

Piipsanneva, arvio tuulipuiston rakennusaikaisten pölypäästöjen leviämisestä

3.3.2022, v2

Asiakas: Piipsan Tuulivoima Oy

Projektinumero: 101016425-001/900

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
2	Lähtötiedot.....	2
2.1	Kohdealue.....	2
2.2	Laskentavaihtoehdot.....	2
3	Laskentamenetelmät ja lähtötiedot.....	4
3.1	Laskentamalli	4
3.2	Malliin liittyviä epävarmuustekijöitä.....	5
3.3	Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot.....	5
3.4	Maastotiedot	6
3.5	Tuulitiedot	6
3.6	Sadepäivät.....	7
3.7	Pölykuormitukset ja laskentaperusteet.....	7
3.8	Kuormitukset.....	9
4	Tulokset, VE1	10
5	Tulokset, VE2	13
6	Kuljetusten aiheuttama pölyäminen.....	16
7	Yhteenveto.....	17
8	Lähdeluettelo.....	18

AFRY Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

1 Johdanto

Tässä raportissa on arvioitu Piipsannevan tuulipuiston rakentamiseen liittyvän kallioulouhinnan ja kiviainesten kuljetuksen aiheuttamien pölypäästöjen leviämistä ympäristöön ilmanlaatumallinnuksen avulla. Mallinnuksessa on käytetty AERMOD-ilmanlaatumallia, joka perustuu ns. Gaussin leviämismalliin.

2 Lähtötiedot

2.1 Kohdealue

Suunniteltu Piipsannevan tuulipuisto sijaitsee Haapavedellä Pohjois-Pohjanmaalla.

2.2 Laskentavaihtoehdot

Vaihtoehdossa VE1 louhintamäärä kokonaislouhinta on 1,1 Mt/a. Vaihtoehdossa VE2 louhintamäärä on sama, mutta louhinta tehdään eri paikasta. Vaihtoehdossa VE3 molemmat louhintapaikat ovat käytössä. Louhintaan suunnitellut alueet ja Piipsannevan tuulipuiston voimaloiden alustavat sijainnit on esitetty kuvassa 1.

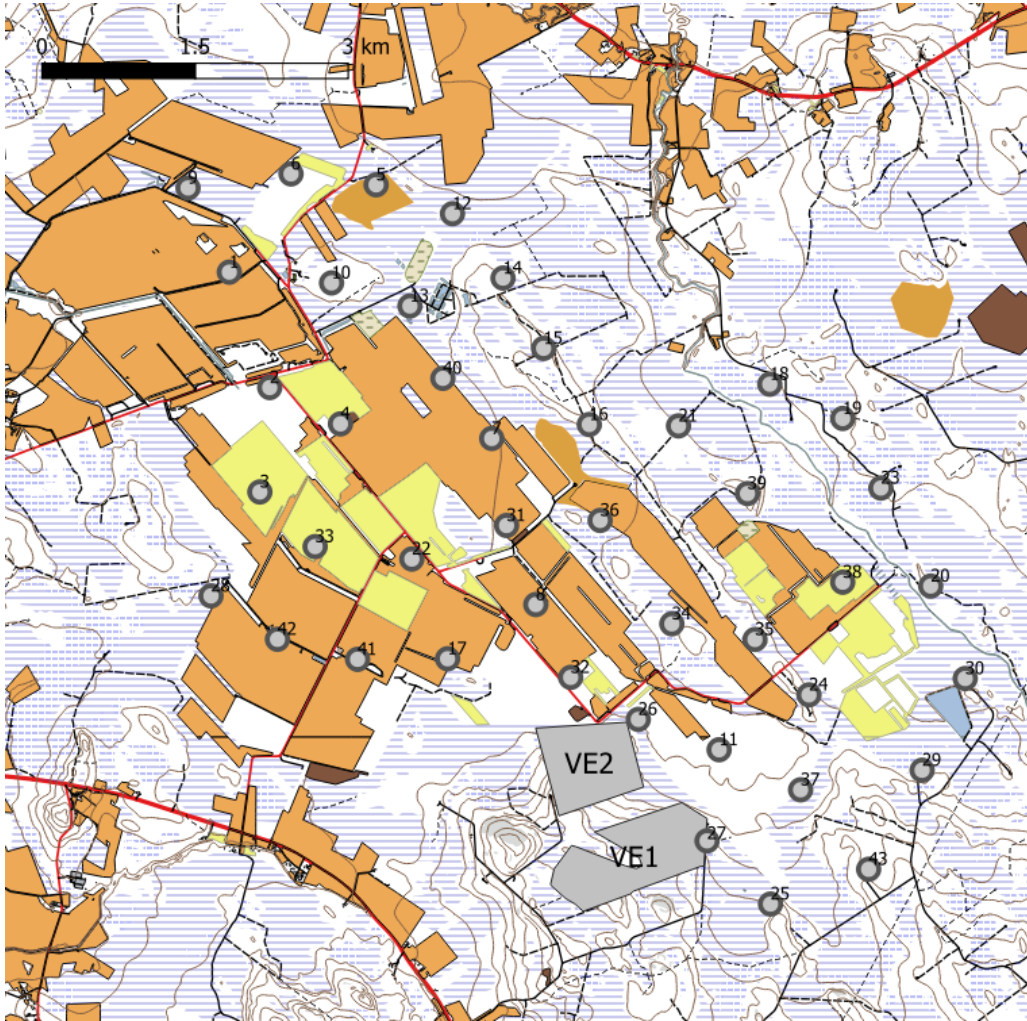
Koska vaihtoehto VE3 vastaa täysin vaihtoehtojen VE1 ja VE2 tilanteita, ei VE3 tuloksia ole esitetty erikseen, vaan tulokset VE3:lle vastaavat VE1 ja VE2 tuloksia silloin kun töitä tehdään näillä alueilla.

Pölymallinnuksessa käytetyt laskentavaihtoehdot on esitetty taulukossa 1. Louhinnan suunniteltujen toimintojen sijoitus on esitetty karttapohjalla kuvassa 2.

