



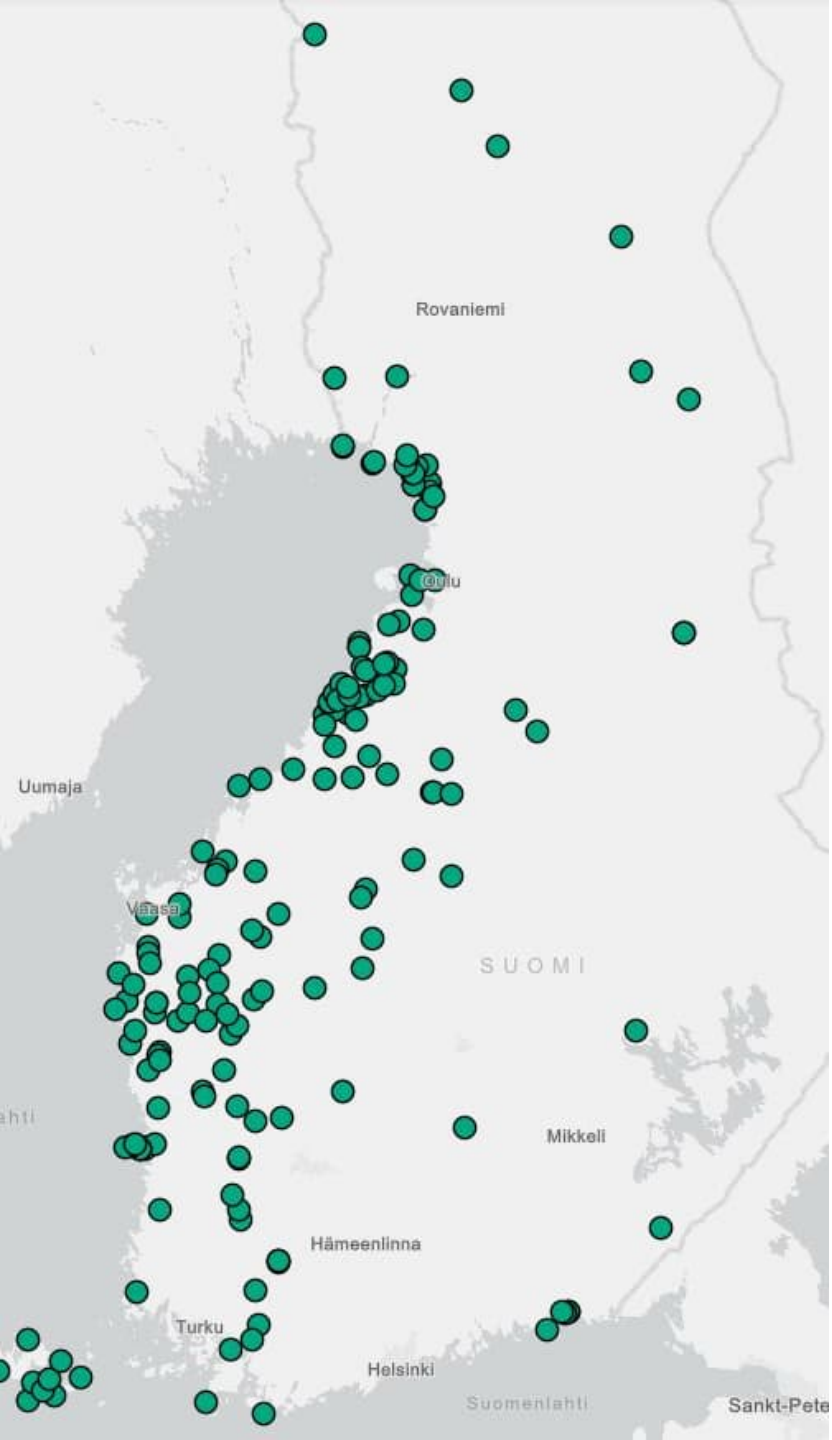
RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Melu ja välke tuulivoimaloiden ympäristövaikutuksia mitoitettaessa

