieverkoston liittymispiste yleiseen tiehen. Tieliittymää on levennetty erikoiskuljetuksia varten. Ortokuvasta voi tunnistaa myös louhosalueen.



KUVA 39. Teknistä infrastruktuuria (Maanmittauslaitos, 2025d).

### 3.8 Vesistöt, alavat alueet ja turpeenottoalueet

Suunnitteluvaiheessa on tärkeä huomioida soveltuvat vesistöjen ylityspaikat, joiden toteutus on yksittäisenä kustannuseränä suuri. Sillan kantavuus tulee olla riittävä hankealueen raskaille kuljetuksille. Vesistöjä ja puroja sisältävillä alueilla tulee huomioida myös tulvatilanteen mahdollisuus. Mahdolliset purojen (kuva 40) ja suurten ojien ylitykset sekä voimaloiden sijoittuminen lähialueille tulee tutkia maastossa. Kartalta ei vesistön tilannetta voi tietää. Ensisijaisena vaihtoehtona on käyttää olemassa olevien ylityspaikkojen kohtia. Toissijaisesti tutkitaan ylityksille soveltuvimmat sijainnit. Purojen luontoarvojen säilyttäminen vaatii usein siltaratkaisuja, jonka kustannusvaikutus yksittäisenä kuluna on satoja tuhansia euroja.

Käytöstä poistettujen turvetuotantoalueiden tilanteet saattavat vaihdella suuresti. Turvesuolta on ottotoiminta loppunut ja alue saattaa olla kohtuullisen kuiva. Ottotoiminnan aikana on tehty kuivatusjärjestelyjä, joiden tarkoituksena on ollut pitää vesitaso alhaalla. Alueella saattaa olla jäljellä vain ohut turvekerros, jonka alapuolella on kantava maakerros. On myös mahdollista, että turvekerroksen alla on hienorakeinen maalaji. Ottotoiminnan loputtua alue on saatettu muuttaa kosteikoksi tai otettu metsätalouden käyttöön. Kosteikossa vesitason pintaa nostetaan ojien padotuksilla (kuva 41). Alavilla alueilla tulisikin huomioida alueen vesipinnan muutoksia eri vuodenaikoina. Ilma- ja karttakuvista ei välttämättä pääse käsitykseen nykytilanteesta. Maastokäynnillä tulisi huomioida myös alueen vesienhallintaa.



KUVA 40. Vesistöylitysten tilanne tulee tarkastaa maastossa (Kuva: Ilvesluoto, 2024f).



KUVA 41. Ojassa on pato, jolla nostetaan turvetuotantoalueen vesipintaa (Kuva: Ilvesluoto, 2024g).

## 4 KAAVALUONNOSVAIHEEN INFRAN ESISUUNNITTELU

Alueelle suunnitellaan työpöytäversiona huoltotieverkosto ja hahmotellaan voimaloiden nostokenttien sijoittelu kappaleen 3 taustateorian mukaisesti. Luonnos-suunnittelussa pyritään mahdollistamaan useita infran toteutusvaihtoehtoja. Suunnitelmat laaditaan siten, että niistä voidaan mitata eriteltyinä kunnostettavien ja uuden tiestön sekä kaapeliojien pituudet tarvittaessa. Pituuksia hyödynnetään vaikutusten arvioinnin tausta-aineistona. Esisuunnittelu laaditaan työpöytäversiona, jolloin maastohavainnot ei alueelta ole vielä tehty. Suunnittelu perustuu saatavilla oleviin aineistoihin.

Suunnitteluohjelmaksi kaavaluonnosten infrasuunnitelmien laatimisessa käytetään QGIS-paikkatietosovellusta. Kaavaluonnosten mittakaava on laajoja alueita käsittävänä piirustuksena kohtuullisen suuri, jolloin ohjelman antama tarkkuustaso on hyvä. Ohjelman ominaisuudet soveltuvat erinomaisesti tähän suunnitteluvaiheeseen ja paikkatietoaineistoja on paljon saatavilla. Suunnittelu tehdään ohjelmassa eri työtasojen tiedostojen erottelutarpeen mukaan. Tarkoituksenmukaisina tasoina infrasuunnittelussa käytetään: uudet tiet, kunnostettavat tiet, nostoalueet ja sisäverkon kaapelointi.

Opinnäytetyössä tehtävän suunnittelun esimerkkikuvien taustaksi on määritelty ilmakuva, jolla halutaan välttää alueellinen kohdistettavuus ja väärinkäsitykset. Tässä kappaleessa analysoidaan yhden hankkeen suunnittelutilanteita.

### 4.1 Suunnittelussa käytettäviä paikkatietoaineistoja

Suunnittelussa hyödynnetään eri lähteiden avoimia ja alueelta hankittuja paikkatietoaineistoja tieto-, kokemus- ja vertailuperusteisesti. Eri lähteistä saatuja tietoja yhdistämällä voidaan päätellä ja olettaa osittain asioita, joita ei suoranaisesti aineistoissa ole. Päätelmissä on kuitenkin aina epävarmuutta ilman tietoa. Maastotutkimuksissa tarkastetaan päätelmäoletusten osuvuus, mikäli vaikuttavuudella on riittävän suuri painoarvo. Suunnittelussa hyödynnetään seuraavia paikkatietoaineistoja soveltuvien osin:

Geologian tutkimuskeskus GTK

- Maaperä\_200k\_maalajit
- Kalliopinnan taso
- GTK kivi- ja maa-ainesluvut
- Happamat sulfaattimaat 250k\_alueet

### Maanmittauslaitos MML

- Maastokartta
- Ortokuva
- Kiinteistöjaotus
- Korkeusmalli 2m
- Paikkatietoikkuna, vanhoja ilmakuvia

### Väylävirasto

- Digiroad: tiekunnalliset yksityistiet

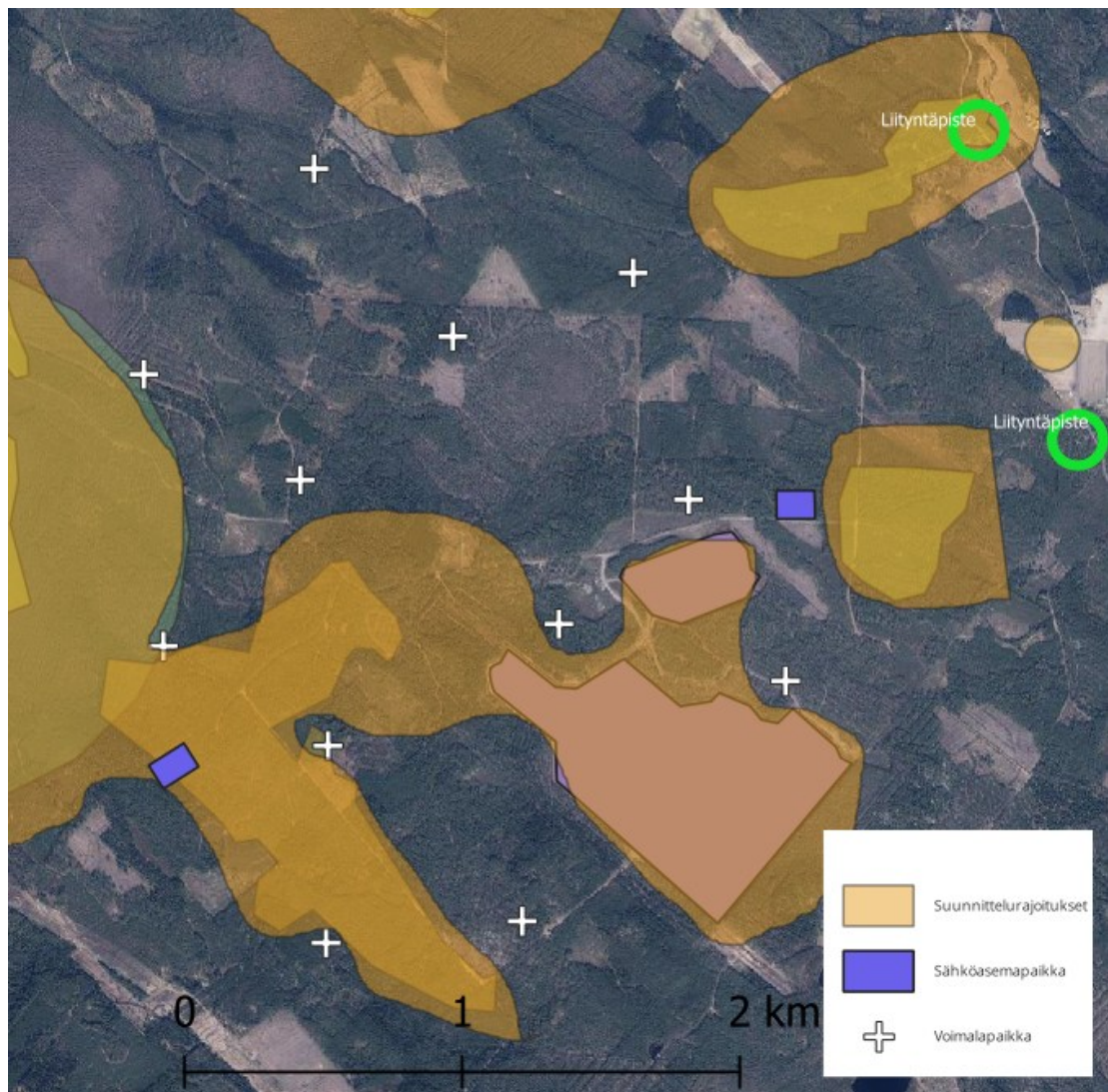
### Muu hankekohtainen paikkatietoaineisto

- Hankealueelta selvitetty luontotiedot
- Voimala- ja sähköasemasijainnit
- Hankealueen maankäytön tiedot
- Liityntäpisteet yleiseen tieverkostoon
- Alueella sijaitsevat teknisen infrastruktuurin tiedot

## 4.2 Suunnittelun lähtötiedot

Suunnittelussa tutkitaan ja muodostetaan käsitys luontoselvitysten ja muiden rajausten muodostamista alueista sekä niiden vaikuttavuudesta alueiden käyttöön. Joillekin alueille voidaan sijoittaa rajatusti infrarakenteita ja joillekin alueille ei voi sijoittelua tehdä. Lähtötilannekarttaan lisätään alustavat voimalapaikat, sähköasemapaikat ja tunnistetaan liityntäpisteet tieverkostoon.

Infrasuunnittelun lähtötilanne (kuva 42) on nyt muodostettu. Lähtötilanteeseen suunnitellaan voimaloita, sähköasemia ja yleisen tien liityntäpisteitä yhdistävä nostoalue- ja huoltotieverkosto. Suunnittelussa varmistetaan se, että voimalatoimittajan infralle asetetut vaatimukset on mahdollista toteuttaa valittuja linjoja mukaillen teknistaloudellisesti järkevällä tavalla.



KUVA 42. Infrasuunnittelun lähtötilanne (Maanmittauslaitos, 2025d).

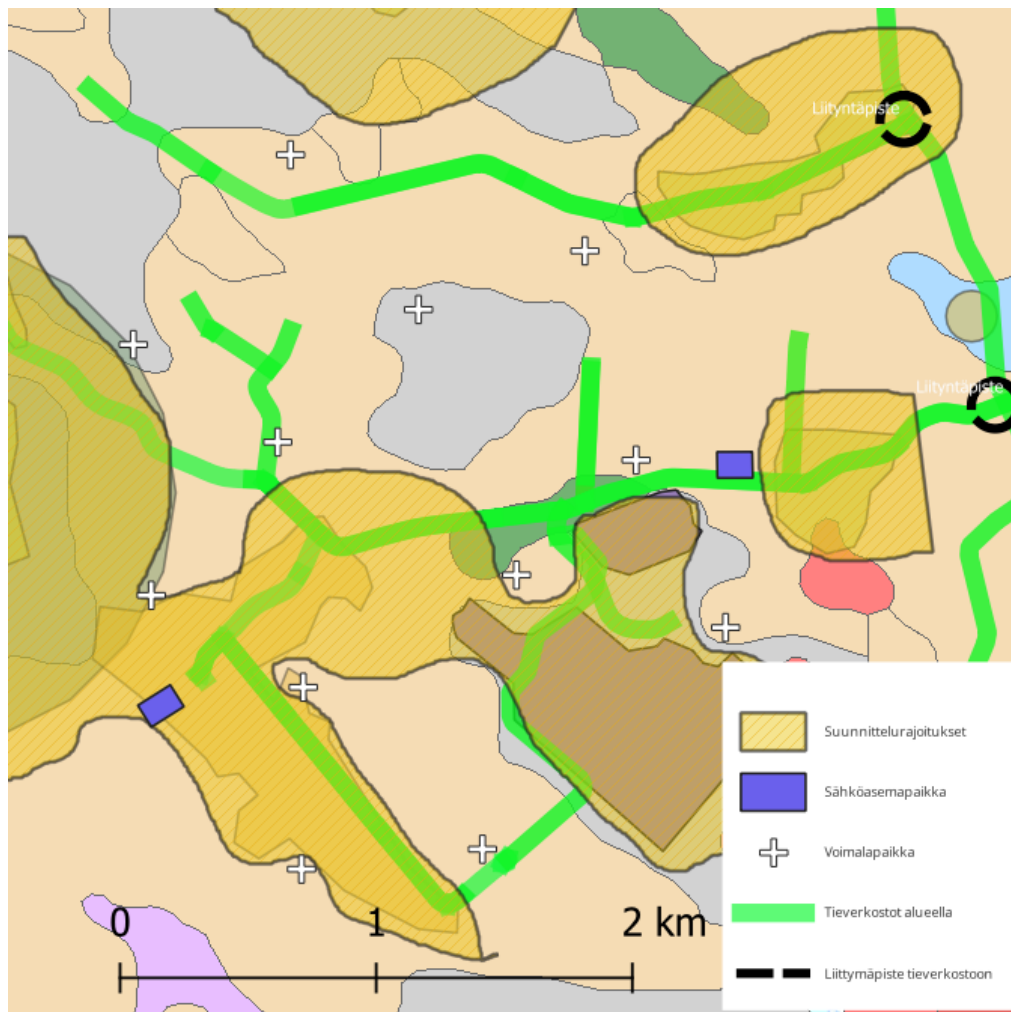
Hankealueelta tunnistetaan olemassa oleva tieverkosto, jota pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon. Lähtötilanteen asioiden tarkastelussa hyödynnetään karttoja, ilmakuvia, maaperäkartoja ja esimerkiksi Google Mapsin (kuva 43) antamaa lisäinformaatiota. Infran suunnittelussa pyritään siihen, että kuljetukset eri liittymävaihtoehdoista on mahdollisia ja alueen sisällä on vaihtoehtoisia kuljetusreittejä. Mikäli jokin kuljetusreitti osoittautuu kelvottomaksi, on siinä tilanteessa mahdollisesti toimiva varavaihtoehto olemassa. Eteläisempi tieliittymä valitaan alustavasti päätulotiesijainniksi (kuva 44) olemassa olevan tieverkoston takia. Risteykseen hahmotellaan kuljetuksia varten loiva mutka, jonka säde on 60 metriä ja tutkitaan sen toimivuus. Reaalista mitoitusta käyttämällä toteutettavuusanalyysia tehdään suunnittelun yhteydessä. Toinen liittymäsijainti pidetään suunnittelussa mukana.



KUVA 43. Huoltotieverkoston liittymästä kuva (Google Maps 2025).

KUVA 44. Ilmakuva huoltotieverkoston risteyksestä, johon on hahmoteltu kuljetuksia varten tarvittava tien mutka (Maanmittauslaitos, 2025d).

Maaperäkartan, ortokuvien, maastokartan ja topografian vaikutuksia tutkitaan alustaviin huoltotieverkoston sijoitteluihin alueella. Kuvassa 45 on esitetty suunnittelun pohjaksi luotu yhdistelmäkuva. Tässä tilanteessa havaitaan, että alueella on maaperäkartan mukaan turvealueita (harmaa), jotka voi tunnistaa myös kartasta ja ortokuvasta. Karttaan on merkitty avokallioita ja kallio on maaperäkartan mukaan useassa paikassa lähellä maanpintaa (punainen). Maaperäkartassa näkyvän sekalajitteisen (beige) ja karkearakeisen maalajin alueelle (vihreä) voi suunnittelua hyvinkin tehdä. Huoltotieverkosto ja nostoalueet pyritään sijoittamaan mieluiten maaperäkartan punaisen, beigen ja vihreän maaperän alueille. Happaman sulfaattimaan esiintyvyys alueella on hyvin pieni tai pieni, joten sulfaattimaat eivät vaikuta suunnitteluun. Korkeusvaihtelu on alueella kohtuullisen pientä. Olemassa olevaa tieverkostoa hyödynnetään mahdollisimman paljon. Yleissilmäyksellä hankealue vaikuttaa kohtuullisen helposti rakennettavalta alueelta.



KUVA 45. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä yhdistelmäkuvasa (Geologinen tutkimuskeskus 2025a).