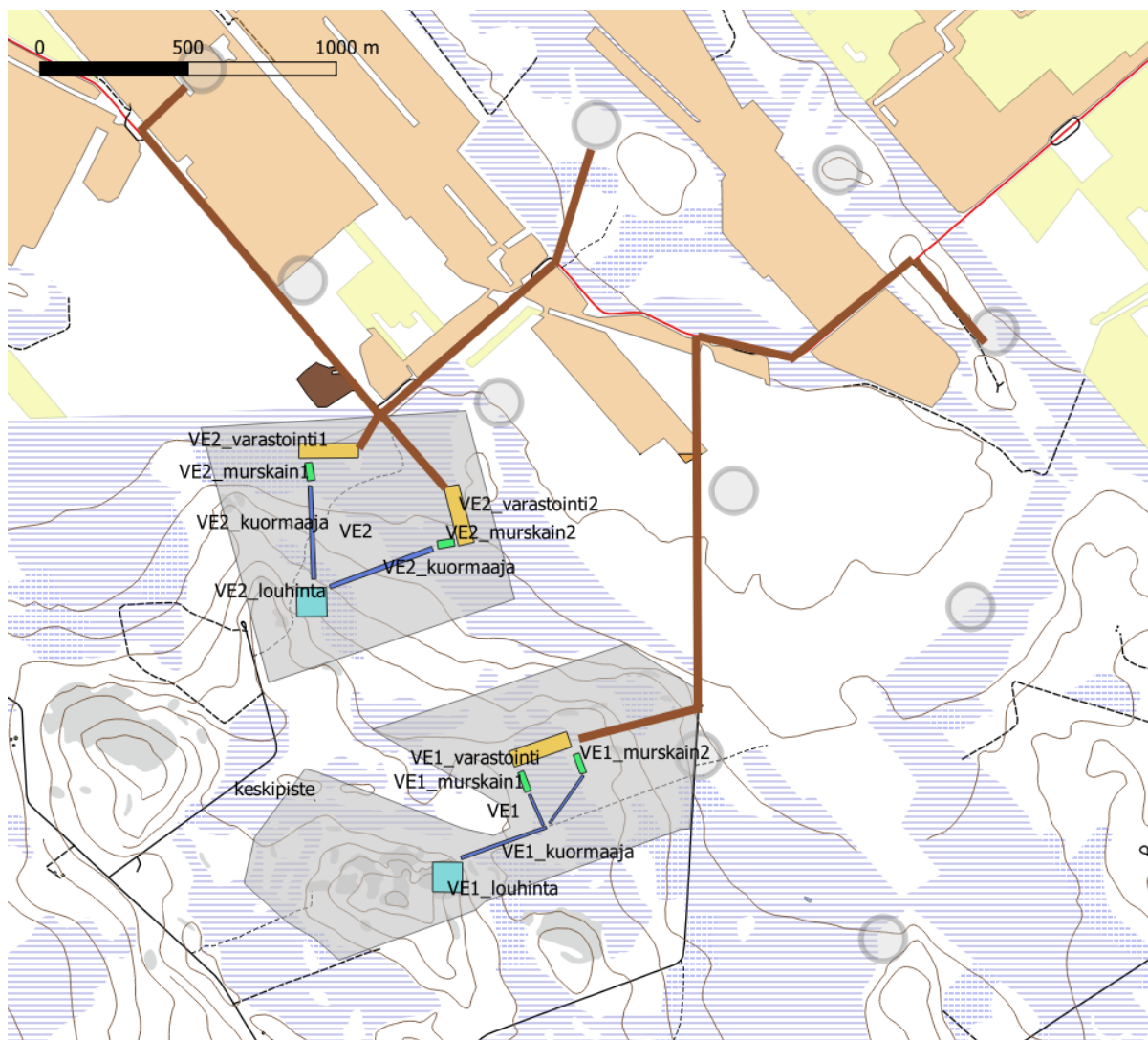
Aluelle mahdollisesti tulevan betonitehtaan tai sinne menevien kuljetusten pölypäästöjä ei tässä ole huomioitu. Nykyisten betonitehtaiden pölypäästöt ovat pieniä.

Taulukko 1: Laskentavaihtoehdot

Vaihtoehto	Kuvaus
VE1	- Louhinta alueella VE1 - Toiminnot alueella VE1: poraus, räjäytys, rikotus, kuljetus murskaimelle, murskaus, kasaus, lastaus - Toiminnot muualla: kuljetus, kippaus
VE2	- Louhinta alueella VE2 - Toiminnot kuten VE2: poraus, räjäytys, rikotus, kuljetus murskaimelle, murskaus, kasaus, lastaus
VE3	Sekä VE1 että VE2 käytössä



Kuva 1: Louhintapaikat VE1 ja VE2, sekä suunnitellut tuulivoimalan paikat Piipsannevan hankealueelle (Piipsannevan YVA-vaihtoehto VE2)



Kuva 2: Toimintojen sijoittelu VE1 ja VE2 vaihtoehdoilla

3 Laskentamenetelmät ja lähtötiedot

3.1 Laskentamalli

Päästöjen leviäminen arvioitiin kaasumaisten epäpuhtauksien ja leijailevan pölyn leviämisen mallintamiseen kehitetyllä AERMOD-ohjelmistolla. Ohjelmiston on kehittänyt ja sitä ylläpitää Yhdysvalloissa U.S. EPA, liittovaltion ympäristön-suojeluviranomainen. Malli soveltuu yksi- ja monipiippu- sekä viiva- ja pinta-lähteiden päästöjen mallintamiseen ja se ottaa huomioon sää- ja maasto-olosuhteet. Leviämismallin perustana on analyttinen Gaussin jakaumaan perustuva leviämisyhtälö, joka olettaa päästön laimenevan pysty- ja vaakasuunnassa Gaussin jakauman mukaisesti. Jakauman hajontaparametrit arvioidaan erikseen jokaiselle tunnille tuulen nopeuden ja ilmakehän alakerroksen stabiilisuusluokan

perusteella. Laskenta suoritetaan yleensä noin 3 – 5 vuoden säätietojen perusteella. Ohjelmisto ja sen ominaisuudet on esitelty yksityiskohtaisemmin verkkosivustolla <http://www.epa.gov/scram>.

3.2 Malliin liittyviä epävarmuustekijöitä

Leviämismallilaskelmilla saatavien tulosten luotettavuuteen vaikuttavat malliin syötettävät lähtötiedot sekä itse mallin toiminta. Mallilaskelmilla kuvataan ilmiöiden tavanomaista kehittymistä pitkällä aikavälillä yksinkertaistaen jossain määrin todellisuutta. Malliin sisältyy olettamuksia ja yksinkertaistuksia, jotka ovat välttämättömiä mallin toiminnan ja lähtötietojen puutteellisen saatavuuden vuoksi.

Laskennan tuloksen saadut keskiarvopitoisuudet edustavat vallitsevaa pitoisuustilannetta pidemmällä ajanjaksoilla. Enimmäispitoisuudet edustavat puolestaan lyhytkestoisempia episoditilanteita, jolloin meteorologinen tilanne on paikallisesti päästöjen laimenemisen ja sekoittumisen kannalta epäedullinen.

Yleensä leviämismallilaskelmien tuloksiin liittyy epävarmuutta sitä enemmän, mitä lyhyemmän jakson pitoisuusarvoista on kyse. Näin ollen ilmanlaatuvaikutuksia arvioitaessa tarkastellaan tyypillisesti vuosiraja-arvoon ja vuorokausi-ohjearvoihin verrannollisia pitoisuustasoja.

3.3 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Pölypäästöjen aiheuttamalle ilman pölypitoisuudelle on Suomessa määritetty raja-arvot ilmanlaatuasetuksessa. Ilman pölypitoisuutta on tässä arvioitu kahden suureen osalta: PM₁₀ pitoisuus mittaa hengitysteihin kulkeutuvien alle 10 µm läpimittaisten hiukkasten pitoisuutta ilmassa, yksikkönä µg/m³. TSP pitoisuus mittaa kaikkien leijuvien hiukkasten pitoisuutta, yksikkönä myös µg/m³. TSP pitoisuutta sanotaan myös kokonaisleijumaksi.

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) osalta keskimääräiselle vuosipitoisuudelle on määritetty yläraja 40 µg/m³, ja keskimääräiselle vuorokausipitoisuudelle yläraja 50 µg/m³. Vuoden aikana vuorokausipitoisuuden ylityksiä sallitaan kuitenkin enintään 35 kappaletta (~ 10 % vuorokausipitoisuuksista), mikäli siis ylityksiä on 36 kappaletta, on raja ylittynyt. Kokonaisleijumalle (TSP) ei ole määritelty raja-arvoa.