Jari Hosiokangas

Valtakunnalliset meluntorjuntapäivät 23.3.2023



1. Tuulivoima Suomessa

- Suomessa vuoden 2022 loppuun mennessä yhteensä 1 393 tuulivoimalaa
- Yhteenlaskettu teho on 5 677 megawattia (MW)
- Tuotanto v. 2022 11,5 TWh (14,1 % Suomen sähkön kulutuksesta)
- Vuosien 2023-2025 aikana valmistuva kapasiteetti n. 3 200 MW (505 voimalaa)

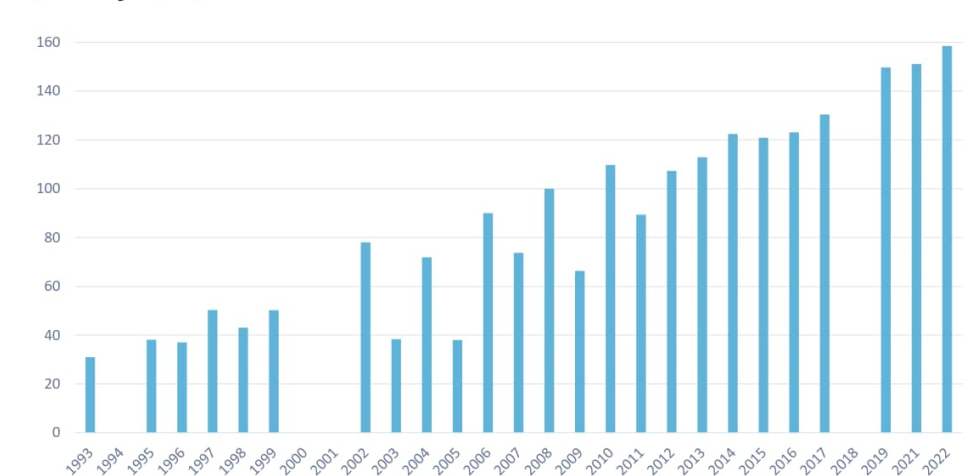
(tiedot: Tuulivoimayhdistys, 23.1.2023)

1. Tuulivoima Suomessa

- Maatuulivoimaloiden teho, napakorkeus ja roottorin halkaisija ovat kasvaneet jatkuvasti
- Keskimäärin v. 2022 asennetuissa teho 5,6 MW, napakorkeus 145 m ja roottorin halkaisija 158 m
- Edelleen kasvussa



Asennettujen voimaloiden roottorin keskimääräinen halkaisija (m)



(tiedot: Tuulivoimayhdistys, 23.1.2023)