### 4.3 Nostoalueiden sijoittelun suunnittelu

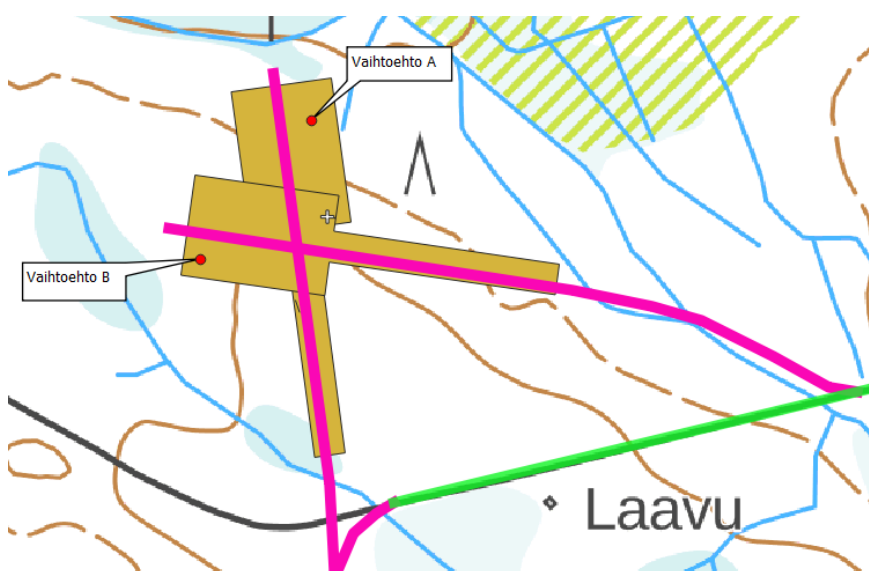
Voimaloiden nostokenttien sijoittelut tutkitaan tapauskohtaisesti. Nostokentälle haetaan paikka, jossa maaston korkeusvaihtelu on mahdollisimman vähäinen, kantava maaperä on lähellä maanpintaa ja tulotien suuntaus voimala-alueelle on toteutettavissa. Tulotien suuntaus tarkoittaa suuntaa, mistä kuljetukset voimalalle tuodaan. Kun lähtötilanteessa on tunnistettu olemassa oleva tieverkosto ja rajoitteet suunnittelulle, on samalla hahmottunut huoltotieverkoston alustavat reittiajatukset. Tämä tieverkoston alustava reittiajatus huomioiden hahmotellaan nostokentät ohjautumaan tieverkostolle. Nostoalueet kytketään tarvittaessa uudella tie-linjauksella olemassa olevaan tieverkostoon. Tieverkoston linjaukset täsmentyvät suunnittelun edetessä. Nostoalueiden suunnittelussa hyödynnetään kuvan 45 aineiston lisäksi kartta, ilmakeu- ja korkeusmalliaineistoa.

Seuraavissa osioissa suunnitellaan kahdelle eri vaihtoehtoiselle ratkaisulle infra-suunnitelmat. Jotkut voimalasijainnit ovat vaihtoehtoisissa ratkaisuissa samoissa sijainneissa, jolloin perusteita asemoinnille ei esitetä saman voimalasijainnin osalta kahta kertaa.

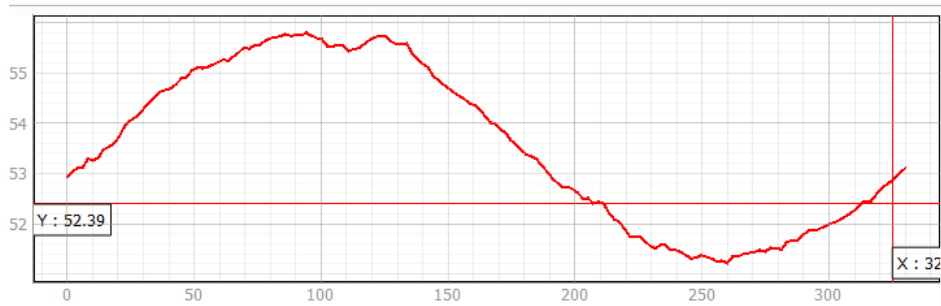
### 4.3.1 Nostokentän suunnittelu perustilanteessa

Nostokentän korkeusvaihtelu perustilanteessa on kohtuullisen vähäistä tai osittain kaltevaa, yleensä alle 2 metriä. Maaperä on alueella pääosin kantavaa. Voimalasijainnin mukaisella paikalla tunnistetaan toteutusvaihtoehdot nostokentän ja tulotien suuntauksille. Suuntausvaihtoehtoja vertaillaan huoltotieverkoston kokonaisuuden, nostoalueen korkeusvaihtelujen, maaperän ja kokonaistoteutettavuuden kannalta. Näistä valitaan tilanteeseen paras kompromissivaihtoehto. Tutkittavista voimalasijaintien tilanteesta tunnistetaan eri vaihtoehdoille korkotason vaihtelut ja sen vaikutuskokonaisuus tarvittavien maa-ainesten massamääriin. Lisäksi tunnistetaan luontoselvitysten ja maankäytön asettamat rajoitteet nostoalueen suuntausvaihtoehdoille.

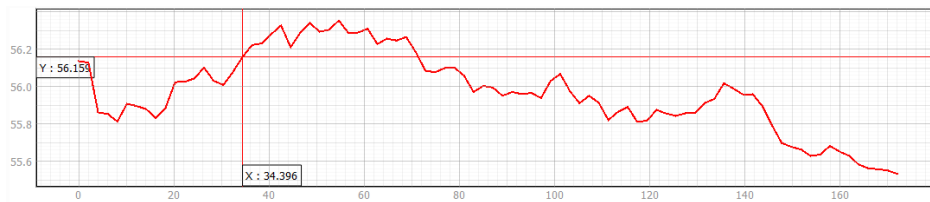
Voimalasijainnille tutkitaan tulotien suuntausvaihtoehtoja, joita on kaksi vaihtoehtoista suuntaa. Korkeusmallin avulla haetaan ratkaisuvaihtoehtoja ja päädytään kuvan 46 vaihtoehtoihin. Olemassa oleva tie on merkitty vihreällä ja uusi tie violetilla.



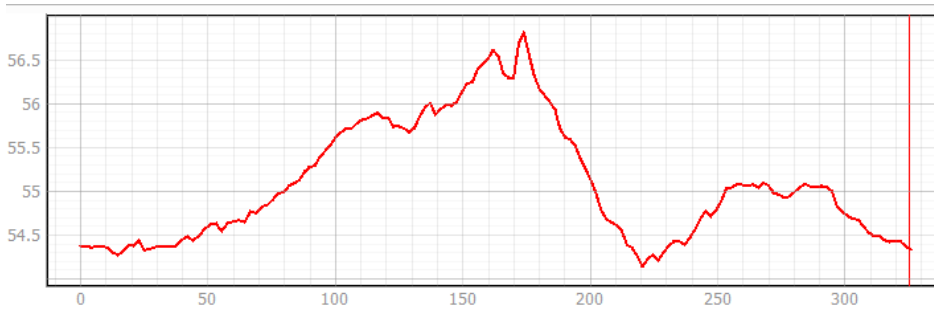
KUVA 46. Nostoalueen sijoitteluvaihtoehdot (Maanmittauslaitos, 2025c).



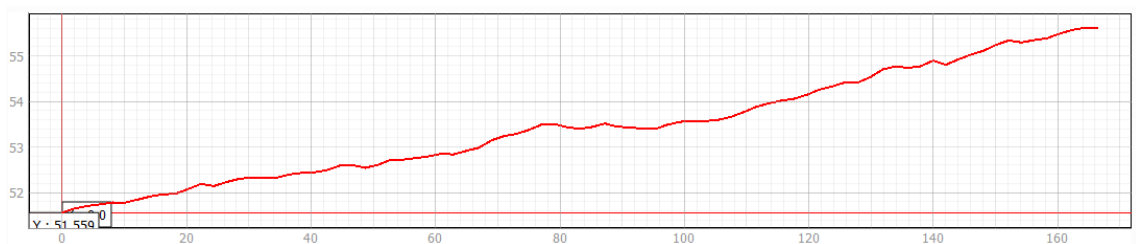
KUVIO 7. Vaihtoehto A, korkeusvaihtelu nostokentän reunaan pitkin mitaten on +51.2..+55.6 eli noin 4.4 metriä (Maanmittauslaitos, 2025b).



KUVIO 8. Vaihtoehto A, tulotien korkotason vaihtelu on +55.5..+56.3 eli noin 0.8 metriä (Maanmittauslaitos, 2025b).



KUVIO 9. Vaihtoehto B, korkovaihtelu nostokentän reunaan pitkin mitaten on +54.2..+56.5 eli noin 2.3 m (Maanmittauslaitos, 2025b).



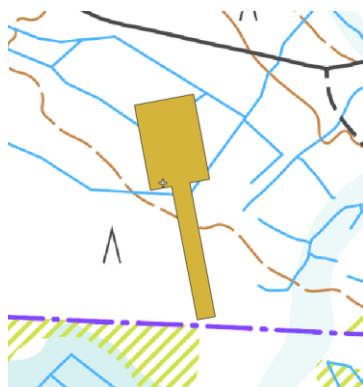
KUVIO 10. Vaihtoehto B, tulotien korkovaihtelu on +51.6..+55.8. Tulotie kallistus on nostokentältä laskeva noin 4.2 metriä (Maanmittauslaitos, 2025b).

Tarkasteltaessa vaihtoehtoisia voimala-alueen suuntausvaihtoehtoja, voidaan todeta, että korkeusvaihtelu nostokentän alueella on vaihtoehdossa A noin 4.4m ja vaihtoehdossa B noin 2.3m. Kustannusero rakennettavuuteen on massamäärissä kohtuullisen suuri. Nostokentän rakentamisen ja massamäärien suhteen vaihtoehto B on parempi.

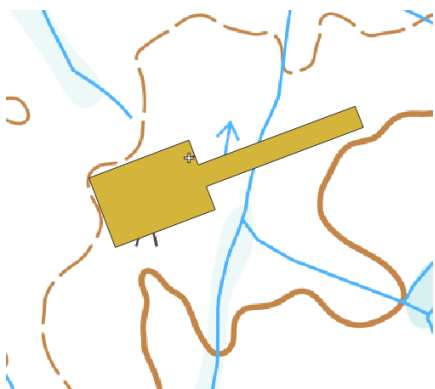
Korkoero tulotien alueella on vaihtoehdossa A noin 0.8 metriä, mikä on hyvä. Vaihtoehdossa B tulotie laskee nostokentältä noin 4.2 metriä. Tavoitteena tulotielle on, että korkovaihtelu on laskevana maksimissaan 2 metriä, jolloin nostopuomin kasaukselle ei tarvita erillisiä korotettuja murskepetejä. Tulotiealueen suhteen vaihtoehto A on parempi. Näistä vaihtoehdoista valitaan tässä tilanteessa nostokentän ja tulotien suunnaksi vaihtoehto B:n mukainen ratkaisu, jossa voimalalle tullaan idän suunnasta. Perustelut voimala-alueen suuntauksen valinnalle:

- Nostokentän osalta korkeusvaihtelu vaihtoehdossa B on huomattavasti pienempi ja maa-ainestarve huomattavasti pienempi.
- Tulotien osalta korkeusvaihtelu on vaihtoehdossa B huonompi. Uusi tie käyttää ortokuvassa näkyvää hakkuuaukkoa enemmän sekä kiertää karttaan merkittyä laavua kauempaa.
- Pohjoisemman alueelle tulevan tien käyttötilanteessa tulosuuntana olisi itä, jolloin suuntaus toimii siinä tilanteessa hyvin.
- Valinta mahdollistaa sen, että voimalalta etelään suuntautuva huoltotie voidaan jättää pois, mikäli eteläosan tiereittiä on mahdollista käyttää.
- Valinnassa tunnistetaan se, että nostoalueen kääntämisellä on mahdollista löytää parempi ratkaisu, kun saadaan lisää tietoa maastosta.
- Lähestymissuunnaksi voimalalle ennakoidaan idän suuntaa.

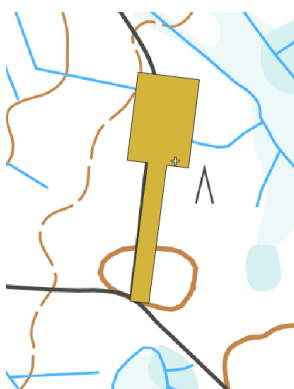
Tässä hankkeessa on vastaavanlaisia nostokentän valintoja, joista tarkastellaan tulotien suuntaus, maaperän laji ja korkovaihtelut sekä huomioidaan rajoittavat luontoselvitykset ja maankäyttö. Nostokentän korkotasoa tarkastellaan reuna-alueita pitkin mitaten, millä saadaan kohtuullinen kuva yleisestä korkotasosta. Korkotasojen mittauksissa huomioidaan maaperän yleinen arvioitu korkotaso ja sen painoarvoinen vaikuttavuus. Yksittäisiä pieniä kuoppia tai maapahkuroita ei ole tarvetta huomioida, mikäli kyse ei ole esimerkiksi puron tai suuren ojan ylityksestä. Kaikkien voimaloiden nostokenttien alueet tutkitaan ja tunnistetaan vaihtoehtoiset ratkaisut. Seuraavissa (kuvat 47-61) selostetaan lyhyesti nostoalueen tilanne ja annetaan lyhyt perustelu valinnasta.



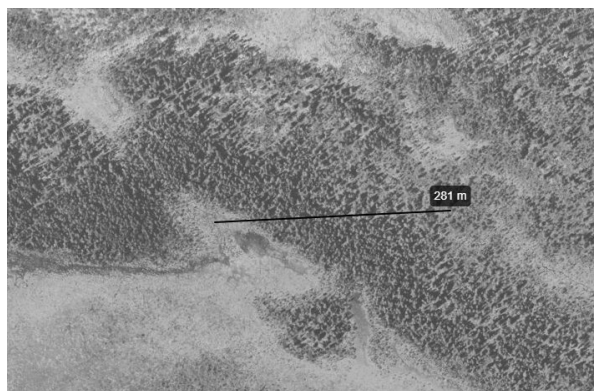
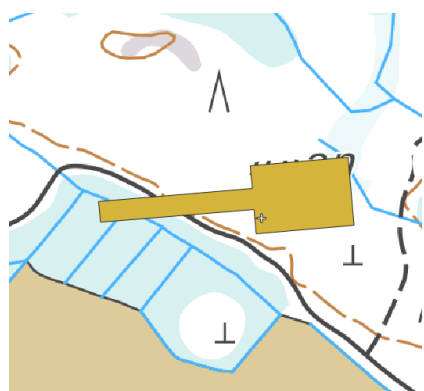
KUVA 47. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.4 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 2 m. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 48. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.9 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 1.9 m. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).

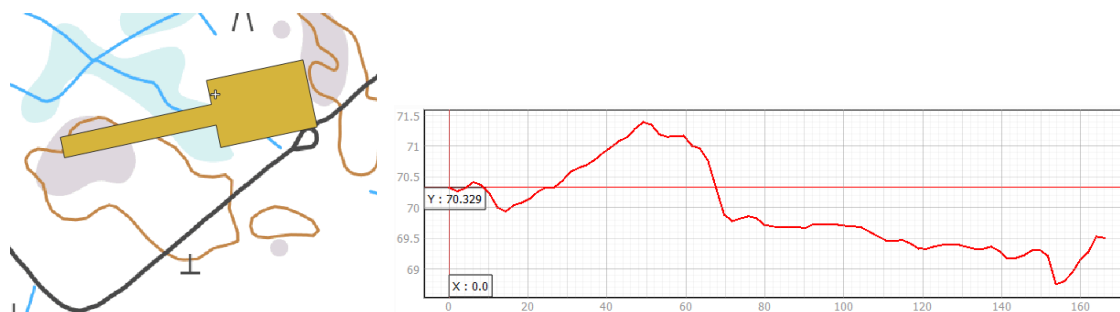


KUVA 49. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.5 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 1.5 m. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä. Nostoalueen käteisyys on mahdollista kääntää myös voimalan itäpuolelle. Sijoittelua on hyvä tarkastella maastossa (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 50. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.1 m. Tulotie on nostokentältä laskeva noin 1.8 m. Maaperä alueella on sekalajitteinen, mutta pintakalliota on lähi-alueella paikoin näkyvissä, joten todennäköisesti kallio on nostoalueella lähellä maanpintaa. Tulotien alkuosa oikaisee hieman mahdollisen turvealueen läpi. Kartasta on poistettu paikan nimi (Maanmittauslaitos, 2025c).

KUVA 51. Vanhasta ilmakuvasta voidaan nähdä, että linjaus ei sattune juurikaan turvealueelle. Ilmakuvaan on merkitty mustalla viivalla nostoalueen linja. Turvealueen läpi menevää oikaisua on hyvä tarkastella maastossa (Paikkatietoikkuna, 2025).



KUVA 52. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.4 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 1.5 m. Maastokartta näyttää, että alueella on pintakalliota. Maaperäkartan mukaan maalaji alueella on sekalajitteista. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta. Vaihtoehtoisena sijaintina nostoalueelle voidaan käyttää olemassa olevaa tietä, mutta jyrkän mutkan takia valitaan nostoalueen suuntaus kyseiseen sijaintiin (Maanmittauslaitos, 2025c).

KUVIO 11. Tulotien korkolinjasta on koholla noin 1.5 m korkea ja noin 40 m pitkä kallioalue. Tulotien suuntaa on hyvä tarkastella maastossa (Maanmittauslaitos, 2025b).

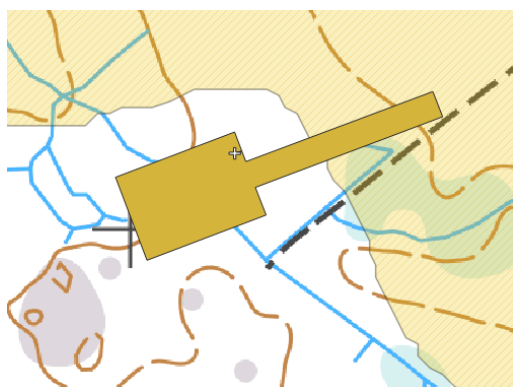


KUVA 53. Nostokentän korkovaihtelu on suurimmillaan noin 2.5 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 1.5 m. Maaperä alueella on tulotien kohdalla kallio-peräinen karttakuvan perusteella. Nostoalueella maalaji on maaperäkartan perusteella pääosin sekalajitteinen ja luoteisosassa on karkearakeista maalajia (Maanmittauslaitos, 2025c).