Raja-arvojen lisäksi ilman haitta-aineiden pitoisuuksille on määritelty ohjearvoja, joiden ylittyminen olisi pyrittävä estämään ennakolta. PM₁₀ pitoisuuksille on määritelty ohjearvo kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokauden keskipitoisuudelle, joka ei saa ylittää arvoa 70 µg/m³. TSP pitoisuuden vuosikeskiarvon ylärajaksi on ohjeistettu 50 µg/m³, ja vuoden aikana vuorokausipitoisuuden 120

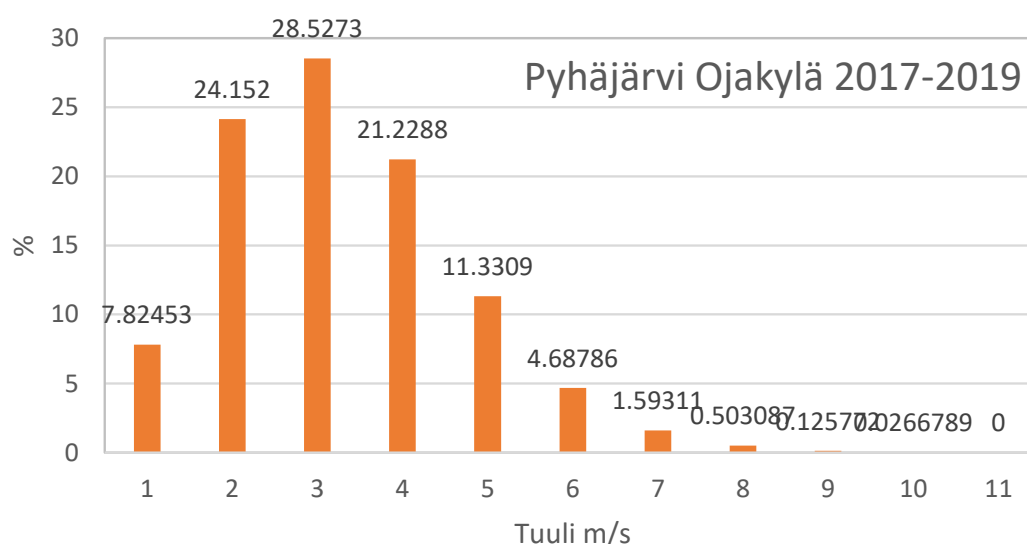
$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien lukumäärän ylärajan ohjearvo on 7 d (98. prosenttipiste) (ymparisto.fi, 2022).

3.4 Maastotiedot

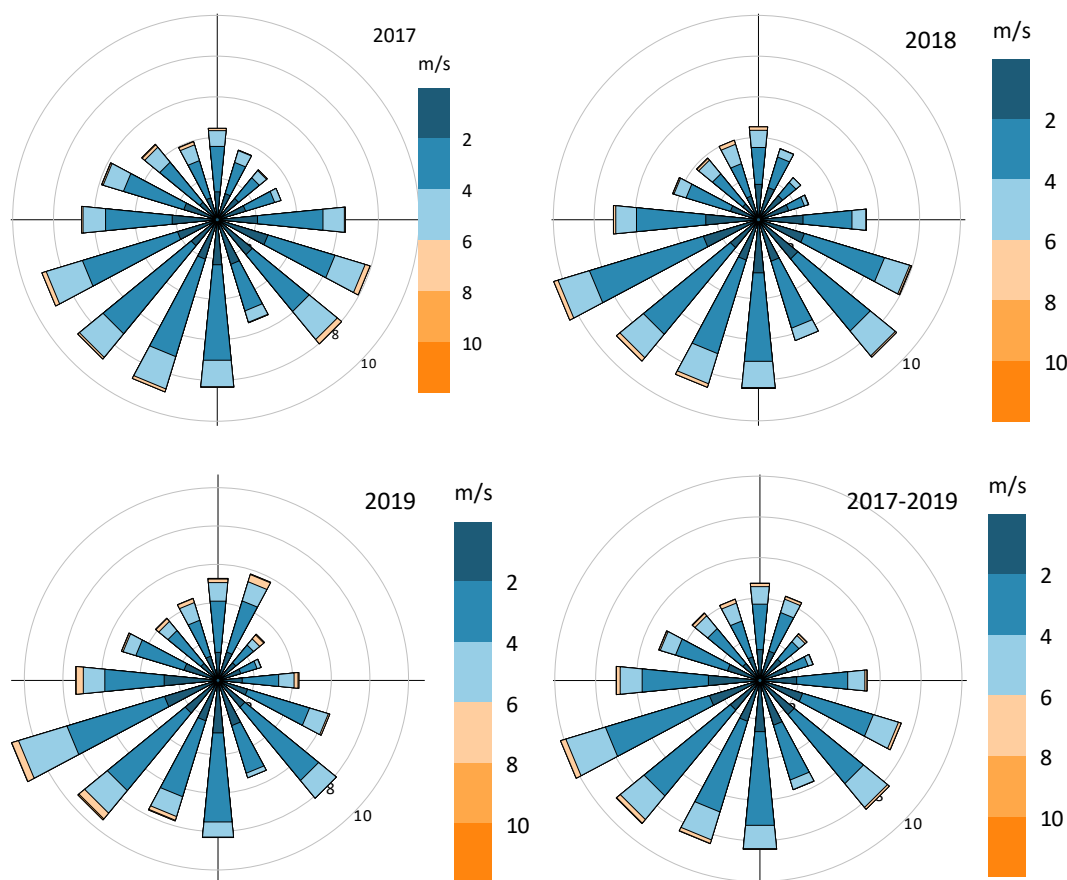
Korkeustiedot malliin saatiin maanmittauslaitoksen 10 m vaakatarkkuuden korkeusmallista (Maamittauslaitos 2022), ja Corine-2018 maankäyttödatasta (Suomen ympäristökeskus, 2022). Louhosten työskentely- ja varastoalueet tasattiin korkeusmallin siten että VE1 alue asetettiin tasolle 113 m, ja VE2 alue tasolle 102 m. Korkeustasot vastaavat suunnilleen louhinnan pohjatasoa.

3.5 Tuulitiedot

Laskennan säätietona käytettiin Pyhäjärven Ojakylän sääasemalta mitattuja arvoja kolmen vuoden ajalta (2017-2019). Mittaukset on suorittanut Ilmatieteenlaitos, mittaukset haettiin kuitenkin NOAA:n ftp-palvelusta (NOAA 2022). Mittausasema sijaitsee kohdealueelta noin 40 km etelään (Ilmatieteenlaitos 2022). Tuulen ja lämpötilan osalta sääaseman arviointiin edustavan lähialueen säätä hyvin. Tuulijakaumat vuosille 2017-2019 on esitetty kuvassa 4, ja vastaava tuulen nopeusjakauma kuvassa 3. Yleisin tuulen suunta on länsilounas ja tyypillisin tuulen nopeusluokka 2.5 – 3.5 m/s. Tuulen keskinopeus oli 3,3 m/s.



Kuva 3. Tuulen nopeusjakauma jaksolta 1.1.2017 – 31.12.2019.



Kuva 4. Tuulen suuntajakaumat (%) vuosille 2017 - 2019.

Mallin tuuliprofiilitiedot konstruointiin ECMWF:n ERA5-reanalysis-säätietojen pohjalta (C3S, 2017). Suomessa tuuliprofiileja mitataan Jokioisissa ja Sodankylässä, jotka molemmat sijaitsevat varsin kaukana kohdealueelta.

3.6 Sadepäivät

Sadantatietoina käytettiin Haapaveden Mustikkamäen sääaseman sadantatietoja. Kolmen vuoden 2017-2019 jaksolta keskimääräinen sadepäivien määrä (sadanta > 0,5 mm/d) oli 133 d/a eli 36 %.

3.7 Pölykuormitukset ja laskentaperusteet

Kuormituslähteet ja käytetyt kuormituskohtaiset laskentakaavat alueelle kuormitustyyppin mukaan on esitetty taulukossa 2. Kuormitusarviointi perustuu MINERA-hankkeen eri lähteistä keräämiin menetelmiin (Kauppila et al. 2013).

Pölykuormitukset laskettiin eri vaihtoehdoille jatkuvana kuormituksena, ts. siten, että toiminta on käynnissä koko vuoden niin, että töitä tehtiin arkipäivinä kahdessa vuorossa. Pölypäästöille haettiin yläarviota, eli tavoitteena oli mallintaa pahin mahdollinen tilanne. Todelliset louhoksen toiminnasta aiheutuvat pölypäästöt ovat siten todennäköisesti pienempiä kuin tässä lasketut arvot. Esim. kuljetuksen pölypäästöjä vähentävät ainakin seuraavat tekijät: talviolosuhteet (vaikutus kuljetusten osalta jopa 95% vähennys, De Beers, 2012) ja aktiiviset pölyntorjuntatoimenpiteet, kuten teiden kastelu.