Tuulivoimaloiden melun mallintaminen

Modellering av buller från vindkraftverk



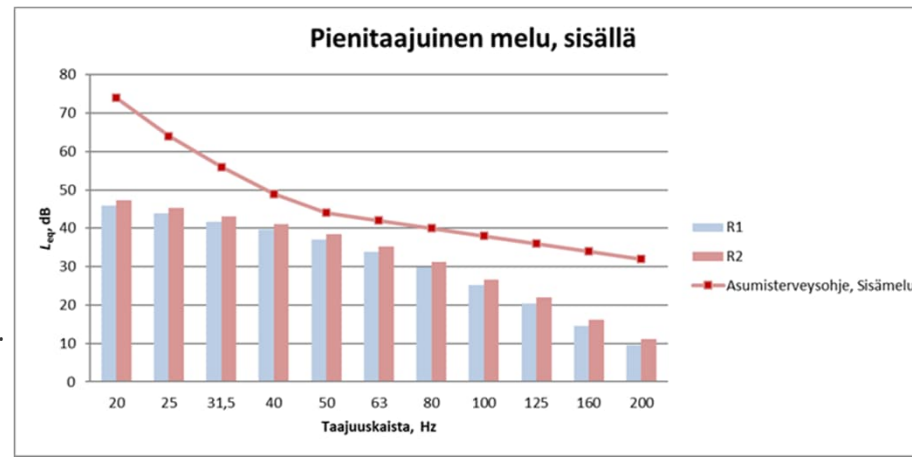
2. Voimaloiden melun arviointi

- meluvaikutuksia arvioidaan Ympäristöministeriön ohjeen 2/2014 mukaisella tavalla mallintamalla
 - YVA-vaiheessa ja yksityiskohtaisessa kaavoituksessa käytetään ISO 9613-2 mukaista melun laskentamallia keskiäänitasojen laskennassa
 - ympäristölupamenettelyssä käytetään Nord2000 –laskentamallia keskiäänitasojen laskennassa
 - Pienitaajuisen melun osalta melun leviämisen mallinnus tehdään tanskalaisen standardin DSO 1284 mukaisesti 1/3-oktaaveittain taajuusvälillä 20-200 Hz
- mallinnusparametrit ovat vakioituja
- melumallinnuksen epävarmuus sisällytetään laskennan lähtöarvoina käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön lukuarvoon



2. Voimaloiden melun arviointi

- Keskiäänitason mallinnustuloksia verrataan VNp 1107/2015 mukaisiin tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoihin
 - Päiväohjearvo 5 dB yöohjearvoa korkeampi (pl. kansallispuistot), joten käytännössä melumitoitus tehdään yöajan ohjearvolle 40 dB.
- Pienitaajuisen melun laskentatuloksia verrataan STM:n asetuksen 545/2015 mukaisiin toimenpiderajoihin asunnossa sisällä
 - Pääsääntöisesti sisämelun toimenpiderajat alittuvat silloin, kun ulkomelun keskiäänitaso alittaa sille asetetun VNp 1107/2015 ohjearvon.