KUVA 54. Ortokuvan perusteella hakkuuaukko metsäalueella ohjaa nostoalueen suuntausta risteysaluetta kohti. Hienosäätöä on mahdollista tehdä. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025d).



KUVA 55. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.5 m. Tulotie on nostokentältä laskeva noin 1.2 m. Pintakalliota on kartan perusteella näkyvissä nostokentän itäosassa ja lähialueilla. Todennäköisesti kallio on lähellä maanpintaa. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 56. Nostokentän korkovaihtelu on noin 2 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 2 m. Avokalliota on kartan perusteella näkyvissä nostokentän lounaispuolella. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi on osin rajattua (Maanmittauslaitos, 2025c).



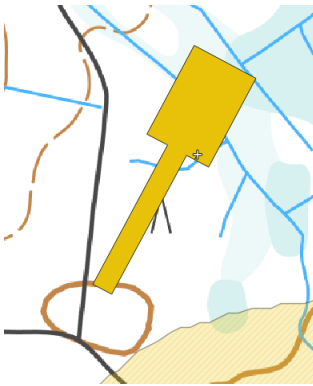
KUVA 57. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.9 m. Tulotie on nostokentältä laskeva noin 0.5 m. Pintakalliota on kartan perusteella näkyvissä nostokentän länsipuolella. Todennäköisesti kallio on nostokentän alueella lähellä maanpintaa. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).



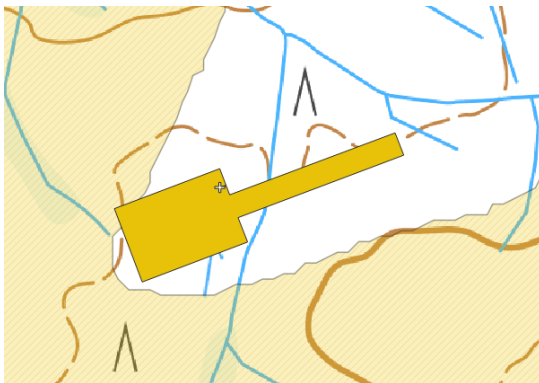
KUVA 58. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.3 m. Tulotie on nostokentältä laskeva noin 1.8 m. Pintakalliota on kartan perusteella näkyvissä voimala-alueen lounaispuolella. Todennäköisesti kallio nostokentän alueella on lähellä maanpintaa. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 59. Nostokentän korkovaihtelu on pääosin alle 2 m, paikallisesti yli 3 m. Tulotien korkovaihtelu on 1 m. Pintakalliota on kartan perusteella tulotiellä ja nostokentän pohjoisosassa. Eteläosassa turvepaksuus voi lisääntyä nopeastikin. Maaperäkartan mukaan alueella on sekalajitteinen maa-aines. Nostoalue tukee huoltotiestön suuntausta. Nostokentän eteläosan turvealue tulee tarkastaa (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 60. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1 m. Tulotie on nostokentältä nouseva noin 2 m. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Koilliskulmassa nostoaluetta on kosteampi alue. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).



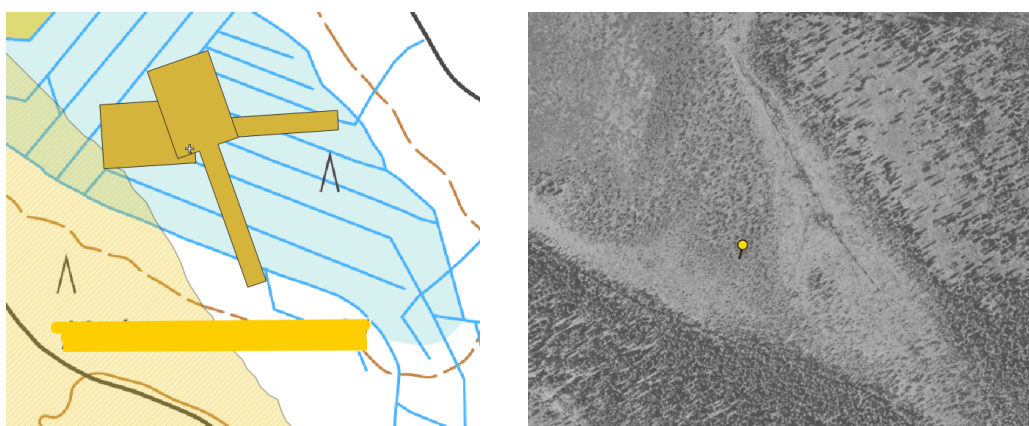
KUVA 61. Nostokentän korkovaihtelu on noin 1.1 m. Tulotien korkovaihtelu on noin 1.2 m. Maaperä alueella on sekalajitteinen. Nostoalueen asemointi tukee huoltotiestön suuntausta ja hienosäätöä on mahdollista tehdä rajoitetusti. Ei lisähuomioita (Maanmittauslaitos, 2025c).

#### 4.3.2 Turve- tai suopohjainen nostoalue

Turvepitoiset alueet vaikuttavat kustannuksiin siten, että poistettavaa maa-ainesta on enemmän ja vastaavasti tilalle tuotavan rakennekerroksen paksuus on suurempi. Perustilanteessa nostokentän rakennekerroksen paksuus on noin 1 metriä. Mikäli rakenteen paksuus on 2 metriä, rakenteen hinta on kaksinkertainen. Arvioitaessa ojitetun suoalueen kokoa ja todennäköisen turpeen paksuutta, voidaan tarkastella tilannetta vanhasta ilmakuvasta ennen suoalueen ojitusta.

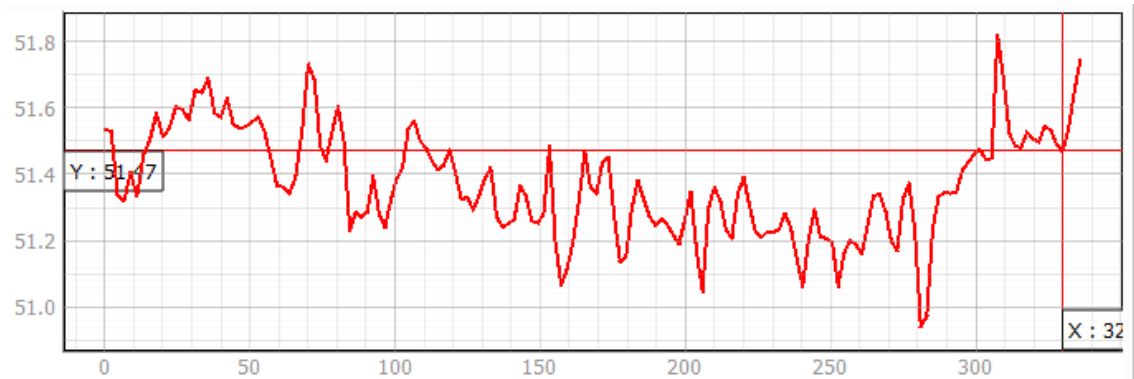
Vanhat ilmakuvat tukevat turvealueen tunnistamista kasvillisuuden ja suon valumajälkien perusteella. Yhdistämällä ilmakuviin maaperätietoja, maaston korkomuutoksen jyrkkyyksiä ja huomioimalla suoalueiden reunaojien sijainteja, voi alueesta luoda jonkinlaisen käsityksen. On kuitenkin muistettava, että turvepaksuuksia ei voi tietää ilman mitattua tietoa.

Seuraavassa kuvaparissa on vertailemalla haettu tulotien ja nostokentän suunnan vaihtoehto. Alueella olevassa tilanteessa tunnistetaan voimalan sijoittuminen turvepitoiselle suoalueelle, eikä turvepaksuudesta ole tietoa. Voimalan siirto tai huoltotieverkoston rakentaminen lännen suuntaan ei ole mahdollista suunnittelualueen rajauksen vuoksi. Vanhasta ilmakuvasta nähdään, että kasvillisuus lisääntyy aika nopeasti idän suuntaan mentäessä. Tulotie on mahdollista yhdistää olemassa olevaan tieverkostoon idän suunnasta tai kaakon suunnasta.

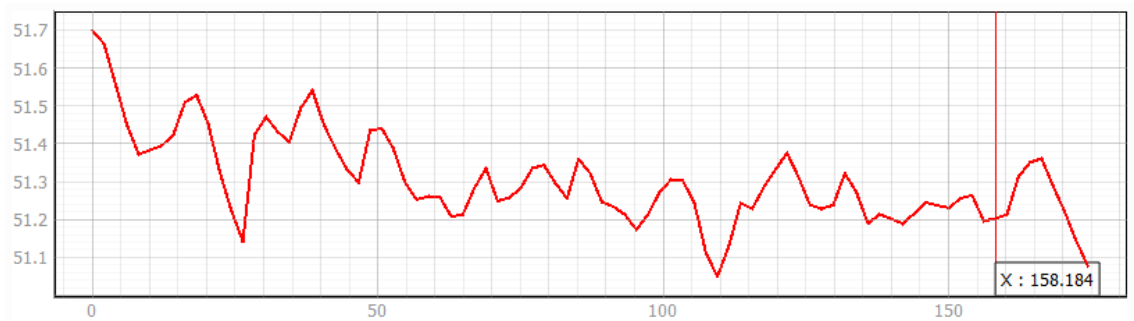


KUVA 62. Voimala sijoittuu ojitetulle suoalueelle. Kuvaan on merkitty vaihtoehtoiset ratkaisut voimala-alueen suuntaukselle. Suunnittelua rajoittaa itäpuolinen suunnittelurajoitusalue. Olemassa oleva, kunnostettava tie näkyy kuvan oikeassa reunassa. Kuvassa on keltaisella ylivivattu paikan nimi (Maanmittauslaitos, 2025c).

KUVA 63. Vanhaan ilmakuvaan on merkitty saman voimalan sijainti keltaisella pisteellä. Voimala sijoittuu alueelle, jossa puustoa kasvaa jonkin verran luoteispuoliseen suoalueeseen verrattuna. Turvepaksuus pienenee todennäköisesti suhteellisen nopeasti voimalan sijainnista idän suuntaan (hieman vaaleampi alue ilmakuvassa) (Paikkatietoikkuna, 2025).



KUVIO 12. Nostokentän korkeusprofiili on molemmissa vaihtoehdoissa käytännössä samanlainen, vaihteluväli noin 0.8 m. Profiili on itä-länsisuuntaisesta voimalavaihtoehdosta (Maanmittauslaitos, 2025b).

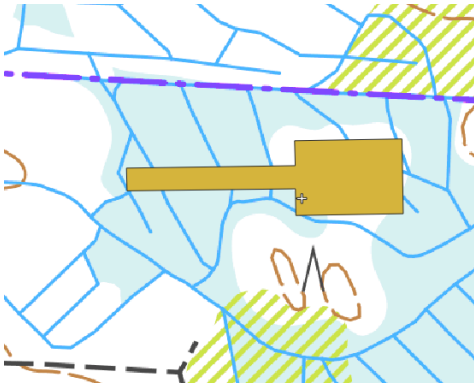


KUVIO 13. Tulotien profiili on molemmissa vaihtoehdoissa samantyyppinen nostokentältä loivasti nouseva noin 0.5 ja 0.6 m (Maanmittauslaitos, 2025b).

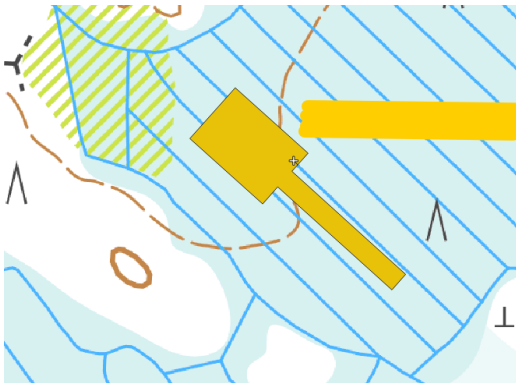
Voimala-alueen suunnaksi valitaan itä-länsisuuntainen sijoittelu seuraavin perusteluin:

- Tulotie saadaan liittymään olemassa olevaan tieverkkoon kokonaisuuden kannalta järkevästi idän suuntaan.
- Voimalaa ja nostokenttää on tilaa siirtää itään päin, jolloin olosuhteet paranevat.
- Nostokentän kätisyydellä ei ole juuri merkitystä tielinjaukseen.
- Valitussa vaihtoehdossa tarvittavan uuden ja kunnostettavan tien määrä on vähäisempi, kun infran kokonaisuus huomioidaan.
- Turvepaksuus on tarkastettava maastossa.

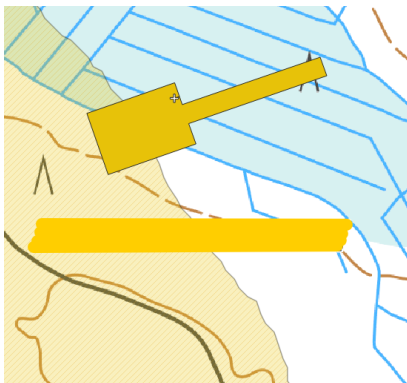
Seuraavassa kuvassa esitetään hankealueella olevien samantyyppisen voimala-alueiden valinnat voimala-alueen suunnasta ja annetaan lyhyt perustelu valinnalle.



KUVA 64. Voimala sijoittuu turvepitoisella alueelle maaperäkartan mukaan. Maastokartassa on kuitenkin kuivempaa aluetta. Avokalliopaikkoja on kohtuullisen lähellä voimalapaikkaa. Nostoalueen korkovaihtelu on noin 1 m. Tulotie on loivasti laskeva nostokentältä. Nostoalueen asementointia on mahdollista tehdä. Turvealue tulee tarkastaa maastossa (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 65. Voimala sijoittuu maaperäkartan mukaan turvepitoiselle suoalueelle. Maastokartan mukaan alueella on ojitettua suoaluetta. Nostoalueen korkeusvaihtelu on 1.1 m. Tulotien korkovaihtelu on 0.2 m. Turveysvyys tulee tarkastaa maastossa. Kuvassa on ylivivattu keltaisella paikan nimi (Maanmittauslaitos, 2025c).



KUVA 66. Voimala sijoittuu ojitetulle suoalueelle, maaperäkartan mukaan turvepitoisen alueen reuna-alueelle. Suunnittelua rajoittaa itäpuolinen suunnittelurajoitusalue. Olemassa oleva, kunnostettava tie näkyy kuvan oikeassa yläreunassa. Nostoalueen korkovaihtelu on 1.1 m. Tulotien korkovaihtelu on 0.1 m. Turvepaksuus on tarkastettava. Kuvassa on ylivivattu keltaisella paikan nimi (Maanmittauslaitos, 2025c).

#### 4.4 Huoltotieverkosto

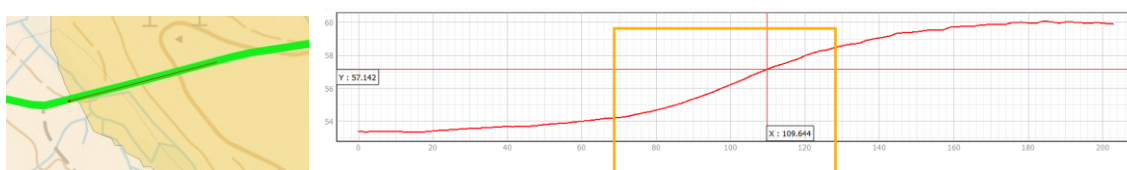
Tieverkoston tulee toimia kokonaisuutena. Suunnittelussa yhdistetään tieverkostolla voimaloiden nostoalueet ja sähköasema yleiseen tieverkostoon. Lisäksi vaihtoehtoiset tieverkoston reittivaihtoehdot pyritään pitämään suunnitelmissa mukana. Suunnitelmat laaditaan huoltotieverkoston todellisia vaatimuksia huomioiden, jolloin tunnistetaan maaston sekä maankäytön haasteet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Suunnittelussa huomioidaan alueen maaperä ja geometria. Tiealueita ei lähtökohtaisesti suunnitella ollenkaan turvealueille tai alaville vesipitoisille alueille. Lisäksi purojen tai suurten ojien ylityksiä pyritään minimoimaan. Maaston korkoerojen muutokset huomioidaan tieverkoston suunnittelussa siten, että tien nousuissa tai laskuissa ei tarvita lisävetoapua. Maksiminousuprosentit vaihtelevat yhdistelmän geometrisesta tilanteesta, tien pintaolosuhteista ja vedettävästä massasta riippuen. Voimalatoimittajilla on myös omia ohjeita tien pituussuuntaiselle kaltevuudelle. Vaihteluväli käytetyissä lähteissä on 6-10% (Miceli 2012; Esta n.d., 23). Korkoerojen muutokset tiealueella tulee tapahtua riittävän loivalla pituusprofiililla. Tien kääntösäteet ja tuulivoimalan lavan pyyhkäisyalan vaatima lähiympäristön tilavaraus tulee olla sellainen, että toteutus on mahdollista, yleissääntönä suunnittelussa käytetään  $r=60$  metriä tiealueen leveydellä 20 metriä. Sisäverkon kaapelia kuvaava katkoviivamerkintä lisätään kulkemaan tieverkoston vierellä yhdistämään voimalat ja sähköasemat toisiinsa. Lopputuloksena muodostuu infra-suunnitelmaluonnos hankealueelle.

#### 4.4.1 Kunnostettavat tiet

Olemassa olevat tiet on perustettu maaperäkartan mukaan sekalajitteisen maailajin alueelle ja yleisesti kantaville sijainneille. Tiestöä pystytään hyödyntämään hyvin loivapiirteisen pysty- ja vaakageometrian takia. Tiestö muodostaakin tässä tapauksessa perusrungon huoltotieverkostolle.