Hankealue on uusi, joten pölyn leviämistä ei ole seurattu mittauksilla, eikä tästä johtuen mallin antamia tuloksia ole voitu verrata mittauksiin.

Suurimmat pölykuormitukset alueella aiheutuvat murskauksesta, lastauksista ja kuljetuksista. MINERA-loppuraportissa (Kauppila et al. 2013) ei ole kovin selvästi huomioitu sateen vaikutusta kuljetusten pölypäästöihin. Sadepäivien vaikutus voidaan ottaa huomioon kuljetusten osalta EPA:n ohjeistuksen mukaisesti (EPA 2006) käyttämällä kuljetuksen aiheuttamalla pölypäästölle sadepäivien määrästä riippuvaa korjauskerrointa. Sadantapäivät otettiin tässä huomioon kuljetusten pölykuormituksessa siten, että kuljetuksen aiheuttama pölykuormitus kerrotaan sadantavähennyksellä $(365-r)/365$, missä r on niiden päivien lukumäärä, joina sadanta ylittää 0,5 mm/d. 2017 - 2019 jaksolle tällaisten sadepäivien lukumäärä oli 133 d/a, mistä saadaan korjauskertoimelle arvo 0,66.

Taulukko 2: Kuormitusten laskentaperusteet eri toiminnoille, laskentakaavat Kauppila et.al (2013) mukaan, ellei muuta mainittu.

Louhinta	
Poraus	PM ₁₀ : 0.3 kg/räjäytysreikä (syvyys 15m) TSP: 1.92 x PM ₁₀ , porausteho 3 reikää/h (Nykyään voidaan käyttää pölynpoistolla varustettua porauslaitteistoja, jolloin porauksen pölypäästö on lähellä nollaa)
Räjäytys	PM ₁₀ : $0.52 * 344 * A^{0.8} / (M^{1.9} * D^{1.8})$ kg/räjäytys, A=ala(m ²), M=kosteus %, D=räjäytysreikien syvyys (m) TSP: 1.92 x PM ₁₀
Rikottaminen	ei huomioitu, vähäiset päästöt
Kiven/murskeen käsittely	
Kuormaus tai kippaus	PM ₁₀ : $K * 0.44 * 0.025$ kg/tn, missä K lastausmäärä (tn) TSP: $K * 0.025$ kg/tn
Kuljetus kiviautolla	PM ₁₀ : $281,9 * 1,5 * (s/12)^{0.9} * (W * 0,368)^{0.45}$ g/km,

	missä W on ajoneuvon paino (tn), ja s tien hienoainepitoisuus (%). Kastelu vähentää kuormitusta noin 75%. TSP: $281,9 * 4,9 * (s/12)^{0.7} * (W * 0,368)^{0.45}$ g/km
Murskaus	PM ₁₀ : 0,02 kg/t TSP: 0,2 kg/t
Kasat	
Tuulen aiheuttama pölyäminen	Ei huomioitu

3.8 Kuormitukset

Kokonaislouhintamäärä on arvioitu olevan 1 100 000 m³ (krt), joka louhintaan kahden vuoden aikana. Tässä oletetaan louhinnan, murskauksen, välivaraston ja aineiden siirtämisen toimivan keskimäärin louhintaa vastaavalla teholla. Tuntia kohti tästä saadaan 370 tn/h, kun käytetään taulukossa 3 esitettyjä parametriarvoja. Kuormitukset ovat skenaariolla VE1 ja VE2 samoja. Kuormitusten sijainti näkyy kuvan 2 kartassa. Kuormitukset on esitetty taulukossa 4 yksikkönä kg/h, ja tieosuuksille kg/h kilometriä kohti.

Taulukko 3: Tuntimäärän laskentaperusteet.

Toiminta	Perusteet
Louhinta	keskimäärin
550000 m ³ /a	kokonaismäärä vuodessa
370 tn/h	tiheys 2,8 tn/m ³ , 52 vko, 5 d/vko, 16 h/d,
Kuljetus	
10,6 kpl/h	35 t/kpl, edestakainen liikenne 21,2 kpl/h, klo 6 – 22

Taulukko 4: Pölykuormitukset

Alue		Teho	PM10, kg/h	TSP kg/h
Louhinta	Poraus	1 pora	0,9 kg/h	1,7 kg/h
Louhinta	Räjäytys (150 m ²)	1 x d	6 kg/kerta	12 kg/kerta
Kuormaaja	Rikotus	370 tn/h	0 kg/h	0 kg/h
Kuormaaja	Kuljetus murskaimelle (sadevähenyksellä)	370 tn/h	6,5 kg/h (4,86 kg/h)	25,0 kg/h (18,75 kg/h)