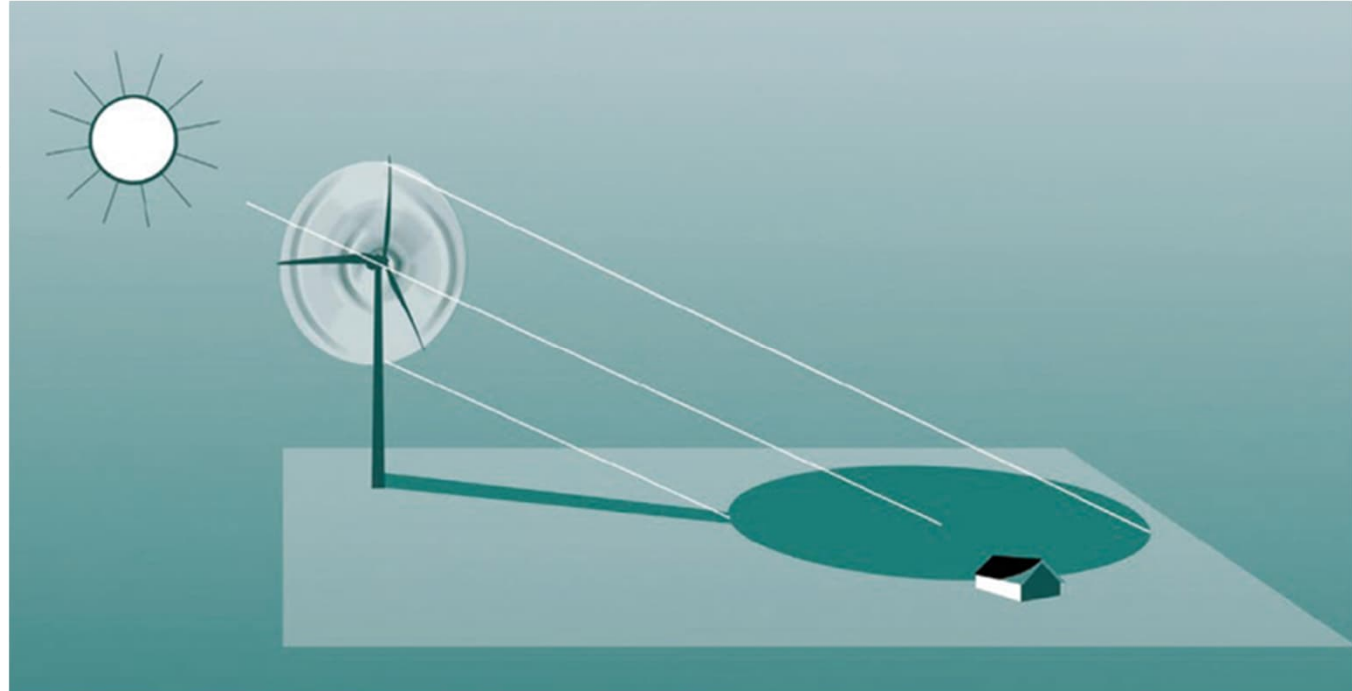
2. Voimaloiden melun arviointi

- Voimaloiden melupäästö L_{WA} ei ole kasvanut samassa tahdissa voimaloiden tehon kasvaessa
 - Valmistajat tekevät kehitystyötä
- IEC TS 61400–14 mukainen melupäästön takuarvo tulisi saada mallinnusta varten valmistajalta
 - Takuarvo sisältää mittaustuloksen + epävarmuuden
- Tyypilliset melupäästön takuarvon lukuarvot tuulivoimaloille ovat välillä L_{WA} 105-110 dB
- Sama melupäästöarvo L_{WA} eri laitosvalmistajilla voi tuottaa hieman erilaiset leviämisyöhykkeet (jos päästön taajuusjakauma erilainen)
- Napakorkeuden kasvu ei kasvata meluyöhykkeiden laajuutta (ellei jonkin vaikutusalueella olevan merkittävän maastoesteen vaikutus vähene)



3. Voimaloiden välke

- Tuulivoimala aiheuttaa liikkuvaa varjoa eli välkettä silloin, kun aurinko paistaa tuulivoimalan liikkuvien lapojen takaa katselupisteeseen (esimerkiksi asuinrakennuksen ikkuna)
- Välkettä ei synny kun on pilvistä, tuulivoimala ei ole käynnissä tai auringon asema on välkkeen muodostumiselle epäedullinen





3. Voimaloiden välkkeen arviointi

- välkevaikutusta arvioidaan mallintamalla
- worst case: suurin teoreettisesti mahdollinen välkemäärä, jolloin laskenta olettaa
 - aurinko paistaa koko päivän (ei pilviä)
 - tuulivoimalat ovat koko ajan käynnissä
 - tuulivoimalan asento jatkuvasti kohti aurinkoa
- real case: odotettavissa oleva keskimääräinen välke, pitkän ajan tilastolliset säähavaintotiedot huomioiden
 - auringonpaisteen määrä (pilvisyys), tuulen nopeus ja –suunta
 - Mallinnustulos ei ole tae yksittäisen tulevan vuoden välkemäärästä, vaan paras keskimääräinen arvio siitä