Hankealueelta olemassa olevalta tiestöltä tunnistettu yksi kuljetuksiin ja rakentamiseen vaikuttava pituusgeometrialtaan jyrkkä kohta. Paikka sijaitsee pohjoisemman tulotien osuudella noin 50 metrin alueella (kuva 67), jossa tien pituuskaltevuus on noin 9-10% (KUVIO 14).



KUVA 67. Olemassa olevalta tiestöltä tunnistettu jyrkempi tienkohta (Maanmittauslaitos, 2025c; Geologinen tutkimuskeskus, 2025a)

KUVIO 14. Tien pituuskaltevuus on 9-10% (Maanmittauslaitos, 2025b)

Tie jätetään huoltotieverkoston osaksi seuraavin perusteluin:

- Jyrkkää kohtaa on mahdollista loiventaa kohtuullisen lyhyestä nousupituudesta johtuen.
- Tie toimii toissijaisena tulotiereittinä.

Tiealueiden loivapiirteinen vaakageometria mahdollistaa nykyisten tielinjojen hyödyntämisen hyvin. Jyrkkien mutkien määrä perustiestöllä on kohtuullinen. Maankäytön tilanne tien mutkissa on hyvä ja se mahdollistaa tarvittaessa tiealuetta leveämmän alueen käytön. Olemassa olevan tiestön kantavaa tierakennetta levennetään ja tiealueen reunoilta poistetaan jonkin verran puustoa tarvittavilta osin.

#### 4.4.2 Uudet tiet

Uudet tiet voidaan tässä hankkeessa suunnitella tarvittaviin sijainteihin kohtuullisen helposti. Kattavat tieverkostot ja pääosin kantavat maaperät alueella helpottavat reittien suunnittelua. Huoltotieverkostosta voidaan muodostaa kokonaisuus kohtuullisen helposti. Alueella on turvepitoinen alue, joka kierretään uudella tiellä.



KUVA 68. Kunnostettavaa tietä (vihreä) jatketaan voimalalle asti uudella tiellä (violetti). Uusi tie kiertää alemmalla tasolla olevan turvepitoisen maaperän alueen (harmaa) sekalajitteisen maaperän (beige) alueen kautta. (Maanmittauslaitos, 2025c; Geologinen tutkimuskeskus 2025a).

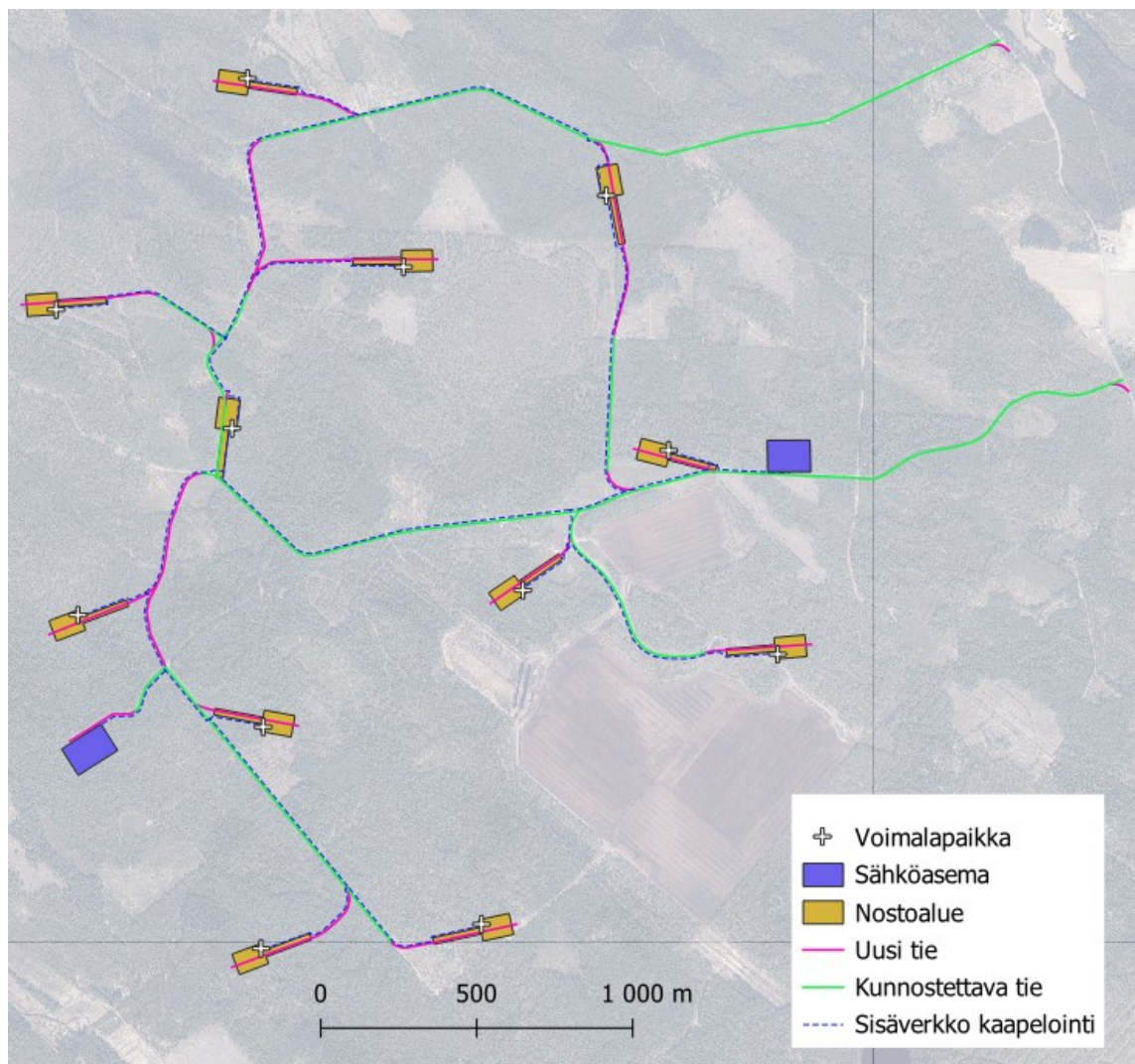


KUVA 69. Voimala on turvepitoisella suoalueella. Alueen reunoilla beigen värinen alue on sekalajitteisen maaperän aluetta. Tien sijoittelu tehdään tilanteen mukaisesti. Turvealueet tulee tarkastaa maastossa. Kuvassa on yliviivattu keltaisella paikan nimi (Maanmittauslaitos, 2025c; Geologinen tutkimuskeskus, 2025a)

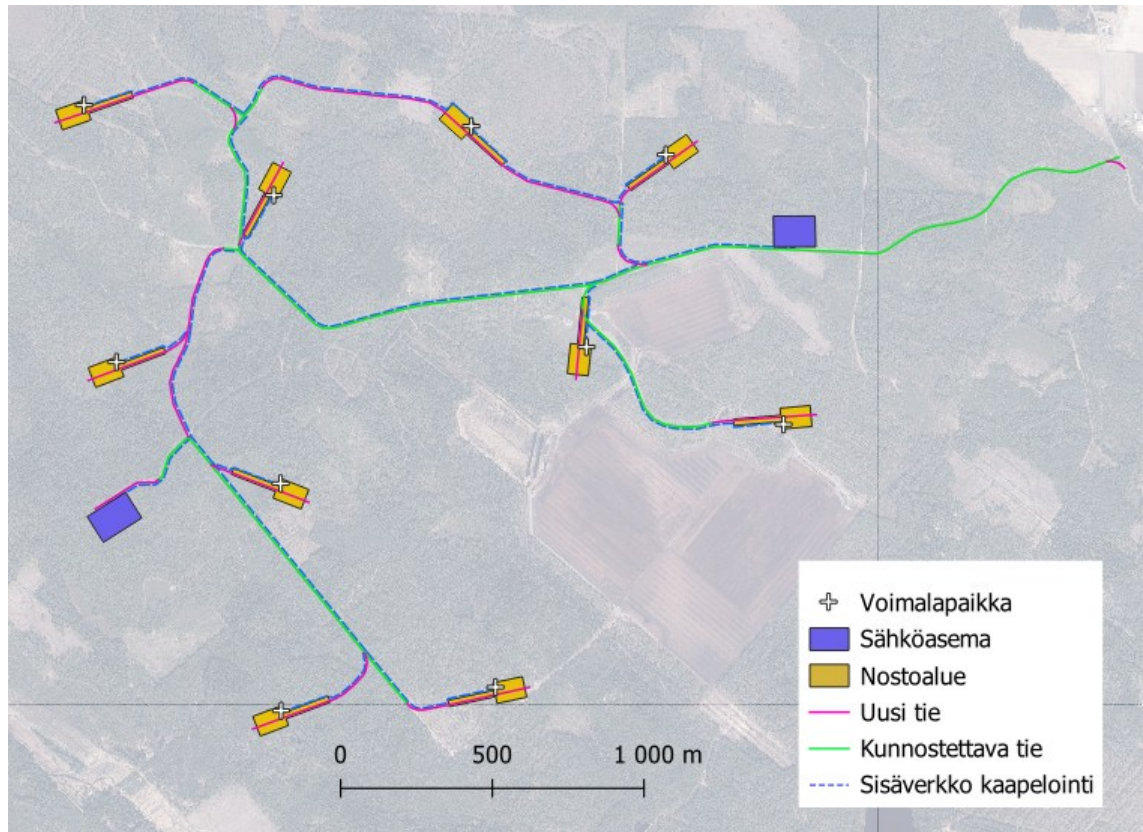
Esimerkkien mukaisesti suunnitellaan hankkeelle toteutuskelpoinen ja looginen tieverkosto. Uudet tiet täydentävät olemassa olevaa tieverkostoa kokonaisuudeksi. Uusilla teillä huomioidaan, että vaihtoehtoisia tiesuunnitelmavaihtoehtoja on olemassa.

#### 4.5 Työpöytäversiona laadittu infrasuunnitelma

Kun hankealueen voimaloiden, sähköasemien ja huoltotieverkoston kokonaisuus on todettu toimivaksi, lisätään maakaapelit toteutettavan tien viereen. Tämän jälkeen infran luonnossuunnitelma VE1 (kuva 70) alueelle on laadittu. Toisen luonnosvaihtoehdon VE2 (kuva 71) suunnittelussa hyödynnetään soveltuvin osin VE1 tiereittejä ja voimala-alueen sijoitteluja, jotka on tutkittu toimiviksi. Luonnossuunnitelmia käytetään maastotutkimusten lähtöaineistona ja kaavaluonnosten laadinnan pohja-aineistona.



KUVA 70. Työpöytäversiona alueelle laadittu infran luonnossuunnitelma VE1 (Maanmittauslaitos, 2025b).



KUVA 71. Työpöytäversiona alueelle laadittu infran luonnossuunnitelma VE2 (Maanmittauslaitos, 2025b).

## 5 KENTTÄTUTKIMUKSET ALUEELLA JA SUUNNITELMAPÄIVITYS

Hankealueella suoritettavissa kenttätutkimuksissa tulee tunnistaa se, että hanke on vielä esisuunnitteluvaiheessa ja vaikutusten arviointi on kesken. Alueelle on laadittu luonnosvaihtoehdot, joissa voimaloiden sijainnit ja määrät ovat erilaisia vertailukelpoisuuden takia. Esisuunnitteluvaiheen kenttätutkimuksia ei ole tarkoituksenmukaista tehdä yhtä kattavasti kuin varsinaisia voimalapaikkojen pohjatutkimuksia. Esisuunnitteluvaiheessa on tarkoitus saada perustieto toteutettavuudesta. Havainnot antavat lisäinformaatiota seuraavan vaiheen suunnittelun pohjaksi. Tunnistetaan myös, että kaavan tv-alue mahdollistaa voimalan pienen sijoittelumuutoksen rakennusluvan hakuvaiheessa.

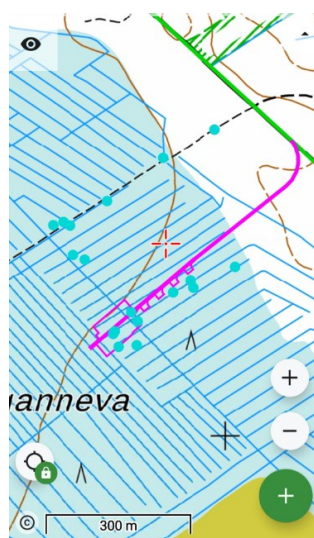
Laadituille infrasuunnitelmille tehdään maastossa kenttätutkimus. Tutkimuksessa havainnoidaan hankealueen maastoa ja olosuhteita pääpainotuksena voimalasijainnit. Tielinjauksia tarkastellaan siten, että tien toteuttaminen esitettyyn sijaan on mahdollista. Maastossa tehdyillä kenttätutkimuksilla pyritään varmentamaan työpöydällä tehtyjen oletusten ja suunnitteluvaihtojen oikeellisuutta. Työpöytäsuunnitelmien ja maastohavaintojen poikkeamatilanteissa pyritään saamaan lisätietoa maastosta, jolla voidaan ratkaista tunnistettu ongelma.

### 5.1 Käytettävät tutkimusvälineet ja -menetelmät

Tutkimustiedon tallentamisen apuvälineenä maastossa käytetään puhelinta, johon on asennettu LocusGIS-mobiilisovellus. Sovelluksessa käytetään ilmakuvia, maastokartta-aineistoa ja työpöytäversiona laaditut infrasuunnitelmat. Ohjelmassa suunnitelmat saadaan näkyviin kartan päälle omalla työtasolla ja oma sijaintipiste kartalla näkyy reaaliaikaisesti. Maastotutkimushavainnot tallennetaan paikkasidonnaisesti. Havaintoja voidaan tallentaa valokuvina, videoina, kommenttiteksteinä ja kuvakaappauksina. Kuvakaappaukseen voidaan luonnostella informatiivista kosketusnäytöllä piirrettyä tietoa. Ohjelman monipuolisuus ja paikkasidonnaisuus ovat ominaisuuksia, jotka nopeuttavat maastotyöskentelyn havainnointitiedon tallentamista ja helpottavat tiedon käsittelyä suunnittelun myöhemmissä vaiheissa.

Pehmeän maaperän havainnointivälineenä käytetään 10 mm paksuista ja 2 m pitkää sileää alumiinipyörötankoa (kuva 72), jonka pää on taitettu 90 asteen kulmaan noin 200 mm:n pituudelta. Alumiinitanko on kevyt kantaa mukana maastossa ja sileäpintaisena se uppoaa pehmeään maaperään. Taitos on tehty helpottamaan tikun nostoa maaperästä ylös. Kun tankoa upotetaan painaen maa-

perään, voidaan kohtuullisella tarkkuudella todeta pehmeän ja kantavan maaperän raja. Tanko ei uppoa kantavaan maaperään ja suurta voimaa käyttäessä tanko taipuu. Tästä voidaan arvioida pehmeän maakerroksen paksuus, joka on yleensä turvepitoista. Tankoa kuuntelemalla painamisvaiheessa voi myös arvioida jonkin verran maaperän rakeisuutta ja tunnistaa alueellisia vaihteluita. Maastohavaintopisteet tallentuvat pistehavainnoiksi mobiililaitteen näytölle (kuva 73). Havaintopisteeseen voi kirjoittaa tarkentavaa tekstiä havainnosta.



KUVA 72. Alumiinitanko, jota käytetty kenttätutkimuksissa (Kuva: Ilvesluoto, 2025c).

KUVA 73. Esimerkkikuva LocusGIS-mobiilisovelluksesta puhelimen näytöllä. (Maanmittauslaitos, 2025c).

Sijaintitarkkuutta voi tarkastella maastossa rajapyykkien kohdalla (kuva 74). Sijainnin mittaustarkkuutta voi tutkia siten, että maastosta löytyvän rajapyykin päältä tehdään paikkatietohavainto ja verrataan sitä kartan kiinteistörajoihin. Huomiona tulee tiedostaa se, kiinteistörajojen sijainnissa kartalla saattaa olla epätarkkuutta.

Maaperä sisältää erilaisia maakerrostumia, juuria ja kiviä, jotka saattavat aiheuttaa epävarmuutta havaintotiedon oikeellisuudesta. Kuiva tai märkä maaperä vaikuttaa havaintotietoon. Tilanteessa, jossa ei saada selkeää signaalia maaperästä, tehdään lähelle uusia tutkimuspisteitä, joista pyritään saamaan onnistunut havainto. Pehmeillä alueilla, joissa tikun pituus ei riitä näyttämään kantavamman maaperän syvyystasoa, voidaan hyödyntää metsäojia. Suorittamalla mittaus ojan pohjasta (kuva 75), päästään noin 2-2.5 metrin havaintosyvyyteen. Kaivettujen ojen penkkoja ja kaivumaita havainnoimalla voi myös täydentää tietoa maaperästä. Pehmeään maahan painetun tikun taitososa merkitty kuvaan nuolella.



KUVA 74. Sijaintitiedon tarkkuuden vertailu rajapyykin päältä maastossa (Kuva: Ilvesluoto, 2024h).

KUVA 75. Pehmeän maan kerrospaksuuden mittaus ojasta (Kuva: Ilvesluoto, 2024i).

## 5.2 Kenttätutkimusten suoritus ja dokumentointi

Alueella on tunnistettu paikkoja, joissa erityisesti halutaan varmentaa tietoa turvepaksuuksista ja kaltevasta maastosta. Kenttätutkimuksissa halutaan saada tarkentavaa lisätietoa hankealueen olosuhteista. Hankkeesta pyritään maastotutkimuksilla saamaan tietoa soveltuvien osien seuraaviin asioihin:

- Huoltotieverkoston liittyminen erikoiskuljetusreitit selvityksen liitännäispisteeltä on mahdollinen.
- Olemassa oleva tieverkosto ja sen ominaisuudet.
- Suunnitelmiin vaikuttavat sähkölinjat, purot, suuret ojat, rakennukset, sillat, ahtaat tienkohdat.
- Mahdollinen maa-ainestenottoa paikka.
- Maaston korkeusvaihtelu.
- Maaperästä ja olosuhteista arvio.
- Avokalliot, turvealueet ja turvekerroksen paksuus.
- Johtopäätös tieverkoston rakennettavuudesta tai tiereittivaihtoehtoista.
- Johtopäätös voimalan rakennettavuudesta ja mahdollinen siirtoehdotus.