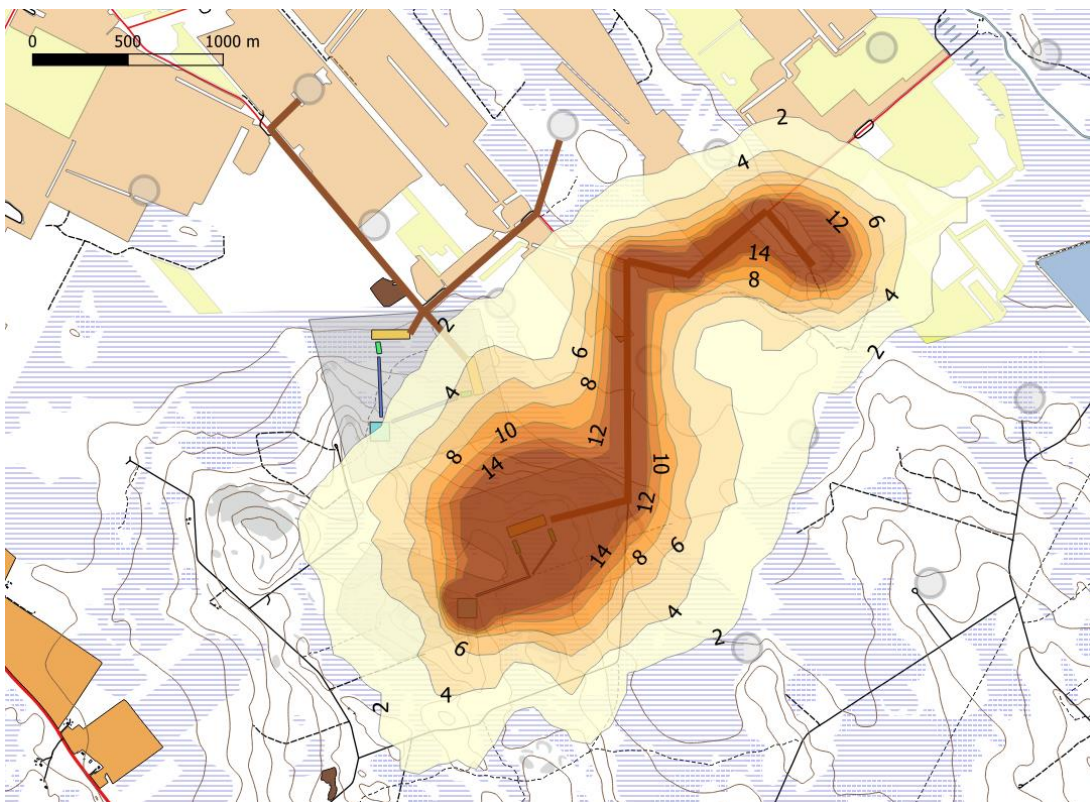
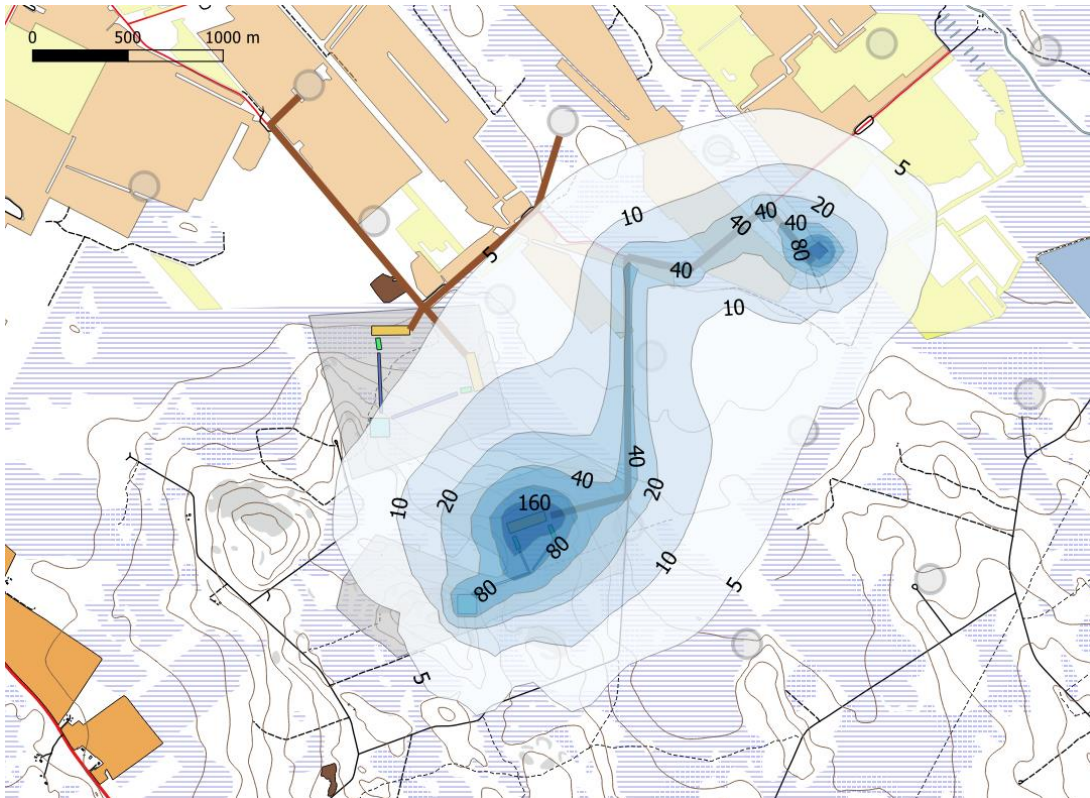
Murskain	Murskaus	370 tn/h	7,4 kg/h	74 kg/h
Varastointi	Murskeen kasausta varastoon	370 tn/h	4,1 kg/h	9,3 kg/h
Varastointi	Murskeen kuormaus	370 tn/h	4,1 kg/h	9,3 kg/h
Tiet				
T1	Kuljetus kohteeseen, 35t dumpperi, matka keskimäärin 4 km yhteen suuntaan (suluissa sadevähennyksellä)	25 km/h	Meno 0,75 kg/km/ajo, paluu 0,47 kg/km/ajo keskim. 0,6 kg/km, yht. 6,4 kg/km/h (4,8 kg/km/h)	Meno 2,9 kg/km/ajo, paluu 1,8 kg/km/ajo, keskim. 2,47 kg/km, yht. 24,9 kg/km/h (18,7 kg/km/h)
T2	Kippaus kohteessa		4,1 kg/h	9,3 kg/h

4 Tulokset, VE1

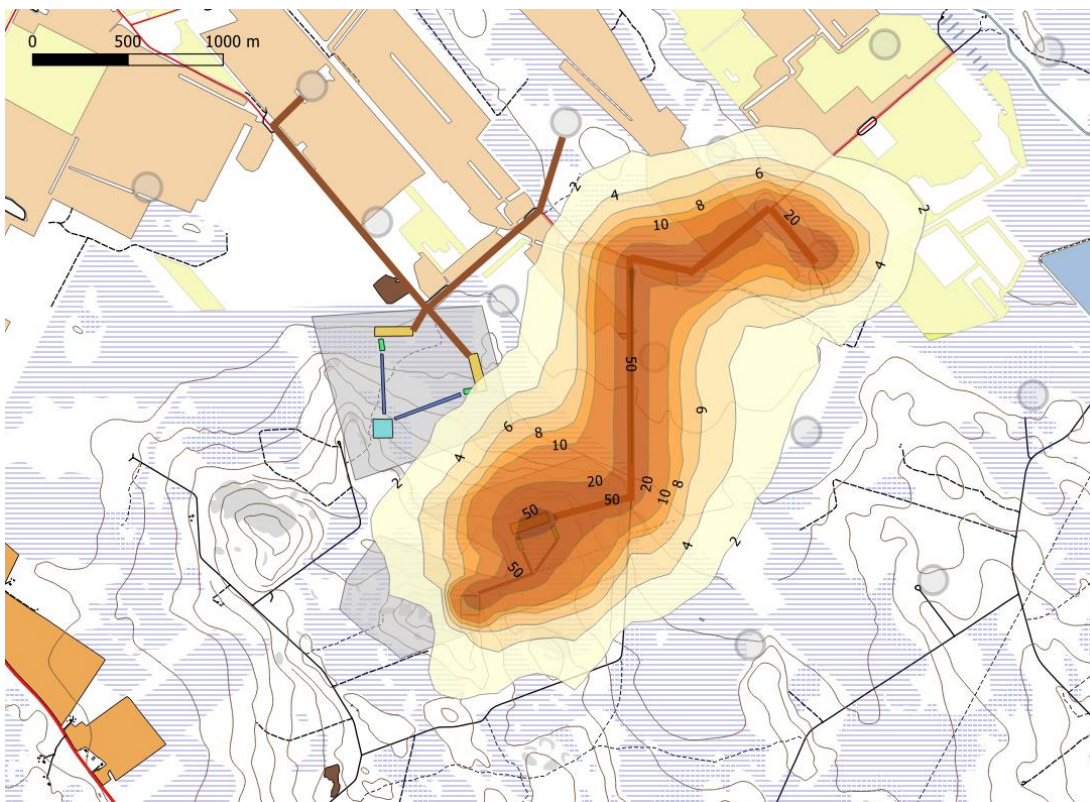
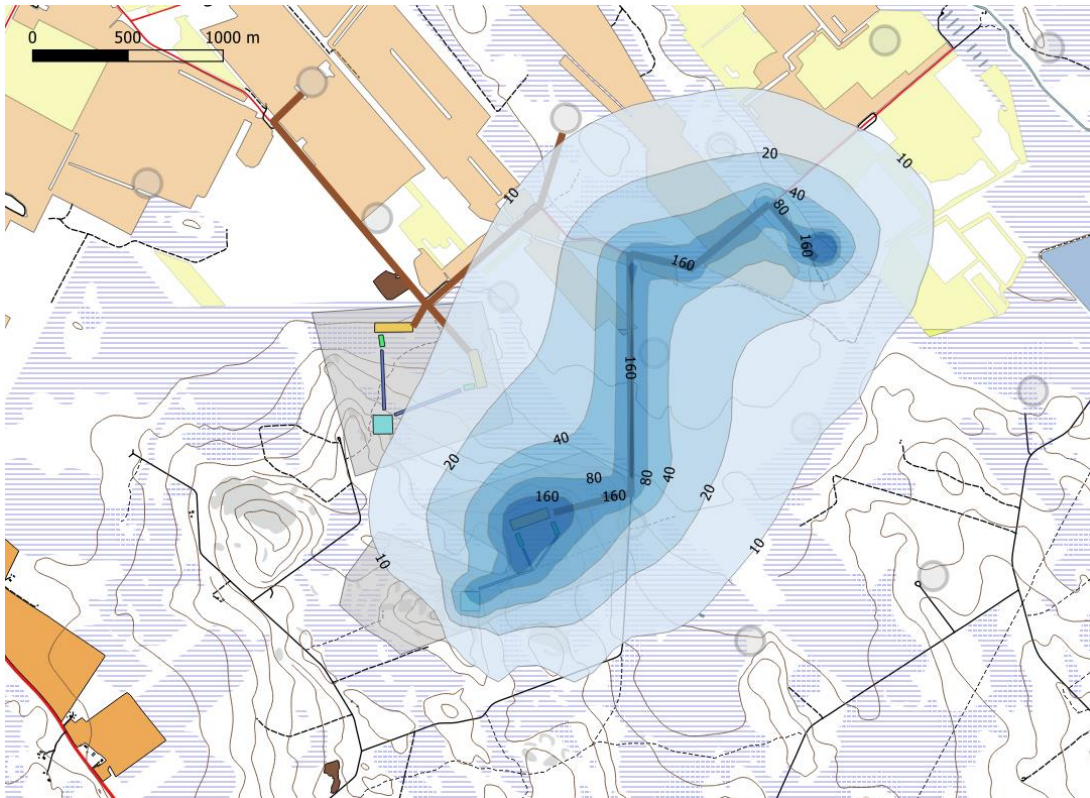
Vaihtoehdossa VE1 tuulivoimalapaikoille (ts. rakennuskohteille) vievä liikenne on kuvattu sijaitsevan samassa pisteessä koko laskentajakson ajan. Muun kuin lähialueen osalta pitoisuudet kuvaavat siis PM10 ja TSP pitoisuuksia yhden rakennettavan kohteen lähellä silloin kun kyseistä kohdetta rakennetaan. Rakentamisen on arvioitu kestävän enintään kaksi viikkoa, minkä jälkeen rakentaminen siirtyy toiseen kohteeseen.