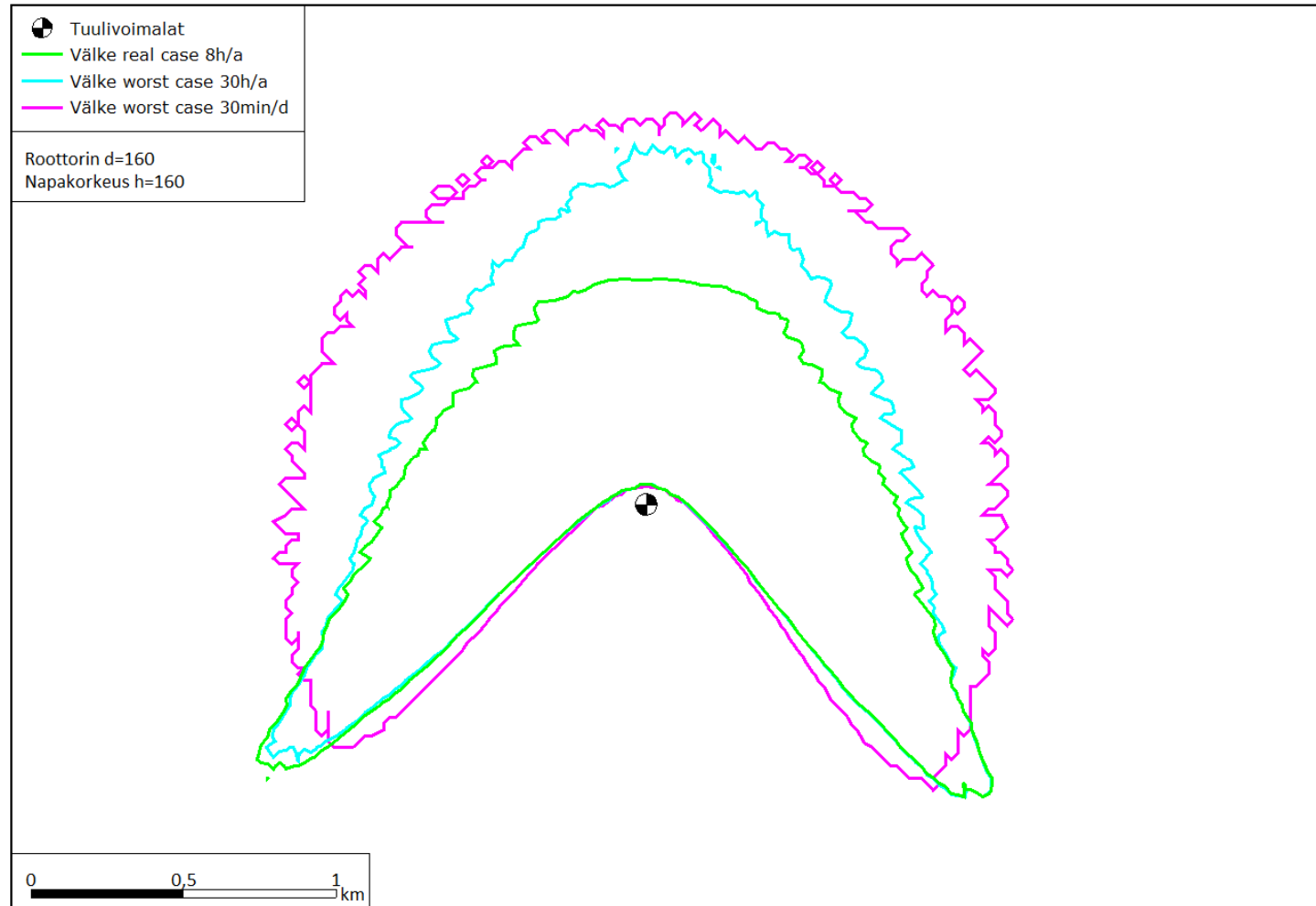
3. Voimaloiden välkkeen arviointi

- Välkkeelle ei ole Suomessa ohje- tai suositusarvoja
- Käytössä toistaiseksi Saksan, Ruotsin ja Tanskan ohjearvot
 - arvoissa pieniä eroja
- Saksan ohjearvot perustuvat tieteellisiin tutkimuksiin Saksassa v. 1999-2000
 - Worst case: 30 min/päivä ja 30h/vuosi
 - Real case: 8 h/vuosi
- Useat maat ovat ottaneet Saksan arvot käyttöön sellaisenaan tai hieman muokattuina
- Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu – ohjeen päivitystyö on käynnissä, siihen liittyen päivitetään myös välkettä koskeva ohjeistus Suomea koskien