Maastohavaintotietojen tallentamisessa noudatetaan periaatetta, että havainnot tallennetaan säännöllisesti siten, että sijainti jää muistiin. Normaalitylanteena maasto-olosuhteissa pidetään tilannetta, jossa kantava maaperä on alle 0,8 metrin päässä maanpinnasta, geometria kohtuullinen ja rakennettavuus on hyvä. Tällöin havaintotekstiä ei ole välttämättä kirjoitettu ollenkaan. Havaintopiste sisältää yleensä valokuvia (kuva 76), joka toimii myös muistijälkenä. Tämän alueen maastohavainnot on tehty 13-14.5.2024.



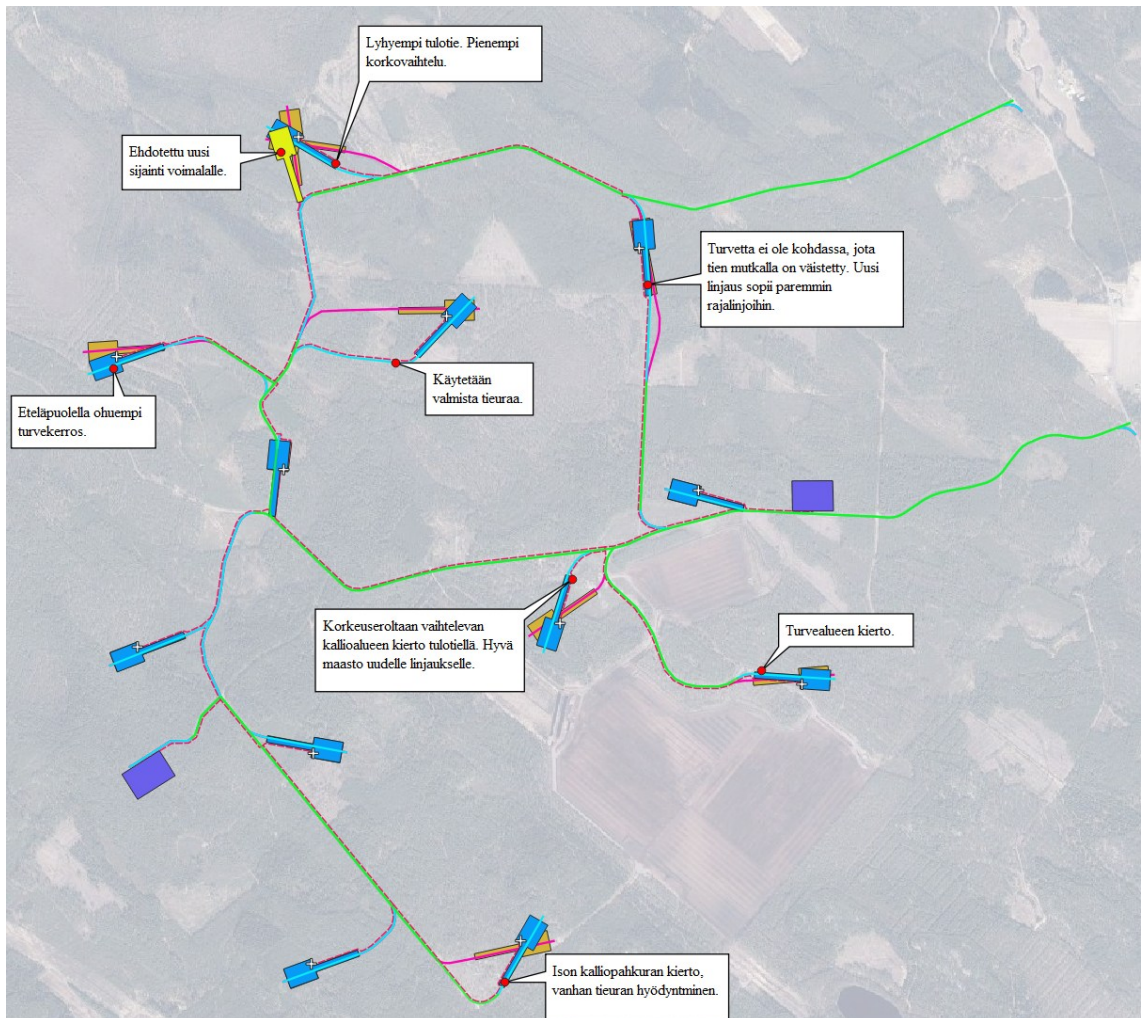
KUVA 76. Maastotutkimushavainnot. 1. Sorapitoinen maalaji, taustalla avokallio. 2. Turvepaksuus 2 m, mittaus ojasta. 3. Olemassa olevaa tiestöä. 4. Laakaa avokalliota. 5. Kalteva maasto. 6. Tulotien suuntausmuutos. (Kuvat 1-5: Ilvesluoto, 2024j; Kuva 6: Maanmittauslaitos, 2025c).

Työpöytäsuunnittelussa on tunnistettu 7 erityistä sijaintia, joista halutaan saada maastosta lisätietoa. Seuraavassa listauksessa alueiden nimet on poistettu tekstistä ja korvattu numerolla tunnistettavuuden poistamiseksi.

1. Suo1 kohdalla VE1-vaihtoehdossa oleva voimala-alue. Kuinka paksu turvekerros voimala-alueella on? Jos on paksu kerros turvetta, onko voimala-alueelle siirtomahdollisuutta kuivemmalle paikalle lounaaseen päin? Missä kohdalla paksun turvekerroksen raja on? Onko tarvetta muuttaa tie-reittiä?
2. Suo2 kohdalla VE1 ja VE2-vaihtoehdossa oleva voimala-alue. Kuinka paksu turvekerros voimala-alueella on? Jos on paksu kerros turvekerros, missä kohdalla paksun turvekerroksen raja on etelä tai itäpuolella?
3. Suo3-aluetta leikkaa tulotie vaihtoehdossa VE2. Mikä on turvekerroksen paksuus tulotien kohdalla? Onko maastonmuotojen suhteen mahdollisuutta sovittaa tielinjausta paremmin s-mutkassa turvealueen reunalla?



Alueella tehtyjen kenttätutkimusten jälkeen päivitetään työpöytäversiona laadittuja suunnitelmia. Osoittautuu, että VE1 olisi sellaisenaan toteutuskelpoinen, eikä suuria muutoksia ole välttämätöntä tehdä. Yhdelle voimalalle esitetään muutosta sijaintiin korkeusvaihtelun ja vaihtoehtoisen tulotiemahdollisuuden takia. Muutos-ehdotusta käsitellään kohdassa 6.2. Maastokäynnin perusteella on tarkennettu tielinjauksia joissakin paikoissa. Tiemuutoksilla ei ole kustannuksellista merkitystä, koska kokonaispituudet eivät juurikaan muutu. Kuvassa 78 on esitetty sini-sinillä värillä maastokäynnin perusteella päivitetetyt suunnitelmat. Keltaisella värillä on merkitty esitys uudesta voimalasijainnista. Violetilla näkyvät tiet ja ruskeat nostoalueet ovat työpöytäversion sijainteja. Kuvassa on esitetty lyhyt perustelu muutoksesta.



KUVA 78. Maastohavaintojen perusteella päivitetty infran luonnossuunnitelma VE1 (Maanmittauslaitos, 2025d).

Kenttätutkimuksissa osoittautuu, että suunnitelmavaihtoehto VE2 (kuva 79):n kustannuksiin vaikuttava suurin muutostarve on voimala-alueen sijoittuminen

paksun turvekerroksen alueelle. Kustannuksia ja muutosehdotusta käsitellään kohdassa 6.3. Muut voimala-alueet voidaan toteuttaa nykyisiin voimalasijainteihin hyvin. Maastokäynnin perusteella tarkennettiin tielinjauksia kahdessa paikassa. Tiestön muutokset eivät muuta kokonaispituuksia, eikä kustannusvaikutusta ole. Kuvassa 79 on esitetty sinisellä värillä maastokäynnin perusteella päivitetyt suunnitelmat. Muutoksen syystä on esitetty lyhyt perustelu. Keltaisella on esitetty voimalan siirtoehdotus. Violetilla näkyvät tiet ja ruskeat nostoalueet ovat työpöytä-version sijainteja



KUVA 79. Maastohavaintojen perusteella päivitetty infran luonnossuunnitelma VE2 (Maanmittauslaitos, 2025d).

Kun suunnittelu etenee kaavaehdotusvaiheeseen, saatuja maastohavaintotietoja hyödynnetään tv-alueiden sijoittelussa ja infrasuunnitelmien laadinnassa. Maastotutkimuksia täydennetään tarvittavilta osin lisähavainnoilla.

#### 5.4 Rakennettavuus kenttätutkimusten perusteella

Hankealueelle tehtyjen kenttätutkimusten perusteella infran sijoittelu osoittautuu maastoltaan hyvin rakennettavaksi alueeksi. Kallio tai kantava maaperä on pääosin lähellä maanpintaa, korkeusvaihtelu on vähäistä ja olemassa olevaa tieverkostoa voidaan hyödyntää hyvin. Ojitetulle suoalueelle ja rinnealueelle sijoittuville

voimaloille esitetään uutta sijaintia. Sijainteja tulee tutkia tarkemmin verraten voimaloiden tuotantoon. Erikoiskuljetusten tarvitsemat tiestön modifioinnit valtatieltä hankealueelle on mahdollista toteuttaa kohtuullisilla muutoksilla. Hankealueella on kalliopaikkoja, joista voi tutkia kivenottomahdollisuutta. Lähietäisyydellä on toiminnassa oleva louhos, joka vaikuttaa myös potentiaaliselta kivenottopaikalta.

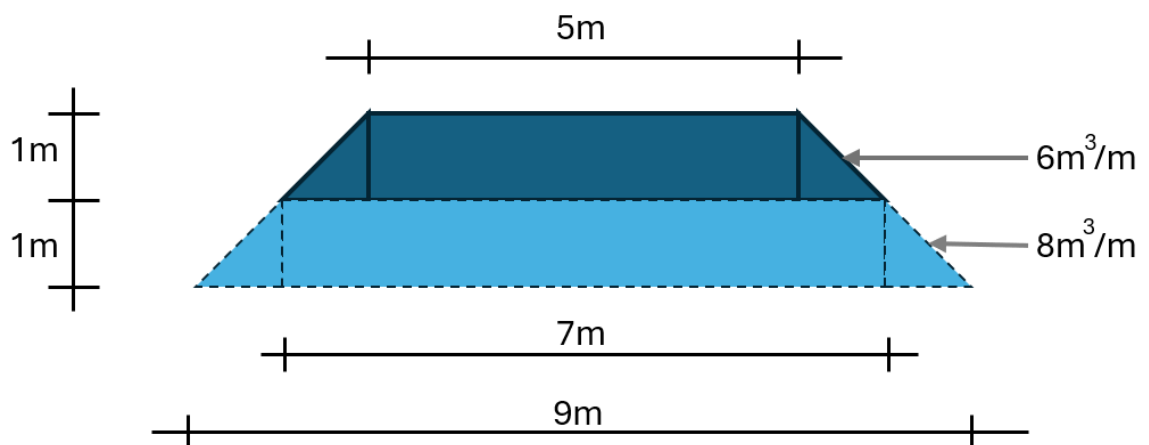
## 6 TYÖPÖYTÄSUUNNITELMIEN JA KENTTÄTUTKIMUKSESSA TÄYDEN- TYNEIDEN SUUNNITELMIEN ANALYSOINTI

Tässä osiossa analysoidaan ja vertaillaan infrarakentamisen kustannuseroja voimala-alueen sijoittelulle siten, että lasketaan kenttätutkimuksissa saatujen lisätietojen perusteella kahdelle tapaukselle infrakustannusten lisäys normaalitilanteeseen nähden. Normaalitilanteisena ratkaisuna käsitetään sitä, että murskepaksuus rakenteessa on 1 metri tai vähemmän. Käsite murske tarkoittaa tässä tapauksessa tie- tai voimala-alueen pohjarakenteisiin soveltuvia luonnonsora- tai kalliokiviaineslajeja.

Hankkeelle on laadittu infrasuunnitelmat, minkä perusteella maastossa on suoritettu kenttätutkimukset. Tutkimusten perusteella on tunnistettu kaksi merkittävämpää voimalan sijaintiin vaikuttavaa muutostarvetta. Ensimmäinen voimala sijoittuu ojitetulle turvealueelle ja toinen rinnealueelle. Muut voimalasijainnit todettiin kenttätutkimuksissa hyvin rakennettaviksi. Huoltotieverkostojen pienillä päivityksillä ei ole merkittäviä kustannusvaikutuksia tässä hankkeessa.

### 6.1 Murskeet tie- ja nostoalueella

Periaatteellisessa tien leikkauspiirustuksessa (kuvio 15) esitetään, miten tien rakennekerroksen kasvaminen vaikuttaa murskemeneektiin. Tummempaan sinistä aluetta pidetään normaalina rakennekerroksena. Vaalean sininen alue kuvaa tarvittavaa lisämurskeen määrää, kun rakenteen kokonaispaksuus kasvaa 2 metrin vahvuiseksi. Murskereunan kaltevuus on 1:1. Murskemäärä kasvaa vastaavalla tavalla rakennepaksuuden kasvaessa.



KUVIO 15. Murskemäärä ja sen kasvaminen tierakenteessa, periaatekuva.

Huoltotien yläpinnan leveys tulee olla 5 metriä. Periaatekuvasta havaitaan, että ylimpänä olevaan 1 metrin paksuiseen rakennekerrokseen tarvitaan  $6\text{m}^3$  mursketta yhtä tiemetriä kohden. Tämän alla olevaan 1 metrin paksuiseen rakennekerrokseen tarvitaan  $8\text{m}^3$ . Murskemäärän lisäys johtuu alemman rakenteen leveyden kasvamisesta. Uuden tien murskemenekki on normaalitilanteessa noin  $6000\text{m}^3/\text{km}$ . Hyvissä olosuhteissa menekki on vähemmän ja huonoissa enemmän. Kunnostettavassa tiessä murskemenekki vaihtelee tapauskohtaisesti, mutta on yleensä noin 30-70% uuden tien murskemäärästä.

Nostoalueen murskekentän pinta-ala on noin  $4500\text{-}6000\text{m}^2$  riippuen voimalamallista. Murskemenekki on 1 metrin paksuisella murskekerroksella  $4500\text{-}6000\text{ m}^3$ . Mittakaavan hahmottamiseksi voidaan todeta, että samalla murskemäärällä tehdään noin 1 kilometri uutta tietä. Nostokentän koko ja vaakasuoruus aiheuttaa sen, että murskemäärä kasvaa nopeasti rakenteen paksuuden kasvaessa. Nostokenttien reuna-alueiden murskemäärät kasvaa samalla periaatteella kuin tiealueilla rakennepaksuuden kasvaessa.

Murskeen yksikköhinta saattaa vaihdella hyvinkin paljon riippuen kohteen maantieteellisestä sijainnista, murskeen hankintapaikasta ja kuljetusmatkasta. Myöhemmin esitettävien taulukoiden yksikköhintaan on sisällytetty poistettavan maan aineksen kaivu- ja kuljetustyöt, murskeen hinta ja sen kuljetus-, tiivistys- ja täyttötyöt. Hinnoitteluperusteena käytetään seuraavissa laskentaesimerkeissä esimerkinomaista arvonlisäverotonta yksikköhintaa  $24\text{€}/\text{m}^3$ . Kyseisellä yksikköhinnalla normaalitilanteisen voimala-alueen  $6000\text{m}^3$  murskemäärän hinnaksi muodostuu noin  $144000\text{ €}$ .

## 6.2 Suuri korkeusvaihtelu nostoalueella

Nostoalue sijoittuu sekalajitteisen maalajin alueelle. Työpöytäsuunnittelussa on tunnistettu, että kantava maaperä on todennäköisesti kohtuullisen lähellä maanpintaa. Pohjois-eteläsuunnassa korkeusvaihtelu on suurta, eikä ole paras vaihtoehto voimala-alueen suunnaksi murskemäärän lisääntymisen takia. Huoltotieverkostossa hyödynnetään voimalan eteläpuoleinen olemassa oleva tie, johon voimala-alueet liitetään. Suunnittelussa on pidetty mukana molemmat vaihtoehdot sen takia, että tulosuunta voimala-alueelle ei ole varma tässä vaiheessa.