Vaihtoehtoon VE1 PM10 hiukkasten leviäminen on esitetty kuvassa 5 vuosikeskipitoisuutena ja niiden päivien määränä, jona vuorokauden keskipitoisuus ylittää $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosikeskipitoisuus ei saisi ylittää $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuutta ja $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ keskipitoisuuden ylittävien päivien lukumäärän pitäisi jäädä alle 10 % kaikista päivistä.

Vaihtoehtoon VE1 TSP hiukkasten leviäminen on esitetty kuvassa 6 vuosikeskipitoisuutena ja niiden päivien määränä, jona vuorokauden keskipitoisuus ylittää $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosikeskipitoisuus ei saisi ylittää $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuutta ja $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ keskipitoisuuden ylittävien päivien lukumäärän pitäisi jäädä alle 7 päivää, eli 2 % kaikista päivistä.



Kuva 5. Vaihtoehto VE1, PM10 vuoden keskipitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja PM10 pitoisuuden $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien osuus vuoden päivistä (%).



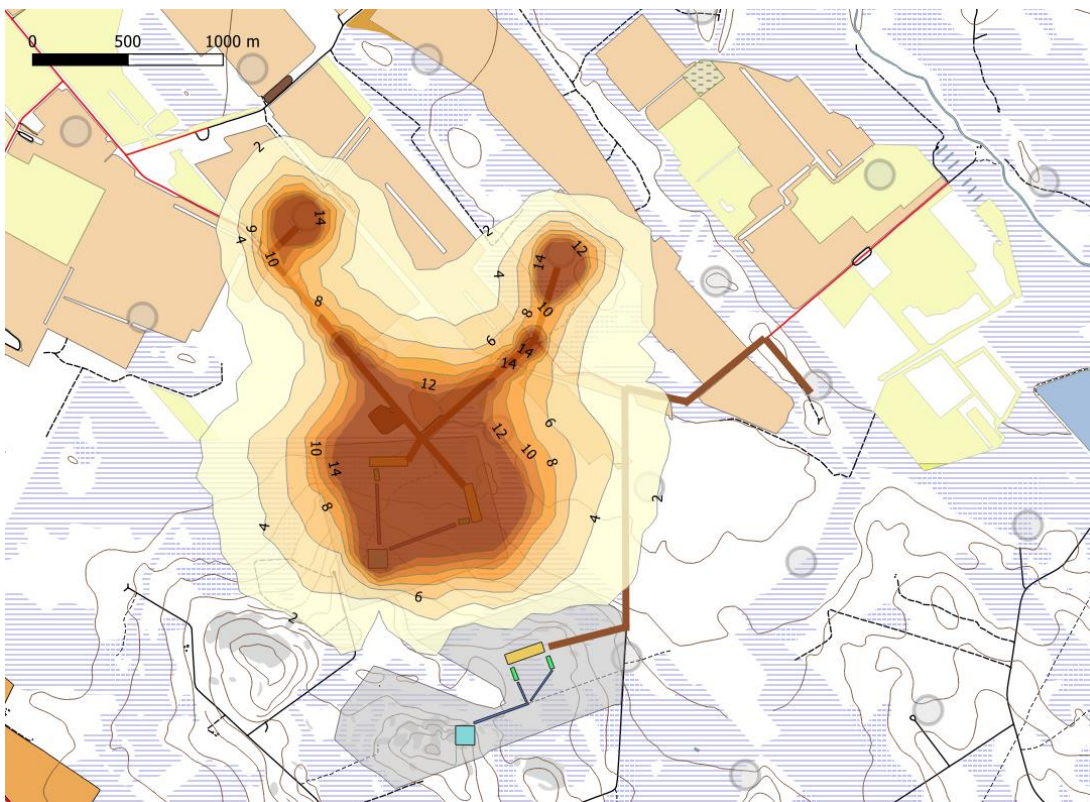
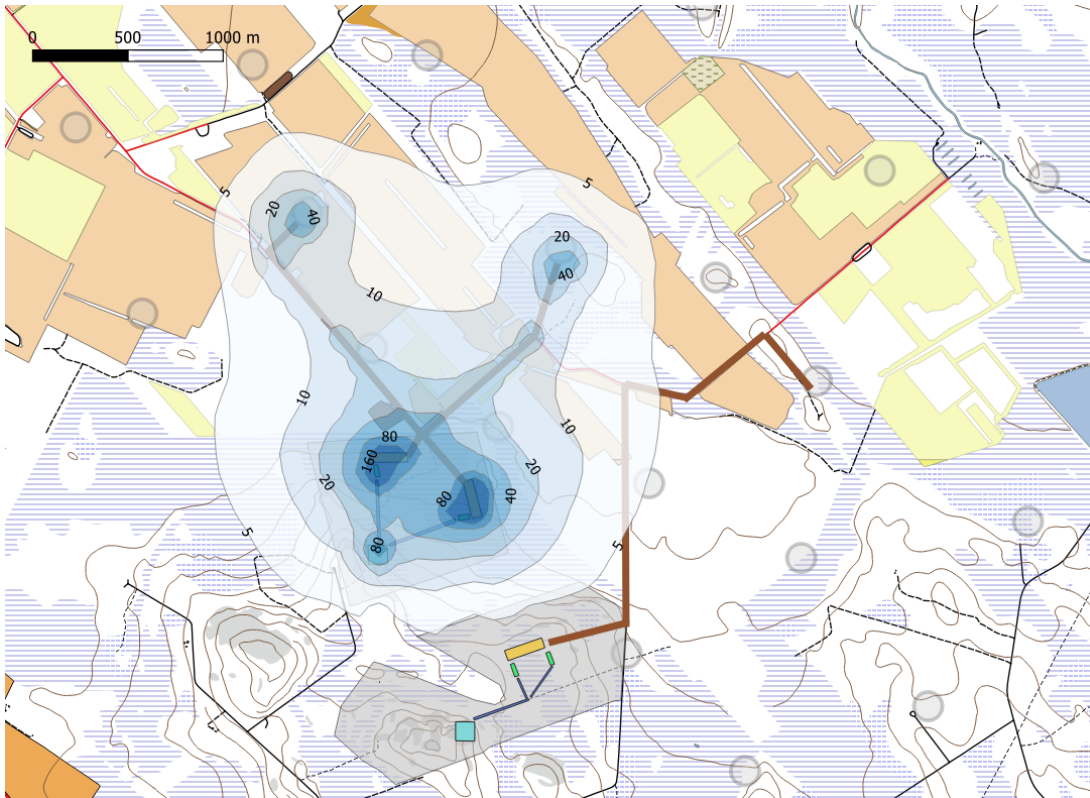
Kuva 6. Vaihtoehto VE1, TSP vuoden keskipitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja PM10 pitoisuuden $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien osuus vuoden päivistä (%).