3. Voimaloiden välkkeen arviointi

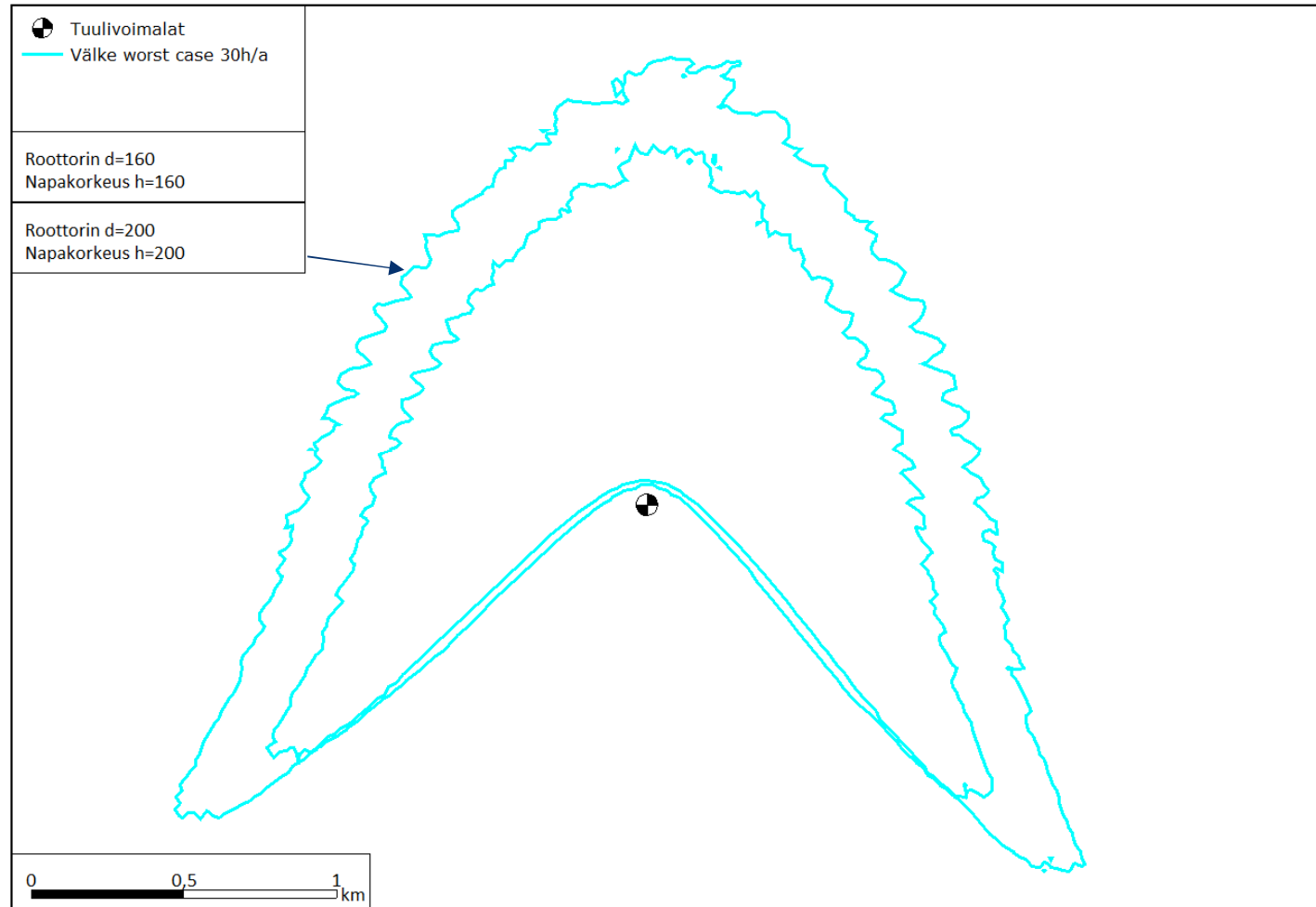
➤ Esimerkki yhden voimalan mallinnetuista välkealueista (Etelä-Pohjanmaalla)