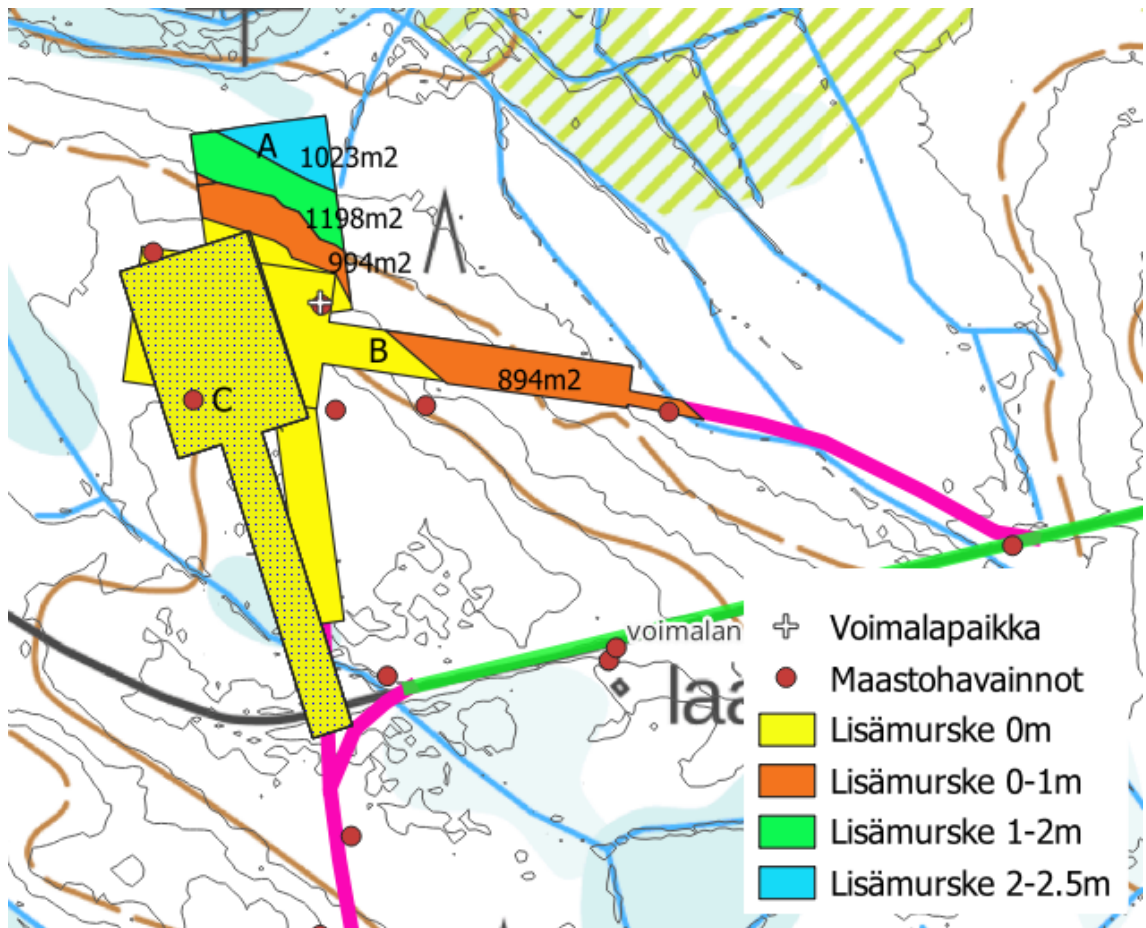
Kenttätutkimuksissa on todettu, että kantava maaperä alueella on lähellä maanpintaa, noin 0-0.4 metrin syvyydessä. Rinne laskee koillisen suuntaan. Maastossa on myös havaittu, että voimala-alueen pienellä kääntämisellä kaakon suuntaa voidaan optimoida itä-länsisuuntaista voimala-alueen sijoittelua.

Vaihtoehto A:ssa alueen korkeusvaihtelu on noin 4.3 metriä. Korkeusero aiheuttaa sen, että normaalin rakennekerroksen alle tulee tehdä lisämurskekerroksia siten, että nostokentän haluttu korkeustaso saavutetaan. Tulotie on lyhyempi kuin vaihtoehdossa B. Tulotie on loivasti nouseva nostokentältä. Voimala-alueen suuntaus on vaihtoehtona siinä tilanteessa, jos idän suunnasta ei voi tuoda kuljetuksia.

Vaihtoehto B:n korkeusvaihtelu on noin 1.8 metriä. Ylärinteen puolella on jonkin verran leikattavia, korkeammalla olevia maaston kohtia. Leikattavia maamassoja voidaan todennäköisesti hyödyntää alavampien kohtien täytöissä. Lisämurskeen tarvetta nostokentällä ei ole. Tulotielle tarvitaan jonkin verran lisämursketta loiventamaan maaston korkeusvaihteluita. Jos tulotie tulee idän suunnasta, on voimala-alueen suuntaus hyvä. Etelän suunnasta tultaessa suuntaus toimii huonommin. Voimalan suuntausta voidaan maastotutkimusten perusteella optimoida jonkin verran kääntämällä kaakon suuntaan.

Vaihtoehto C:n korkeusvaihtelu on noin 1.3 metriä. Lisämurskeen tarvetta ei ole. Suositellaan voimalan siirtoa noin 60 metriä etelä-lounaan suuntaan, jolloin nostoalue saadaan toimivaksi ilman lisämursketta itä-länsi tai pohjois-eteläsuunnassa.

Kuvaan 80 on merkitty eri värein kartan, korkeusmallin ja kenttätutkimusten perusteella arvioitu lisämurskekerroksen paksuus. Korkeuskäyrät näkyvät yhden metrin välein. Nostoalueen suuntausvaihtoehdot on merkitty kirjaimilla A ja B. Vaihtoehto C esittää kenttätutkimusten ja työpöytäanalysoinnin perusteella esitettyä uutta voimalan sijaintia. Nostoalueiden värit kertovat tarvittavan lisämurskekerroksen paksuuden. Pinta-alat on merkitty kuvaan.



KUVA 80. Nostoalueen sijoittuminen rinteeseen (Maanmittauslaitos, 2025b ja 2025c).

Taulukoissa 3,4 ja 5 esitetään lisämurskemäärien massoittelut ja niistä aiheutuva lisäkustannus normaalirakenteeseen verrattuna. Murskemäärien laskennassa huomioidaan myös reunaluiskan mursketta lisäävä vaikutus rakennepaksuuden kasvaessa.

TAULUKKO 3. Vaihtoehto A:n lisämurskeen määrä ja kustannusvaikutus normaalirakenteeseen verrattuna.

		Pinta-ala m <sup>2</sup>	Lisämurske m <sup>3</sup> tr	Yksikköhinta €/m <sup>3</sup> tr	Lisäkustannus €
<b>Vaihtoehto A</b>	<i>Lisämurske 0-1m</i>	994	504	24	12096
	<i>Lisämurske 1-2m</i>	1198	1870	24	44883
	<i>Lisämurske 2-2.5m</i>	1023	2597	24	62332
<b>Yht.</b>					<b>119 311 €</b>

TAULUKKO 4. Vaihtoehto B:n lisämurskeen määrä ja kustannusvaikutus normaalirakenteeseen verrattuna.

		Pinta-ala m <sup>2</sup>	Lisämurske m <sup>3</sup> tr	Yksikköhinta €/m <sup>3</sup> tr	Lisäkustannus €
<b>Vaihtoehto B</b>	<i>Lisämurske 0-1m</i>	894	504	24	12096
	<i>Lisämurske 1-2m</i>	0	0	24	0
	<i>Lisämurske 2-2.5m</i>	0	0	24	0
	<i>Tie 148m pitempi kuin A:ssa</i>		888	24	21312
<b>Yht.</b>					<b>33 408 €</b>

TAULUKKO 5. Vaihtoehto C:n lisämurskeen määrä ja kustannusvaikutus normaalirakenteeseen verrattuna.

		Pinta-ala m <sup>2</sup>	Lisämurske m <sup>3</sup> tr	Yksikköhinta €/m <sup>3</sup> tr	Lisäkustannus €
<b>Vaihtoehto C</b>	<i>Lisämurske 0-1m</i>	0	0	24	0
	<i>Lisämurske 1-2m</i>	0	0	24	0
	<i>Lisämurske 2-2.5m</i>	0	0	24	0
<b>Yht.</b>					<b>0 €</b>

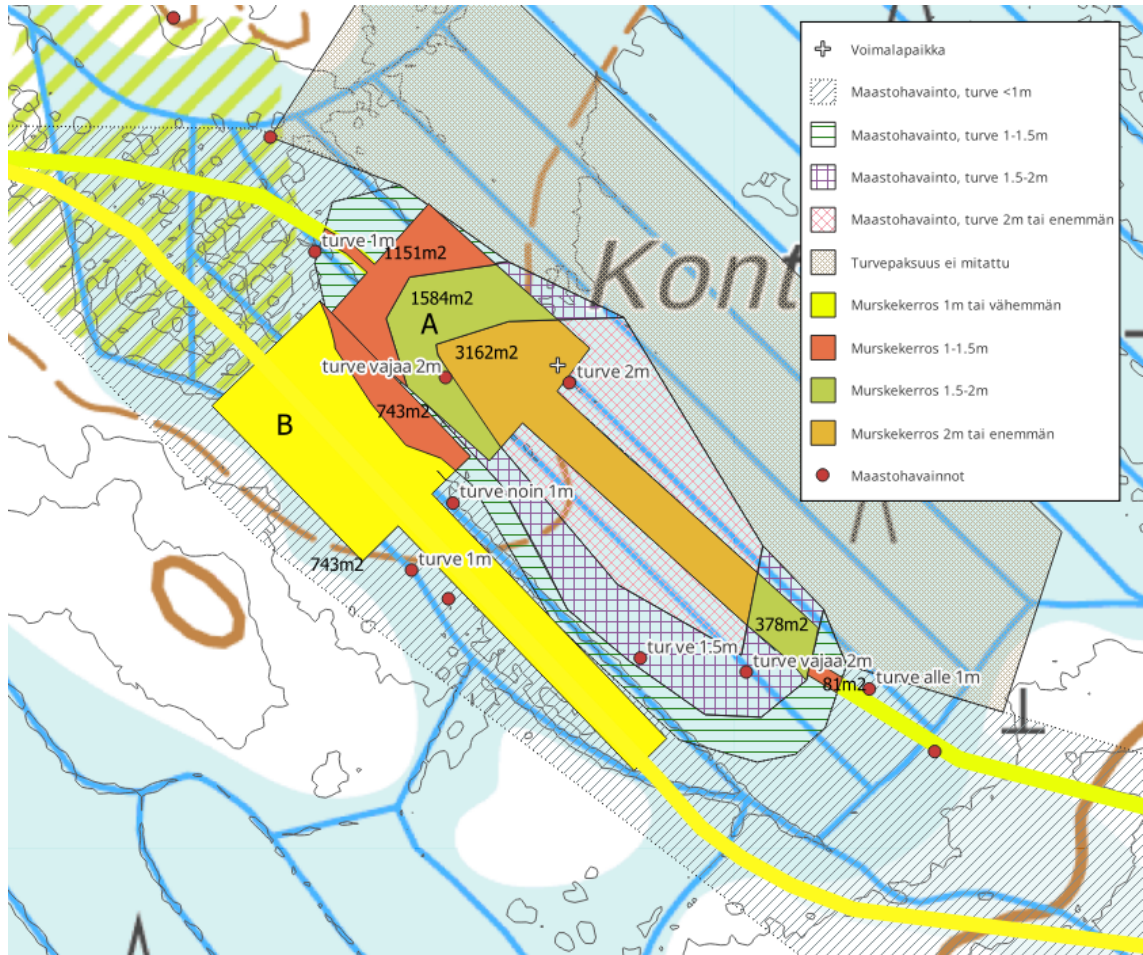
Voimalalle suositellaan vaihtoehto C:n mukaista voimalan sijaintia, jossa nykyistä voimalasijaintia siirretään 60 metriä etelä-lounaan suuntaan. Ehdotus on kustannuksellisesti edullisin vaihtoehto. Sijainti toimii myös nostoalueen tulotien suunnille idästä tai etelästä.

### 6.3 Turvepohjainen nostoalue

Nostoalue sijoittuu turvepitoiselle suoalueelle ja nostoalueen suuntaus on sijoitettu työpöytäsuunnittelussa ennakkotietojen perusteella tarkoituksenmukaisimmaksi. Työpöytäsuunnittelussa on tunnistettu, että turvepaksuutta ei tiedetä voimala-alueella ja se saattaa vaikuttaa suunnitteluun. Alue sijoittuu suoalueen reunalle, jossa maaston korkeusvaihtelu on 0.5 metriä. Maastokartasta ja ortokuvasta päätellen voimalan länsipuolella on kantava maaperä lähempänä maanpintaa. Vastaavasti idän suunnassa suoalue jatkuu pitemmälle ja turvekerros pysynee vähintään saman vahvuisena. Ennako-oletuksena on, että jos turvepaksuus on suuri, uutta voimala-alueen sijaintia voisi tutkia länsi-lounaan suunnasta.

Kenttätutkimuksissa on tutkittu nostoaluetta mitaten turvesyvyyyksiä ja niiden sijoittumista alueelle. Turvepaksuus on osoittautunut maastossa sellaiseksi, että myös lähialueelta on kartoitettu turvepaksuuksia ja etsitty parempaa voimalan sijaintipaikkaa. Turvepaksuus vähenee mittausten perusteella lounaan suuntaan.

Maastohavaintojen, kartan ja korkeuskäyrien perusteella on tehty arvio turvealueesta ja sen paksuudesta. Kuvassa 81 esitetään arviot turvepaksuuksista ja niiden sijainti maastossa. Nostoalueen rakentamisessa tarvittava murskepaksuus on merkitty eri värein. Yli metrin paksuisten murskekerrosten pinta-alat on merkitty kyseisen alueen kohdalle. Alkuperäinen voimalasijainti on merkitty kirjaimella A ja uusi ehdotettu sijainti kirjaimella B



KUVA 81. Kenttätutkimusten perusteella arvioitu turvekerroksen paksuus ja alueellinen laajuus. Arvioiden perusteella on laskettu rakentamisessa tarvittavan lisämurskeen määrä (Maanmittauslaitos, 2025c).

Taulukossa 6 ja 7 esitetään tarvittavat lisämurskemäärät sekä niiden kustannus vaihtoehdoille A ja B. Murskemäärien laskennassa huomioidaan myös reunaluiskan mursketta lisäävä vaikutus rakennepaksuuden kasvaessa.

TAULUKKO 6. Vaihtoehto A:n lisämurskeen määrä ja kustannusvaikutus normaalirakenteeseen verrattuna.

		Pinta-ala m <sup>2</sup>	Lisämurske m <sup>3</sup> tr	Yksikköhinta €/m <sup>3</sup> tr	Lisäkustannus €
<b>Vaihtoehto A</b>	<i>Murskekerros 1-1.5m</i>	1232	314	24	7535
	<i>Murskekerros 1.5-2m</i>	1962	1542	24	37014
	<i>Murskekerros 2m tai yli</i>	3162	3391	24	81395
<b>Yht.</b>					<b>125 944 €</b>

TAULUKKO 7. Vaihtoehto B:n lisämurskeen määrä ja kustannusvaikutus normaalirakenteeseen verrattuna.

		Pinta-ala m <sup>2</sup>	Lisämurske m <sup>3</sup> tr	Yksikköhinta €/m <sup>3</sup> tr	Lisäkustannus €
<b>Vaihtoehto B</b>	<i>Murskekerros 1-1.5m</i>	743	197	24	4731
	<i>Murskekerros 1.5-2m</i>	0	0	24	0
	<i>Murskekerros 2m tai yli</i>	0	0	24	0
	<i>Tie 30m pitempi kuin A:ssa</i>		180	24	4320
<b>Yht.</b>					<b>9 051 €</b>

Voimalalle suositellaan vaihtoehto B:n mukaista voimalan siirtoa 73 metriä lounaan suuntaan, mikä on kustannuksellisesti edullisin vaihtoehto. Vaihtoehto B on näillä reunaehdoilla noin 117000 € edullisempi toteuttaa kuin vaihtoehto A.

#### 6.4 Voimalan sijainnin muuttaminen

Tuulivoimalan sijainti on tietokoneohjelmalla laskien optimoitu paikkaan, johon infran luonnossuunnitelmat laaditaan. Kun tuulivoimalan sijaintia muutetaan, tuuliolosuhteet muuttuvat. Voimalan sijaintien muutoksissa tulee tutkia kohtuullisella tarkkuudella siirron vaikutus myös muiden voimaloiden tuotantoon kokonaisuutena. Siirto saattaa heikentää takana olevan voimalan tuotantoa tai siirrettävän voimalan tuotanto saattaa pienentyä. Tulovirran pienentyminen saattaa olla suurempi kuin sijainnin muutoksesta saatu rakentamiskustannusten säästö. Tuulivoimaloiden tuotannon kassavirran muutos diskontataan nykyhetkeen ja verrataan rakentamiskustannuksessa saatuun säästöön. Tämän jälkeen voidaan arvioida paremmin siirron kannattavuutta.

Kaavassa laaditaan tuulivoimaloiden sijoittelua varten rajattu alue (tv-alue), minkä sisäpuolelle tuulivoimalan kaikkien rakenteiden tulee sijoittua. Tv-alueen koko vaihtelee jonkin verran riippuen sijaintipaikan rajoitteista. Alue antaa usein pienen liikkumatilan voimalan tarkan sijainnin määrittelyyn rakennuslupaa haettaessa. Voimaloiden siirroissa tulee huomioida myös muiden viranomaisluopien ehdot, mitkä saattavat rajoittaa voimaloiden siirtoetäisyyksiä. Nämä tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

## 6.5 Kenttätutkimukset ja työpöytäsuunnitelmat tulosityhteenveto

Kenttätutkimuksissa on osoittautunut hankealueen olevan hyvin lähellä työpöytäsuunnittelussa saatua käsitystä siitä, että alue on pääosin normaalein murskekerroksin rakennettavissa olevaa maastoa. Kohdassa 5.2 esitetyt lisätietotarpeet maastosta osoittautuvat tarpeellisiksi.