5 Tulokset, VE2

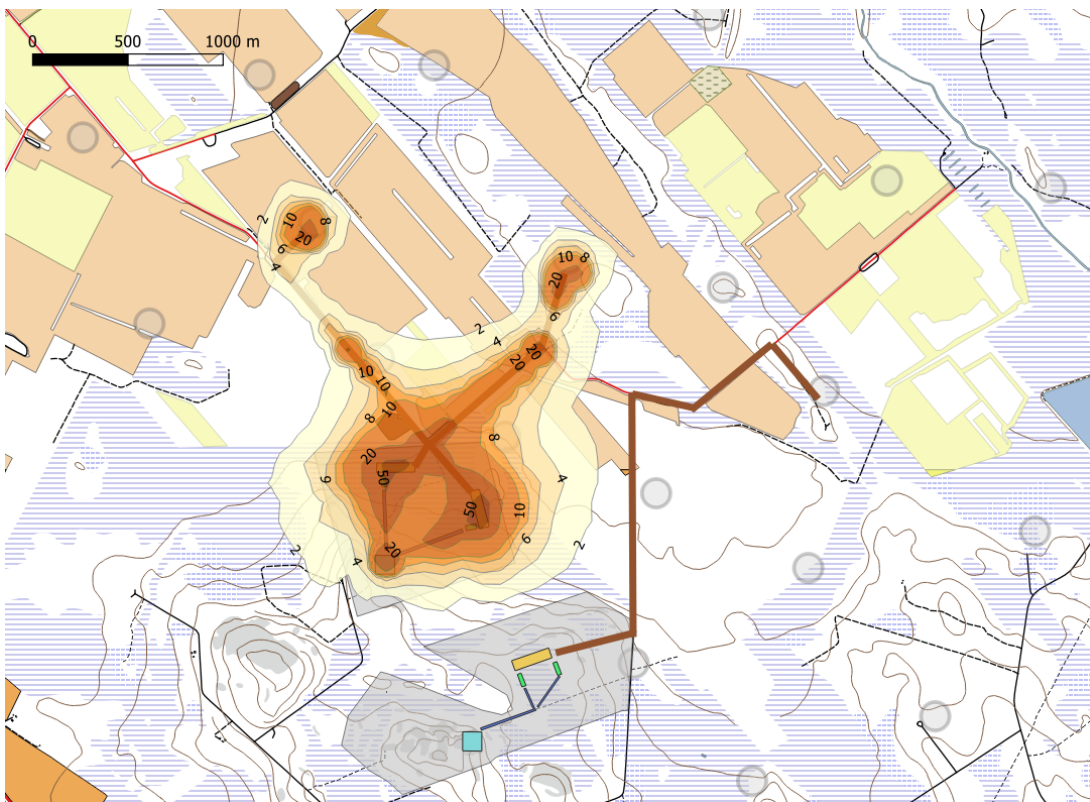
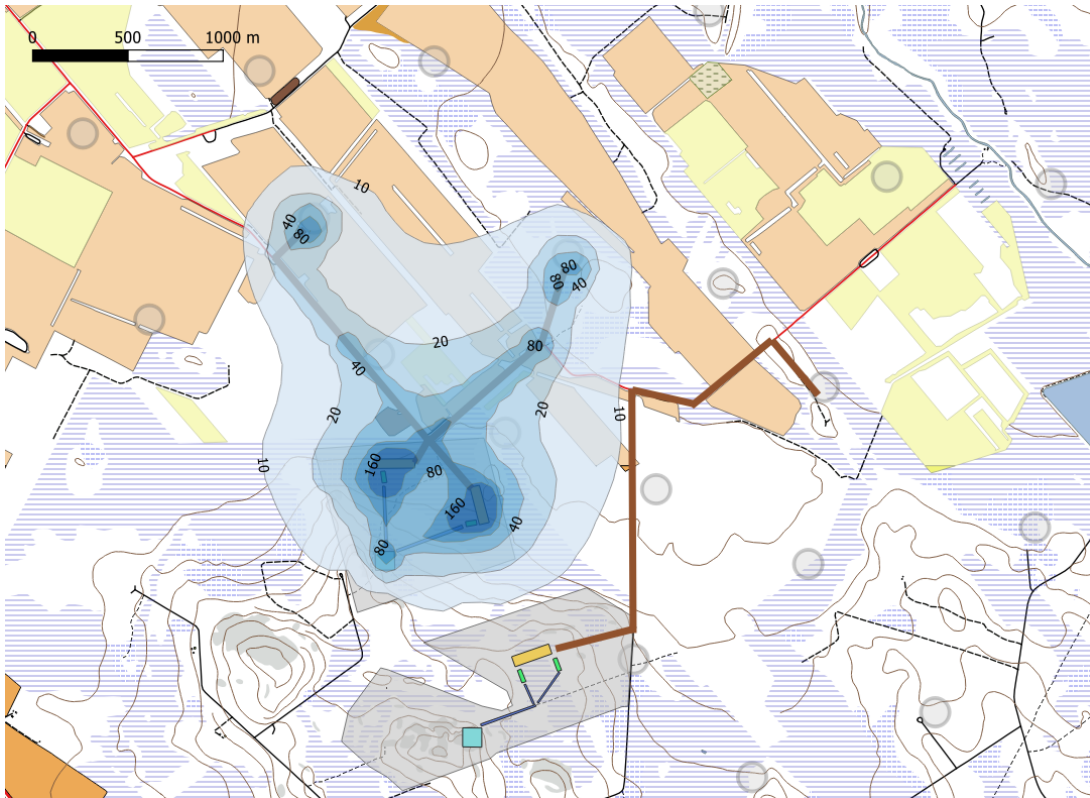
Vaihtoehdossa VE2 tuulivoimalapaikoille (ts. rakennuskohteille) vievä liikenne on kuvattu ajettavaksi kahteen paikkaan koko laskentajakson ajan. Muun kuin lähialueen osalta pitoisuudet kuvaavat siis PM10 ja TSP pitoisuuksia rakennettavan kohteen lähellä silloin, kun kahta kohdetta rakennetaan samaan aikaan. Liikenne yhdelle rakennuspaikalle on siis tässä vaihtoehdossa puolet siitä, mitä vaihtoehdossa VE1. Yksittäisen kohteen rakentamisen on arvioitu kestävän enintään neljä viikkoa (puoliteholla), minkä jälkeen rakentaminen siirtyy muihin kohteisiin.

Vaihtoehdon VE3 PM10 hiukkasten leviäminen on esitetty kuvassa 7 vuosikeskipitoisuutena ja niiden päivien määränä, jona vuorokauden keskipitoisuus ylittää $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosikeskipitoisuus ei saisi ylittää $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuutta ja $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ keskipitoisuuden ylittävien päivien lukumäärän pitäisi jäädä alle 10 % kaikista päivistä.

Vaihtoehdon VE3 TSP hiukkasten leviäminen on esitetty kuvassa 8 vuosikeskipitoisuutena ja niiden päivien määränä, jona vuorokauden keskipitoisuus ylittää $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosikeskipitoisuus ei saisi ylittää $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuutta ja $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ keskipitoisuuden ylittävien päivien lukumäärän pitäisi jäädä alle 7 päivää, eli 2 % kaikista päivistä.