3. Voimaloiden välkkeen arviointi

- Välkealueet kasvavat kun voimalan koko (lavan leveys ja pituus) kasvaa

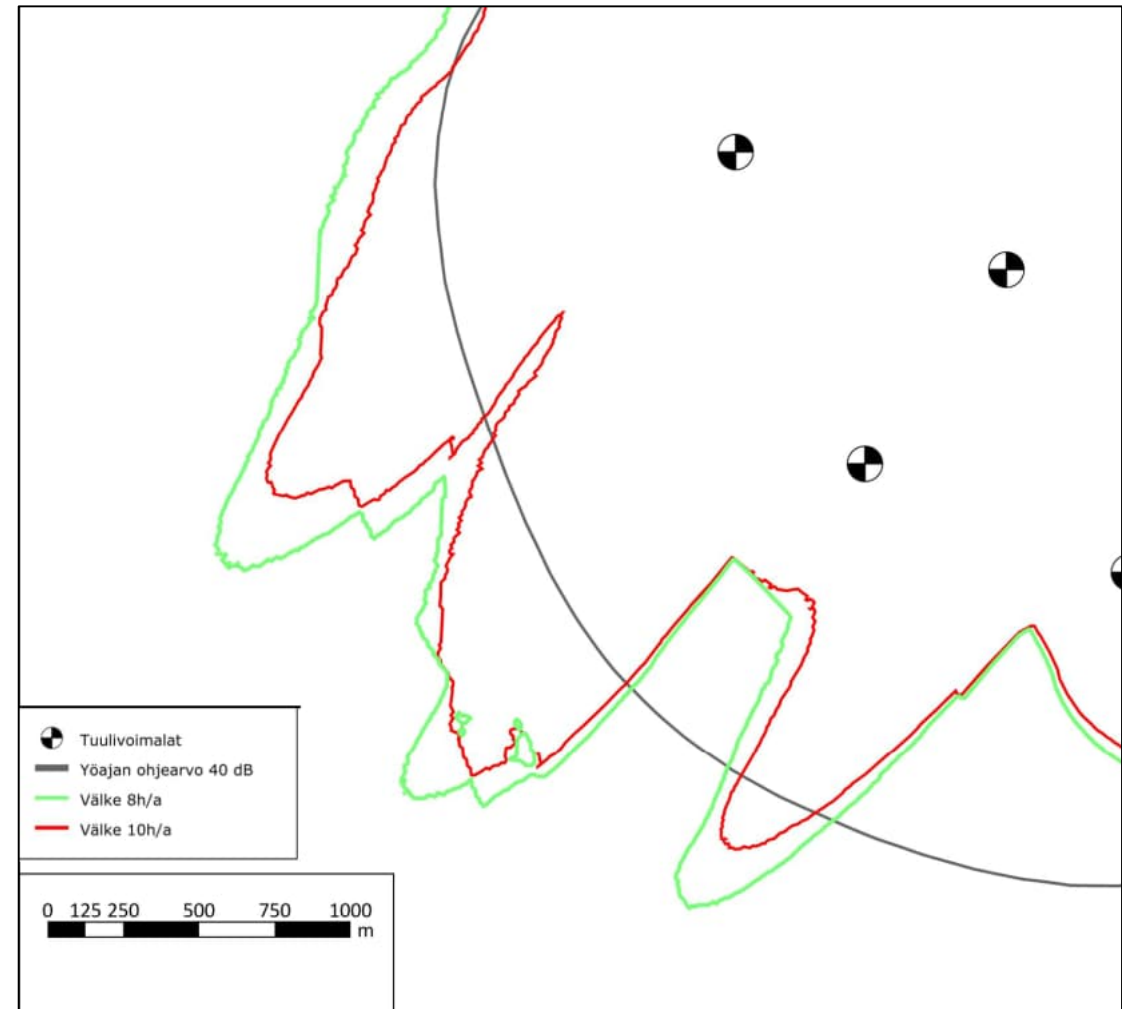




4. Melu vs. välke

➤ Esimerkki erään tuulivoimapuiston 40 dB meluvyöhykkeestä sekä "real case" välkevyöhykkeistä

- välkealueen laajuus voi olla mitoitettava suhteessa meluvyöhykkeen laajuuteen
- välkealuetta voidaan rajoittaa voimaloiden teknisellä ohjauksella





5. Yhteenveto

- Tuulivoima on edelleen voimakkaassa kasvussa Suomessa
- Melualueiden määrittämisessä on ohjearvot ja vakiintunut kansallinen mallinnusohje
- Välkealueiden määrittämisessä ei ole kansallisia ohje/suositusarvoja, kansallista mallinnusohjetta ei ole
 - YM Tuulivoimarakentamisen suunnittelu –ohjeen päivitykseen liittyen päivitetään myös välkettä koskeva ohjeistus Suomea koskien
- Melu- tai välke mitoittaa vaikutusetäisyyden, riippuen tarkastelusuunnasta
- Välkealueiden laajuus kasvaa voimaloiden koon kasvaessa
- Välkealuetta voidaan rajoittaa voimaloiden teknisellä ohjauksella

Kiitos !