Työpöytäsuunnittelussa tunnistettiin yksi suuren korkovaihtelun alue korkeusmalliaineiston perusteella. Suunnittelussa tutkittiin tulotien suuntausta kahdesta suunnasta ja todettiin voimalasijainnin olevan kelvollinen, mikäli lähestytään idän suunnasta. Etelän suunnasta lähestyttäessä kustannusvaikutus on merkittävä. Kenttätutkimuksissa vahvistui käsitys alueen korkeusvaihtelusta sekä kota-alueen tilanteesta. Maastossa nähtiin mahdollisuus pienellä sijaintimuutoksella parantaa voimalan sijaintia siten, että tulotien suuntaus toimii idän ja etelän suunnasta ja on parempi tulotien osalta. Työpöytäsuunnittelussa voitiin määritellä voimala-alueelle uusi sijaintiehdotus, kun tiedettiin maaperän laatu. Esitetään voimalan siirtoa etelä-lounaan suuntaan 60 metriä. Voimala-aluetta on käsitelty kohdassa 6.2. Ehdotettu uusi voimalan sijainti mahdollistaa molemmat tulosuunnat ja on edullisin toteutusvaihtoehto.

Työpöytäsuunnittelussa tunnistettiin ennakkoon tarve selvittää kenttätutkimuksella kolmelta suoalueelta turvekerroksen paksuus. Kahdella suoalueella paksuus ei ollut merkittävän suuri ja voimaloille ei esitetty sijaintimuutosta. Yksi voimala-alue osoittautui turvepaksuudeltaan sellaiseksi, että kenttätutkimusten perusteella suositellaan voimalan siirtoa. Kustannusvaikutus on merkittävä. Esitetään voimalan siirtoa lounaan suuntaan 73 metriä. Voimala-aluetta on käsitelty kohdassa 6.3. Ehdotettu uusi voimalan sijainti ei sijoitu paksun turvekerroksen alueelle.

Työpöytäsuunnittelussa ei tunnistettu tulotien alueella muhkuraista kallioaluetta sijainnissa, joka olisi kenttätutkimusten perusteella järkevämpi kiertää. Tielinjauksen muutos on tässä tilanteessa pieni, eikä kustannusvaikutusta juurikaan ole. Havainto nostetaan esille sen takia, että työpöytäsuunnittelussa tätä ei ollut tunnistettu. Muut alueelle suunnitellut reitit ja halutut lisätietotarpeet osoittautuivat kenttätutkimuksissa oikein tunnistetuiksi alueiksi.

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

### 7.1 Validiteetti

Hankeeseen on laadittu YVA- ja kaavaluonnosvaiheen infran esisuunnitelmat työpöytäsuunnittelussa. Paikkatietoaineiston perusteella on pyritty tunnistamaan ja laatimaan mahdollisimman toteutuskelpoinen suunnitteluratkaisu, joka huomioi kuviossa 3 esitetyt asiat. Tarkoituksena on ollut tunnistaa suurimmat kustannuksiin ja toteutettavuuteen vaikuttavat asiat. Suunnitelmien mukaisille sijainneille tehdyt kenttätutkimukset antoivat parempaa tietoa alueen olosuhteista. Työpöytäsuunnitelmien alkutietoja ja kenttätutkimuksella saatuja tietoja verrattiin toisiinsa, jolloin voitiin tunnistaa eroavaisuuksia tai tietojen yhdenmukaisuutta.

Työpöytäsuunnittelussa tunnistettiin maaston korkeusvaihtelut hyvin ja niiden oikeellisuus voitiin todentaa silmämääräisesti myös kenttätutkimuksessa, eikä eroja havaittu.

Työpöytäsuunnittelussa pyrittiin tunnistamaan alueet, joissa suuri turvepaksuus on mahdollinen tai todennäköinen. Käytettävissä olleen avoimen paikkatietoaineiston perusteella ei voitu päätellä turvekerroksen paksuutta eikä muustakaan maaperän laadusta saatu varmuutta. Kenttätutkimuksissa valitulla mittausmenetelmällä saatiin käsitys turvekerroksen alla olevan kantavamman maaperän korkeustasosta. Ojan pohjia tarkastelemalla voitiin varmentaa mittausten paksuusarvion osuvuutta ja maaperän laatua.

Opinnäytetyön viimeistelyn loppuvaiheessa havaitsin, että Geologisella tutkimuskeskuksella on maksullinen palvelu, jossa myydään paikkatietoaineistona turvealueilta tutkittuja ominaisuuksia. Tutkituissa tiedoissa on mitattu myös turvepaksuus. Tutkiessani kyseistä aineistoa, havaitsin, että mittaustuloksia olisi ollut saatavissa läheltä omia havaintopisteitäni. Mielenkiintoni heräsi ja olisin halunnut verrata kyseisen palvelun tietoja tarkemmin omiin kenttätutkimustietoihin, mutta tähän opinnäytetyöhön vertailua ei ehditä ottaa mukaan. Tein palvelusta havainnon, että turvepaksuustiedot saattavat olla poikkeavat alueilla, joissa turvepaksuus on mitattu ennen turpeenottoiminnan aloitusta. Tällaisessa tilanteessa turvepaksuustiedot eivät pidä paikkaansa. Tähän Geologisen tutkimuskeskuksen tarjoamaan paikkatietoaineistoon minulla on tarkoitus perehtyä tarkemmin ja tutkia, miten tietoja voidaan hyödyntää suunnitteluvaiheessa. Käsitykseni mukaan aineistot antavat tiedon turvepaksuuksista, mikäli suoalueella ei ole tehty muu-

toksia mittausten jälkeen. Palvelusta saatavat paikkatiedot täydentävät erinomaisesti esisuunnittelun luotettavuutta ja antavat tärkeää lisätietoa alueesta, mikäli turvealueiden mittauksia on tehty alueella (Geologian tutkimuskeskus 2025b).

Kenttätutkimuksissa tehty silmämääräinen tarkastelu alueen olosuhteista antaa yleiskuvaa toteutettavuudesta. Kasvillisuus antaa jonkin verran viitettä maaperän laadusta, mutta varmuutta ei kasvillisuuden perusteella saa. Kenttätutkimuksissa osoittautui, että paksun turvekerroksen alueilla saattaa kasvaa suuria mäntyjä. Yleinen mielikuva mäntyjen kasvupaikasta on kangasmetsä, jossa kantava maaperä on hyvin lähellä maanpintaa.

Kenttätutkimuksissa saadaan silmämääräinen mielikuva alueen geometriasta ja sen toimivuudesta. Käsitys alueen käytöstä, suunnitelmavaihtoehdoista ja suunnitelmien hyväksyttävyydestä tarkentuu tai vahvistuu. Silmämääräinen tutkimus nostaa esille asioita, joita halutaan tarkentaa vielä työpöytäsuunnittelussa.

Kenttätutkimuksessa tärkeä osa hankeolosuhteiden vaikutuksen tunnistamista on kokemuksen tuoma näkökulma. Kun kenttätutkimuksen tekijä on nähnyt ja ollut toteuttamassa useita tuulivoimahankkeita, lisää se jonkin verran luotettavuutta toteutettavuustarkasteluun ja oleellisimpien asioiden tunnistamiseen.

## 7.2 Realibiliteetti

Työpöytäsuunnittelussa käytetään yleisesti korkeusmallin antamaa tietoa alueelta, mikä on yleinen käytäntö infrasuunnittelussa. Korkeusmalliaineiston antamiin tietoihin tehdään tarkastusmittauksia, joilla varmennetaan korkeusmallin tarkkuustaso. Kenttätutkimuksessa ei voinut arvioida valitulla tutkimusmenetelmällä tarkasti maaston metrimääräistä korkeusvaihtelua. Maastossa voitiin todeta kaltevuudet ja suunnat, mutta korkeuserojen arviointi alueella on epävarmaa. Tiheän kasvillisuuden alueilla korkeusvaihtelujen arviointi on vielä hankalampaa, koska voimala-alueesta voidaan nähdä vain pieni osa kerrallaan.

Kenttätutkimuksen menetelmällä saadaan kohtuullisen tarkka arvio turvepitoisen maakerroksen paksuudesta noin 2-2.5 metrin syvyyteen. Mittauksen luotettavuutta lisää jonkin verran maaperäkartasta saatava tieto ja aistinvaraiset havainnot. Mittaustapa soveltuu arviointiin, mutta alapuolisen kantavan maaperän laadusta ei saada varmuutta. Pohjamaan kantavuusominaisuuksia ei voida tunnistaa, vaikka maaperä onkin kovempaa. Maaperässä voi olla kantavia kerrostumia

kohtuullisen lähellä maanpintaa. Tutkimustikku saattaa pysähtyä kyseiseen kerrostumaan, jonka alla voi olla vetelä maakerros. Kyseinen paikka saattaa vaatia paalutusta tai paksun massanvaihdon. Alueellisten tietojen varmistaminen joistakin sijainneista koekuopilla tai kairauksella antaa varmemman tulkintasisignaalin pohjamaan olosuhteista alueella.

Työpöytäsuunnitelmat on laadittu ilman alueen tarkempaa tuntemista. Laadituissa suunnitelmissa on todennäköisesti alueita, joissa arvioitu maasto-olosuhde havaitaan kenttätutkimuksissa erilaiseksi kuin työpöydällä on arvioitu. Kenttätutkimuksen tutkimusmenetelmän antama informaatio on rajallista. Tutkimuksilla voidaan rajallisella varmuudella tunnistaa suurimmat toteutettavuuteen vaikuttavat asiat.

Vuoden 2024 aikana olen analysoinut työpöytä- ja kenttätutkimuksilla 165 voimalasijaintia, missä on tämä hanke mukana. Annetuista voimaloiden siirtoehdotuksista 44% peruste oli suuri korkeusero ja 39% paksu turvekerros. 17% perustui vesienhallintaan. Tällä voidaan todeta se, että tarkempi analyysi suuren korkeuseron ja paksun turvekerroksen nostoalueille lisää oikeantyyppistä tietoa yritykselle, koska suurin osa ehdotetuista siirroista kohdistui tässä työssä käsiteltyihin siirtoehdotuksia aiheuttaviin tekijöihin.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena (luku 1.2) oli kehittää ja tutkia tuulivoimahankkeiden infran esisuunnittelua ja siihen liittyvää kenttätutkimusten perusteella tarkentuvaa suunnittelua YVA- ja kaavaluonnosvaiheessa.

### 8.1 Tulokset

Lopputuloksena on muotoutunut yrityksen hankekehitysvaihetta ja infran esisuunnittelua tukeva, taustoittavana oppaana toimiva käsikirjamainen opinnäytetyö.

Kuinka hyvin työpöytäversiona laaditut infrasuunnitelmat vastaavat toteuttamiskelpoisuuteen kenttätutkimusten perusteella tarkennettuihin suunnitelmiin nähden?

Työpöytäversiona laaditut infrasuunnitelmat ovat tässä opinnäytetyössä käsitellyn hankkeen osalta hyvin toteuttamiskelpoisia. Työpöytäsuunnittelussa pystyttiin tunnistamaan suurimmat kustannuksiin vaikuttavat paikat. Lisäksi pystyttiin tunnistamaan paikat, joista on tarve saada kenttätutkimuksilla lisätietoa. Yllätyksellinen havainto kenttätutkimuksissa osoitti näkökulman, että alueella voi olla työpöytäsuunnittelussa tunnistamattomia asioita. Suurimmat kustannuksiin ja toteuttavuuteen vaikuttavat asiat olivat kahden voimalan sijainnit, joille on ehdotettu sijainnin muutosta. Siirron tuoma kustannusvaikutus oli merkittävä infrarakentamisen näkökulmasta. Työpöytäsuunnittelussa osattiin tunnistaa suuren korkeusvaihtelun alueelle sijoittuvan voimalan muutostarve ja uusi sijaintiehdotus olisi osunut oikeaan paikkaan ilman kenttätutkimusta, kun käytössä oli maaperätieto. Työpöytäsuunnittelussa osattiin tunnistaa lisätutkimuksia vaativat turvealueiden sijainnit oikein, mutta turvepaksuutta ei tiedetty. Näiltä osin työpöytäsuunnittelu on epävarmaa, jos tietoa turvepaksuuksista ei ole.

Minkälaiset asiat ovat merkittävimpiä rakennettavuuteen ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, joita voidaan tunnistaa ja huomioida työpöydällä tapahtuvassa suunnittelussa? Minkälaisia asioita tulisi varmistaa kenttätutkimuksilla?

Suuret korkeusvaihtelut voidaan tunnistaa hyvin työpöytäsuunnittelussa korkeusmalliaineistosta. Maaperästä saadaan jonkin verran tietoa, mutta turvepaksuuk-

sia ei voi tietää ilman paikan päältä tehtyjä mittauksia. Turvepaksuuksien mittauksia suoalueilta on tehty Geologisen tutkimuskeskuksen toimesta, mutta turvealueilla muutoksia on tapahtunut esimerkiksi turpeenottoiminnan johdosta, eikä mittausdata ole välttämättä ajantasainen. Vesistöjen ylitykset voi tunnistaa kartalta, mutta niiden kokoluokan hahmottaminen ja ratkaisut voi olla hankalia hahmottaa ilman kenttätutkimuksia. Risteysalueet tai alueen saavutettavuus voidaan tunnistaa hyvin työpöytäsuunnittelussa, mutta ilmakuvat ja karttakuvat eivät välttämättä sisällä uusinta tietoa, jolloin oletetut alueet saattavat olla muuttuneita esimerkiksi uusien rakennusten tai tiejärjestelyjen vuoksi.

Mitkä ovat oleellimmat toteutukseen ja kustannuksiin vaikuttavat sekä muut huomioitavat asiat voimalan sijaintimuutoksessa?

Voimalan sijainnin muuttaminen vaikuttaa sen tuotantoon ja sitä kautta tulovirtaan. Rakentamiskustannusten muutosta tulee verrata tulovirran muutokseen. Vertailussa tulee huomioida se, että rakentamiskustannus tapahtuu nykyhetkessä ja tuotannon tulovirta pitemmällä aikajänteellä tulevaisuudessa. Voimalan sijaintimuutoksessa täytyy huomioida lisäksi luontoselvitysten tiedot, maankäytön rajoitukset, puolustusvoimien lausunto ja lentoestelupa. Hankealueella saattaa olla virkistyspaikkoja tai alueita, jotka on hyvä huomioida paikallisen hyväksyttävyyden näkökulmasta.

## 8.2 Johtopäätökset

Hankkeen kustannuksiin ja infran toteutettavuuteen merkittävimmin vaikuttavat tekijät pystytään pääosin tunnistamaan työpöytäsuunnittelussa. Tekijöiden vaikuttavuutta ei kuitenkaan voi todeta ilman kenttätutkimuksia. Kenttätutkimukset antavat lisätietoa ja varmuutta valinnoille suunnitteluvaiheessa.

- Korkeusvaihtelut voidaan tunnistaa alueelta riittävällä tarkkuudella pelkän korkeusmalliaineiston perusteella.
- Turvepitoisen maakerroksen paksuutta ei voi työpöytäsuunnittelussa tunnistaa ilman mittaustietoa. Alueet, joissa on todennäköisesti turvekerros, voidaan pääosin tunnistaa työpöytäsuunnittelussa.
- Vesistöjen sijainnit voidaan tunnistaa työpöytäsuunnittelussa, mutta niiden vaikuttavuutta on vaikea arvioida ilman kenttätutkimuksia.
- Voimalan sijainnin muutos vaikuttaa voimaloiden tuotantoon ja tulovirtaan. Tulovirran ja rakentamiskustannusten muutosta tulee verrata keskenään.
- Kenttätutkimukset hankealueella parantavat suunnitelmien laatua ja poistavat epävarmuuksia suunnittelusta. Jokaisella voimala-alueella tulisi käydä toteamassa maasto-olosuhteet ja arvioida rakennettavuus.

### 8.3 Suositukset

Voimaloiden suunnittelualueen määrittelyssä on hyödyksi tietää turvepaksuuksia suoalueilta ja käydä tarkastamassa epäselviä alueita etukäteen. Voimaloiden sijoittelussa saatetaan jättää turhaan suoalueita suunnittelualueen ulkopuolelle, vaikka turvepaksuus olisi ohut. Vastaavasti suunnittelualueen ulkopuolelle tulee jättää harkitusti alueet, joissa turvepaksuus on liian suuri.

Hankkeessa voisi muutamilla valikoituihin paikkoihin tehdyillä pohjamaankairaus-tutkimuksilla varmentaa tietoa alueen pohjamaasta erityisesti epävarmoissa sijainneissa. Tieto ja varmuus hankealueen pohjaolosuhteista olisi parempi.

Havaintotiedot kenttätutkimuksista tulisi kirjoittaa sähköisesti LocusGIS-mobiilisovellukseen, jolloin tietosisältö saadaan näkyviin QGIS-ohjelmalla. Havaintojen kirjoitusasu tulisi olla yksinkertainen, jotta henkilöstä riippumatta havaintotekstin tulkinta olisi samanlainen.

Voimaloiden ja huoltotieverkoston sijoittuminen luonnosvaiheessa mahdollisimman toteutuskelpoiseen paikkaan parantaa alueellista hyväksyttävyyttä ja pienentää muutostarvetta YVA- ja kaavamenettelyn edetessä.

### 8.4 Pohdinta ja jatkotutkimusehdotukset

Kaikesta ihmisen toiminnasta jää jälki. Yhteiskunta kehittyy ja elää ajan hetkessä suuntautuen sinne, minkä näkee elämän säilymisen kannalta tarpeelliseksi. Nykyhetkessä on havahduttu siihen, että ilmastonmuutos etenee ja jotain täytyy tehdä, jotta elinmahdollisuudet säilyvät ja luonnonvarat riittävät myös tulevaisuudessa. Suomen tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Tuulivoima uusiutuvana energialähteenä on osa tavoitteeseen tähtäävää ratkaisua. Fossiilisia ja muiden luontoa kuluttavien energialähteiden tilalle tarvitaan uusiutuvaa energiaa.

Infran esisuunnitteluvaiheessa voidaan tehdä luonnonvarojen käyttöä vähentäviä valintoja. Massatasapainon hyvän hallinnan ja vähemmän murskettua sisältävien ratkaisujen tunnistaminen jo esisuunnitteluvaiheessa on osa hiilijalanjäljen pienentämistä. Alkuvaiheen suunnittelussa tehdään valintoja, jotka vaikuttavat koko hankkeen elinkaaren ajan. Ympäristövaikutusten arviointimenettely onkin osa

suunnitteluprosessia, missä pyritään tunnistamaan kaikki hankkeen ympäristölle aiheuttamat vaikutukset ja huomioimaan ne mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Infran esisuunnittelun valintojen onnistumisessa auttaa se, että ymmärretään toteutettavuuteen liittyviä asioita riittävästi ja pystytään tunnistamaan eri tekijöistä aiheutuvien kustannusten ja muutosten mittaluokkia. Voimaloiden tuotto-olettaman muutos on yksi suuri tekijä kokonaisuudessa. Kenttätutkimukset antavat tarpeellista lisätietoa valintojen tekemiseen. Oikeaan osuneet suunnitelmat tuovat päätöksentekoon uskottavuutta ja vähentävät myöhempää muutostarvetta.

Infran esisuunnittelu on yksi osa-alue hankekehityksen suunnitteluvaiheen asioista, millä on oma painoarvonsa hankkeen etenemiseen. Tavoitteena on onnistunut suunnittelu. Tässä opinnäytetyössä on pyritty tuomaan tietoa kirjalliseen muotoon ja sitä kautta luomaan parempia edellytyksiä suunnittelun onnistumiselle.

Mielenkiinnon kohteena on noussut esiin suora jatko kenttätutkimuksille. Esi-suunnitteluvaiheen kenttätutkimusten päätelmiä voisi verrata ja analysoida tarkoista pohjatutkimuksista saatuihin tietoihin. Toisena osiona voisi analysoida, että miten kaavavaiheen kenttätutkimusten perusteella tehdyt infran ratkaisut eroavat tarkkojen pohjatutkimusten perusteella tehdyistä ratkaisuista. Kolmannessa osiossa voisi ottaa hieman laajemman joukon hankkeita, joissa verrataan ja analysoidaan vahvistetun kaavan ja toteutuneen hankkeen infran eroja. Vertailussa voisi hyödyntää ortokuvia ja kunnan kaava-aineistoa.

## LÄHTEET

Alueidenkäyttölaki 5.2.1999/132. Viitattu 1.6.2025. <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/1999/132>

Energiateollisuus ry 15.1.2025a. Sähkön vuosi 2024: päästöt vähenivät 25%, hinta palautui normaalitasolle, sähkön tuotannossa uusia ennätyksiä. Tiedote verkkosivulla. Viitattu 2.3.2025. [Sähkön vuosi 2024: päästöt vähenivät 25 %, hinta palautui normaalitasolle, sähkön tuotannossa uusia ennätyksiä - Energiateollisuus](#)

Energiateollisuus ry 15.1.2025b. Energiavuosi 2024 Sähkö, sähkön ennakkotiedot 2024. Pdf-dokumentti. Viitattu 2.3.2025. [https://energia.fi/wp-content/uploads/2025/01/Sahkovuosi-2024\\_20250115.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2025/01/Sahkovuosi-2024_20250115.pdf)

Esta, Europäische Schwertransport-Automobilkranunion n.d. Best Practise Guide for Transport and Installation of Onshore WTG Systems. Viitattu 2.6.2025. <https://estaeurope.eu/wp-content/uploads/2020/06/ESTA-Wind-BPG-2020.pdf>

EU:n luonto- ja lintudirektiivit. Ympäristöministeriön verkkosivu, Viitattu 22.3.2025. <https://ym.fi/eu-n-luonto-ja-lintudirektiivit>

Euroopan unionin luontodirektiivin liitteen IV lajien (pl. lepakot) esittelyt 2017. Nieminen M. & Ahola A. Suomen ympäristö 1/2017:1-278. Viitattu 8.6.2025. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79301>

Johdonvariasema, mallipiirustus, 110kV sähköasema n.d. Fingrid Oyj:n mallipiirustus 110kV kytkinasemasta. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/fingrid-johdonvarsiliitynnan-mallipiirustukset.pdf>

Fingrid Oyj 20.1.2011.Sähkön käyttö kasvoi 7,6 prosenttia vuonna 2010. Tiedotetyyppinen artikkeli verkkosivulla. Viitattu 1.6.2025. <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2011/sahkon-kaytto-kasvoi-76-prosenttia-vuonna-2010/>

Fingrid Oyj n.d. Voimajohtojen huomioon ottaminen yleis- ja asemakaavoituksessa sekä maankäytön suunnittelussa. Ohjejulkaisu. Viitattu 29.3.2025. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/voimajohtojen-huomioon-ottaminen-yleis--ja-aseamakaavoituksessa-seka-maankayton-suunnittelussa.pdf>

Geologian tutkimuskeskus 2025a. Maaperäkartta 200k maalajit. [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://hakku.gtk.fi/fi/locations>. Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 4.6.2025.

Geologian tutkimuskeskus 2025b. Suot ja turvemaat, turvevarojen tilinpitotiedot. Verkkosoite. Viitattu 6.6.2025. [https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen\\_tilinpito/](https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen_tilinpito/)

Google Maps 2025. Haettu osoitteesta [google.com/maps](https://google.com/maps). Viitattu 1.6.2025.

ICSA N004, International Crane Stakeholder Assembly 4.8.2021. Mobile Crane Ground Preparation for Wind Farm Construction. Guidance. Viitattu 1.6.2025. <https://icsa-crane.org/wp-content/uploads/2024/11/ICSA-N004-01-Released-122024.pdf>

Kontiainen Kimmo 7.3.2023. Tuulivoimaloiden koko ja tehot kasvavat-Miten perustukset suunnitellaan kestävämmän valtavan kuormat? Blogiteksti Swecon verkkosivulla. Viitattu 5.6.2025. <https://www.sweco.fi/blog/tuulivoimaloiden-koko-ja-tehot-kasvavat/>

Korkein hallinto-oikeus 5.6.2023:57. Korkeimman hallinto-oikeuden päätös KHO:2023:57. Viitattu 6.6.2025. <https://www.kho.fi/fi/index/paatokset/ennakko-paatokset/1685604345354.html>

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 21.4.2023/752. Viitattu 1.6.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2023/752>

Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 30.12.2010/1396. Viitattu 1.6.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2010/1396>

Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895. Viitattu 1.6.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/1999/895>

Maanmittauslaitos 2025a. Hallinnolliset aluejaot. [Verkkodokumentti]. Saatavilla: [https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/hallinnolliset\\_aluejaot\\_rasteri?lang=fi](https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/hallinnolliset_aluejaot_rasteri?lang=fi). Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 3.6.2025.

Maanmittauslaitos 2025b. Korkeusmalli. [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/korkeusmalli?lang=fi>. Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 3.6.2025.

Maanmittauslaitos 2025c. Maastokartta rasteri. [Verkkodokumentti]. Saatavilla: [https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastokartta\\_rasteri?lang=fi](https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastokartta_rasteri?lang=fi). Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 3.6.2025.

Maanmittauslaitos 2025d. Ortoilmakuva. [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/ortoilmakuva?lang=fi>. Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 3.6.2025.

Maanmittauslaitos 2025e. Taustakartta (rasteri). [Verkkodokumentti]. Saatavilla: [https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/taustakartta\\_rasteri?lang=fi](https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/taustakartta_rasteri?lang=fi). Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 4.6.2025.

Maastotietojen hankinta -Toimintaohjeet 2017. Liikenneviraston ohjeita 19/2017. Viitattu 8.6.2025. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2017-19\\_maastotietojen\\_hankinta\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-19_maastotietojen_hankinta_web.pdf)

Miceli Francesco 23.5.2012. Maximum wind farm internal road gradient. Article. Viitattu 6.6.2025. <https://www.windfarmbop.com/maximum-road-grade/>

Myrsky Energia Oy n.d. Tuuli- ja aurinkovoimahankkeet kartalla. Viitattu 3.3.2025. <https://myrsky.fi/hankkeet/>

Odemarkin kantavuusmitoituskaava 11.4.2019. Liikenneviraston ohjeita 38/2018. Excel-taulukko. Viitattu 1.6.2025.

[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fava.vayla-pilvi.fi%2Fava%2FJulkaisut%2FLiikennevirasto%2Flo\\_2018-38\\_odemarkin\\_kantavuusmitoituskaava\\_web.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fava.vayla-pilvi.fi%2Fava%2FJulkaisut%2FLiikennevirasto%2Flo_2018-38_odemarkin_kantavuusmitoituskaava_web.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

Paikkatietoikkuna 2025. Karttapalvelu: Historialliset ilmakuvat. [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>. Käytetty lisenssi: Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>). Viitattu 4.6.2025.

Roadex Network n.d. eLearning kurssit, Kurssi 1: Pysyvät muodonmuutokset, kappale 7.1.4.4. Viitattu 1.6.2025. <https://www.roadex.org/fi/e-learning/kurssit/pysyvät-muodonmuutokset/7-suunnittelu-pysyvia-muodonmuutoksia-vas-taan/>

SOVA-lain mukaisen ympäristöarvioinnin opas 2017. Ympäristöhallinnon ohje 2/2017, Ympäristöministeriö. Viitattu 1.6.2025. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79246/OH2\\_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79246/OH2_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Stenberg Anders & Hannele Holttinen 8/2011. Tuulivoiman tuotantotilastot, vuosiraportti 2010. VTT Working Papers 178. Viitattu 1.6.2025. <https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W178.pdf>

Stowa 23.5.2019. Crane Hardstand for Installation of Wind Turbines. Rapportnummer 2019-02A. Viitattu 1.6.2025. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202019/STOWA%202019-02A%20WEB%20compressed.pdf>

Suomen tuuliatlas, yhteenvetoraportti 28.6.2010. Suomen tuuliolosuhteita kuvaavan tuuliatlaksen yhteenvetoraportti. Työ- ja elinkeinoministeriö, Ilmatieteen laitos, Motiva Oy. [https://expo.fmi.fi/aqes/public/Tuuliatlas\\_yhteenvetoraportti.pdf](https://expo.fmi.fi/aqes/public/Tuuliatlas_yhteenvetoraportti.pdf)

Suomen uusiutuvat ry n.d. Suomen Tuulivoimayhdistys on nyt Suomen uusiutuvat. Verkkosivu. Viitattu 1.6.2025. <https://suomenuusiutuvat.fi/>

Suomen uusiutuvat ry 1.1.2025. Rakenteilla olevat tuulivoimahankkeet Suomessa. Excel-taulukko. Viitattu 16.3.2025. [https://suomenuusiutuvat.fi/media/rakenteilla\\_2025\\_2026\\_olevat\\_hankkeet-1.1.2025.xlsx](https://suomenuusiutuvat.fi/media/rakenteilla_2025_2026_olevat_hankkeet-1.1.2025.xlsx)

Syöttötariffi tuulisähkön tuotannon tukemisessa 3.4.2017. Valtiontalouden tarkastusviraston tarkastuskertomukset 2/2017, tuloksellisuustarkastuskertomus Dnro 335/54/2015. Viitattu 1.6.2025. <https://vtv.s3.eu-west-1.amazonaws.com/app/uploads/2018/05/22124127/syottotariffi-tuulisahkon-tuotannon-tukemisessa-2-2017.pdf>

Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018. Liikenneviraston ohjeita 38/2018. Viitattu 1.6.2025. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2018-38\\_tierakenteen\\_suunnittelu\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf)

Tieteen Termipankki n.d. Kaavahierarkia. Sanan määritelmä ja selite verkkosivulla. Viitattu 15.3.2025. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Oikeustiede:kaavahierarkia>

Tuulivoimalaohje 2012. Ohje tuulivoimalan rakentamisesta liikenneväylien läheisyyteen. Liikennevirasto ohjeita 8/2012. Viitattu 1.6.2025. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2012-08\\_tuulivoimalaohje\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2012-08_tuulivoimalaohje_web.pdf)

Tuulivoiman yleisopas n.d. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Viitattu 3.3.2025. <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/57296/Tuulivoiman+yleisopas.pdf/9f0ed0a3-7df6-ee6c-81ed-e90279b264fe?t=1636093932871>

Tuulivoimarakentaminen tienpitäjän näkökulmasta. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen raportti 10/2023. Viitattu 1.6.2025 [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/186659/Raportteja\\_10\\_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/186659/Raportteja_10_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Tuulivoima Suomessa 31.12.2024. Tuulivoiman vuositilastot 3.1.2025. Suomen uusiutuvat ry:n pdf-julkaisu. Viitattu 1.6.2025. [https://suomenuusiutuvat.fi/media/tuulivoima\\_vuositilastot-2024-1.pdf](https://suomenuusiutuvat.fi/media/tuulivoima_vuositilastot-2024-1.pdf)

Vakkilainen Esa, Kivistö Aija 2017. Sähkön tuotantokustannusvertailu. Tutkimusraportti, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 5.3.2025 [https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/143861/S%c3%a4hk%c3%b6n%20tuotanto-kustannusvertailu\\_ok.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/143861/S%c3%a4hk%c3%b6n%20tuotanto-kustannusvertailu_ok.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Vähätalo Henri 2022. Tuulivoimapuiston tuuliturbiinien sijoittamisen optimointi. Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Tampereen yliopisto. Diplomityö. Viitattu 1.6.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/142834/V%E4h%E4taloHenri.pdf?sequence=2>

YVA-asetus. Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 11.5.2017/277. Viitattu 1.6.2025. <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/277>

YVA-laki. Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 5.5.2017/252. Viitattu 1.6.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/252?language=fin&highlightId=582274&highlightParams=%7B%22type%22%3A%22BA-SIC%22%2C%22search%22%3A%22252%2F2017%22%7D>

## VALOKUVALUETTELO

Ilvesluoto Jani 2013a. Sähköaseman kytkinkenttä. Kuvattu 31.10.2013. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2013b. Jyrkkä kaarevuus tiessä. Kuvattu 6.8.2013. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2014a. Sähköaseman muuntajaa siirretään perustusten päälle. Kuvattu 2.10.2014. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2014b. Metsäautotien toispuoleinen levennys. Kuvattu 10.6.2014. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2014c. Tuulipuiston huoltotien rakentamista hyvälle pohjamaalle. Kuvattu 22.8.2014. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2014d. Tuulivoimalan perustuksen alapuolisen murskekerroksen tiivistystyö. Kuvattu 20.8.2014. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2015a. Tuulivoimalan lapakuljetus yleisellä tiellä. Kuvattu 31.3.2015. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2015b. Tuulivoimalan asennuksessa käytettävä nosturi siirtymässä tuulipuistossa. Nosturi on purettu vain osittain. Kuvattu 19.2.2015. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2015c. Tuulipuiston huoltotien rakentamista paksun turvekerroksen alueelle. Kuvattu 10.8.2015. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017a. Tuulipuiston liittymä yleiselle tiealueelle. Kuvattu 28.4.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017b. Tuulipuiston erikoiskuljetuksia varten levennetty risteysalue taajamassa. Kuvattu 28.8.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017c. Tuulipuiston huoltotieverkostolla erikoiskuljetuksia varten levennetty tien mutka. Tien sisäkurvista poistettu puustoa. Tuulivoimalan lapojen kuljetus käynnissä. Kuvattu 11.10.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017d. Tuulivoimalan tornilohkoja ja napa saapumassa työmaa-alueelle. Kuvattu 7.3.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017e. Kalliopahkuran räjäytyksen valmistelua. Kallioon poratut reiät valmiina panostusta varten. Kuvattu 15.5.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017f. Kalliopahkura räjäytyksen jälkeen. Räjäytyksessä on syntynyt louhetta. Kuvattu 16.5.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017g. Apunosturialueen rakentamisessa on käytetty paksua murskekerrosta. Kaivinkone tasoittaa ja maastouttaa reunaluiskia. Kuvattu 21.9.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017h. Tuulivoimalan asennuksessa käytettävän nosturin puomin osia maassa odottamassa asennusta. Taustalla apunosturi nostaa puomin osaa paikoilleen. Kuvattu 27.9.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2017i. Tuulivoimalan perustus peitettynä. Pulttikehä on näkyvässä perustuksen yläosassa. Perustuksen takana on nostoalue. Kuvattu 21.9.2017. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024a. Ilveksen jäljet metsäautotiellä. Kuvattu 28.11.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024b. Koppelo metsäympäristössä. Kuvattu 5.6.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024c. Suojeltu suurikokoinen mänty. Kuvattu 20.9.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024d. Harusvaijereilla tuettu tuulenmittausmastot. Kuvattu 23.5.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024e. Kaasuputkilinjosten välissä kulkeva tie. Kuvattu 23.5.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024f. Leveä puro hankealueella. Kuvattu 3.10.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024g. Käytöstä poistetulla turpeenottoalueella ojaan tehty padoitus. Kuvattu 30.10.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024h. Sijaintitiedon (gps-kartta) vertailua rajapyykillä. Kuvattu 22.5.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024i. Pehmeän maan kerrospaksuuden mittaus ojan pohjalta. Mittaustikun (2m) taitososa on näkyvissä. Kuvattu 1.10.2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2024j. Erilaisia kenttätutkimuksissa tehtyjä maastohavaintoesimerkkejä. Kuvausvuosi 2024. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2025a. Tervahauta. Kuvattu 24.4.2025. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2025b. Panssarieste. Kuvattu 24.4.2025. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2025c. Alumiinitanko, jota on käytetty kenttätutkimuksissa. Kuvattu 11.5.2025. Sijaintitietoa ei jaeta.

Ilvesluoto Jani 2025d. Kaaviokuva infran esisuunnitteluun vaikuttavista taustatekijöistä tuulivoimahankkeessa.