Kuva 7. Vaihtoehto VE2, PM10 vuoden keskipitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja PM10 pitoisuuden $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien osuus vuoden päivistä (%).

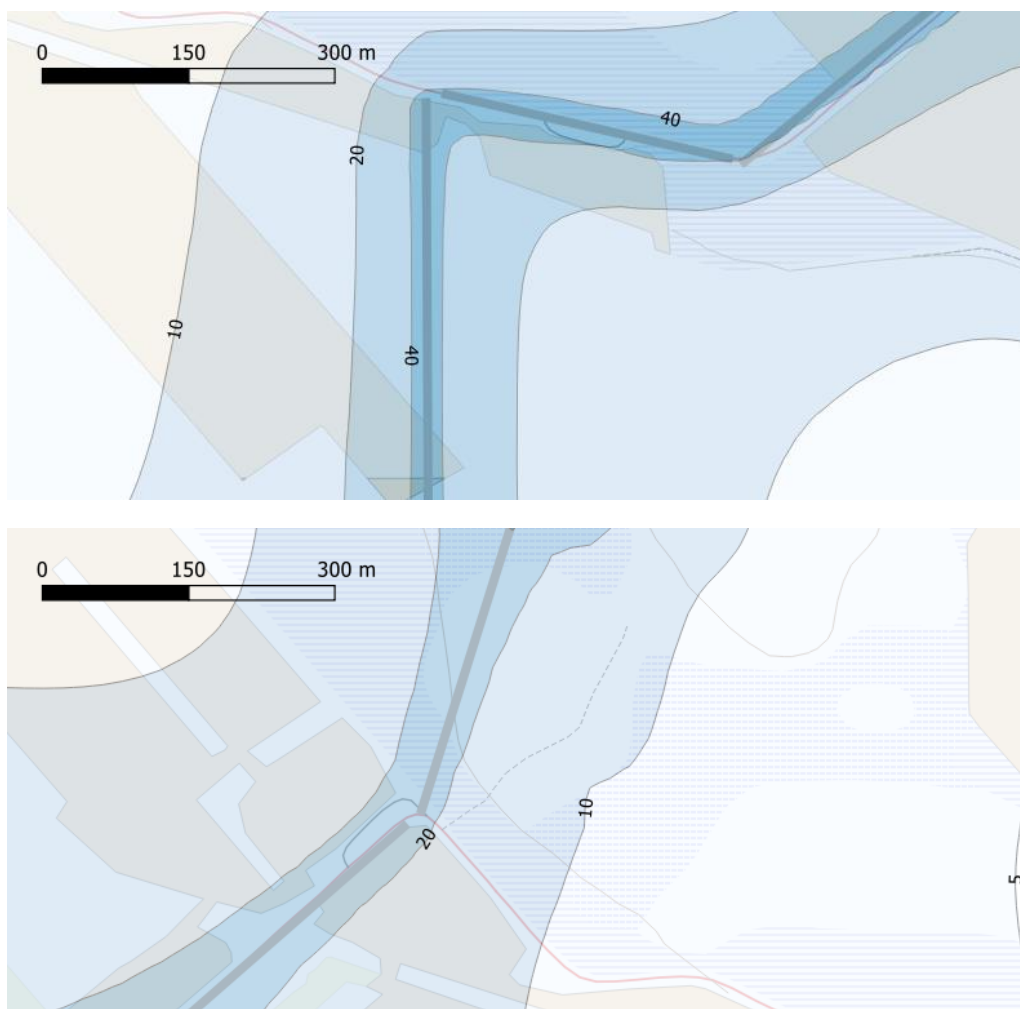


Kuva 8. Vaihtoehto VE2, TSP vuoden keskipitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja PM10 pitoisuuden $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien osuus vuoden päivistä (%).

6 Kuljetusten aiheuttama pölyäminen

Tiekuljetusten aiheuttamat pölypäästöt ovat mukana vaihtoehtojen VE1 ja VE2 laskennassa. Kuvassa 9 on lisäksi esitetty tarkempi visualisointi hiekkatien pölyämäisestä, kun kuljetusteho on 21 tai 10,5 ohitusta tunnissa. 21 ohituksen kuljetusmäärillä keskimääräinen PM10 pitoisuus (ilman tien kastelua) ylittää $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ noin 15 – 20 m etäisyydelle tien keskilinjasta, ja yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ keskipitoisuus ylittyy noin 50 – 150 m etäisyydelle keskilinjasta kun muita kuormituksia ei ole lähistöllä.

Pienemmällä kuljetusmäärällä keskimääräinen PM10 pitoisuus ei ylitä $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tasoa. $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ keskipitoisuus ylittyy noin 30 – 40 m etäisyydelle tien keskilinjasta, kun muita kuormituksia ei ole lähialueella.



Kuva 9. PM10 keskipitoisuudet lähellä tietä, 21 kuljetusta tunnissa (ylempi kuva) ja 10,5 kuljetusta tunnissa (alempi kuva).

7 Yhteenveto

Tässä esitetyn pölykuormitus- ja leviämisarvion mukaan pölypäästöt ylittävät PM10 ja TSP vuosiraja-arvot louhosalueella, jossa toiminta on jatkuvaa. Murskeen kuljetuksen osalta pölypäästöjen vuosi-arvot ylittyivät, mikäli liikenne on jatkuvaa, lumipeitteisen ajan vähentymistä ei huomioida ja tie päällystämätön. Louhoksen lähialueella liikenne on vilkasta, mutta yksittäisen tuulivoimalan sijoituspaikalle liikennettä on muutaman viikon ajan, jolloin vuosi-arvot eivät ehdi ylittyä.

Arvion mukaan läheisten kiinteistöjen alueella vuosiraja-arvot eivät ylity. Pölyä voi ajoittain kulkeutua kiinteistöjen alueelle, mutta ei siis siinä määrin, että vuosiraja-arvot ylittyisivät.

Louhoksella suurin pölykuormitus aiheutuu murskauksesta, joiden pölypäästöt on arvioitu ilman pölynpoistolaitteistoja. Kastelua tulee käyttää BAT mukaisesti murskauksessa pölyn sidonnassa, jolloin pitoisuudet jäävät todennäköisesti mallinnusta vähäisemmiksi. Murskaimiin on myös saatavilla pölyn vähennys ja pölynpoistojärjestelmiä. Teiden pölyämistä on mahdollista vähentää kastelulla kuivina ajanjaksoina, käyttämällä alueella olevia päällystettyjä teitä silloin kun se on mahdollista, sekä pitämällä päällystetyt tiet pölyttömänä.

8 Lähdeluettelo

Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate . Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), accessed 01/2022, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>

De Beers, 2012, Determination of Natural Winter Mitigation of Road Dust Emissions from Mining Operations in Northern Canada, submitted to EPA 2006, AP-42, Compilation of Air Emission Factors, Vol I chapter 13.2.2 Unpaved roads. Report prepared by Golder Associates for De Beers Canada Inc.

Kauppila T., Komulainen H., Makkonen S., Tuomisto J., (ed.), 2013, Metallikaivosalueiden ympäristöriskin arviointiosaamisen kehittäminen, MINERA-hankkeen loppuraportti, GTK tutkimusraportti no 199.

Maanmittauslaitos, 2022, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 02/2022, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

NOAA, 2022, Integrated Surface Data, <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/noaa>

Suomen Ympäristökeskus, 2022, Corine 2018 - data Lapio-paikkatietojärjestelmästä, haettu 02/2022, <http://www.syke.fi/AVOINTIETO>

ymparisto.fi, 2022, Ilmanlaatua koskeva sääntely, www-sivu, haettu 2/2022, https://www.ymparisto.fi/fi-fi/ilmasto_ja_ilm/ilmansuojelu/ilmansuojelun_raja_ja_ohjeet

Ilmatieteenlaitos, 2022, Ilmatieteenlaitoksen havaintoasemat-sivusto, <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintoasemat>