

Pikku-Muolaan Kehitys Oy

Forssan datakeskus

Ilmastoriskien arviointi

YVA-selostus , Liite 7 | 19. joulukuuta 2025

Tämä raportti on käännetty englanninkielisestä asiakirjasta.

Tämä asiakirja on laadittu kahdella kielellä, englanniksi ja suomeksi, urakoitsijan ymmärryksen helpottamiseksi. Kaikissa tapauksissa englanninkielinen versio on ensisijainen, ja englanninkielisen ja suomenkielisen version välisissä tulkintaeroissa sovelletaan englanninkielistä versiota.

Työnumero 309539-00

Arup Italia S.r.l.
Corso Italia 1
Milano
20122
Italia
[arup.com](https://www.arup.com)

Sisällys

1.	Tiivistelmä	1
2.	Johdanto	2
2.1	Hankkeen sijainti	2
2.2	Menetelmällinen lähestymistapa	3
3.	Ilmastonmuutoksen analyysi	4
3.1	Nykyinen ilmasto	4
3.2	Yleiskatsaus tulevaisuuden ilmastomalleihin	5
4.	Valmisteluvaihe (vaihe 0)	9
5.	Vaarojen seulonta (vaihe 1)	10
6.	Yksityiskohtainen ilmatoriskianalyysi (vaihe 2)	13
6.1	Menetelmät	13
6.2	Vaarojen arviointiin käytetty aineisto	13
6.3	Tulokset	14
6.4	Yksityiskohtaisen riskinarvioinnin tulosten yhteenveto	20
7.	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	21
7.1	Mahdollisten sopeutumistoimenpiteiden tunnistaminen	21
7.2	Rajoittavat tekijät	21
7.3	Sopeutumistoimenpiteiden arviointi	21
7.4	Mahdolliset sopeutumistoimenpiteet	22
7.5	Ei-rakenteelliset toimenpiteet	25
8.	Päätelmät	26

Taulukot

Taulukko 3-1 Forssan ilmaston normaaliarvot vuosina 1991–2020 (Jokioisen mittausaseman tietosarjan perusteella)	5
Taulukko 4-1: Hankkeen teemat ja osat	9
Taulukko 5-1: Yhteenvetotaulukko merkittävistä vaaroista niiden esiintymisalueen ja mahdollisten vaikutusten perusteella. Kohteessa esiintymättömiä vaaroja ei ole otettu huomioon niiden mahdollisten vaikutusten osalta projektiin.	10
Taulukko 5-2. Vaarojen tarkentaminen EU:n taksonomian seulonnan perusteella.	12
Taulukko 6-1: Yhteenveto vaaran analysoinnissa käytetyistä tietolähteistä.	13
Taulukko 6-2: Vaarojen luokittelu niiden esiintymistodennäköisyyden perusteella.	15
Taulukko 6-3: Tässä tutkimuksessa käytetty vaarojen luokittelu.	15
Taulukko 6-4: Yhteenveto vaarojen tuloksista.	15
Taulukko 6-5: Ohjeellinen luokitus ilmatoriskin mahdollisten vaikutusten arvioimiseksi hankkeen osatekijöihin.	17
Taulukko 6-6: Yhteenveto vaikutusanalyysistä.	17
Taulukko 6-7: Tässä tutkimuksessa käytetty riskimatriisi.	18
Taulukko 6-8: Suora riskinarviointi, jossa otetaan huomioon nykyiset ja tulevat ilmastoskenaariot.	18

Taulukko 6-9: Operatiivinen riskinarviointi, jossa otetaan huomioon nykyiset ja tulevat ilmastoskenaariot.	19
Taulukko 6-10: Terveys- ja turvallisuusriskien arviointi nykyisten ja tulevien ilmastoskenaarioiden perusteella.	19
Taulukko 9-1: Paikkakohtaiseen sijaintiin perustuva vaarojen seulonta.	4
Taulukko 9-2: Hankkeeseen liittyvät vaarallisten aineiden riskit. Kaikki luetellut vaarat on todettu merkityksellisiksi hankkeen sijaintipaikan kannalta.	11
Taulukko 9-3: Luokitus äärimmäisen kuumuuden vaarallisuuden arvioimiseksi.	14
Taulukko 9-4: Äärimmäisen kuumuuden vaaraluokitus.	15
Taulukko 9-5: Helleaallot vuosina 1991–2020.	15
Taulukko 9-6: Päivien lukumäärä, jolloin maksimilämpötila on yli 35 °C (TX35) nykyisissä ja tulevaisuuden skenaarioissa CMIP6:n mukaan.	16
Taulukko 9-7: Luokitus äärimmäisen kylmän vaaran tason arvioimiseksi.	17
Taulukko 9-8: Äärimmäisen kylmän vaaran luokitus.	18
Taulukko 9-9: Luokitus FWI-indeksin arvioimiseksi.	19
Taulukko 9-10: Luonnonpalojen vaaran luokitus.	20
Taulukko 9-11: Luokitus voimakkaiden sateiden – lumen – esiintymistodennäköisyyden arvioimiseksi.	21
Taulukko 9-12: Luokitus voimakkaiden sateiden – lumen – vaarallisuuden arvioimiseksi.	21
Taulukko 9-13: Luokitus voimakkaiden sateiden – rakeiden – esiintymistodennäköisyyden arvioimiseksi.	22
Taulukko 9-14: Raekuurojen esiintymistodennäköisyyden luokitus.	24
Taulukko 9-15: Luokitus sateiden aiheuttaman tulvavaaran arvioimiseksi.	24
Taulukko 9-16: Luokitus sadevesitulvien vaaralle.	26
Taulukko 9-17: Luokitus myrskyjen esiintymistodennäköisyyden arvioimiseksi.	27
Taulukko 9-18: Luokitus myrskyjen esiintymistodennäköisyydelle.	28
Taulukko 9-19: Luokitus omaisuuden läheisyydessä esiintyvien tornadon todennäköisyyden arvioimiseksi.	28
Taulukko 9-20: Tornadon esiintymistodennäköisyyden luokitus.	29
Taulukko 9-21: Vaikutusten arviointi pää- ja sivurakenteille.	31
Taulukko 9-22: Arkkitehtonisten ja ei-rakenteellisten komponenttien vaikutusten arviointi.	34
Taulukko 9-23: Vaikutusten arviointi mekaanisiin järjestelmiin.	39
Taulukko 9-24: Sähköjärjestelmän vaikutusten arviointi.	42
Taulukko 9-25 Vaikutusten arviointi toimintaan.	44
Taulukko 9-26 Vaikutusten arviointi terveyteen ja turvallisuuteen.	45

Kuvat

Kuva 2-1 Hankkeen sijainti.	2
Kuva 2-3: Yleiskatsaus ilmastomuutokseen sopeutumiseen liittyvästä prosessista (Lähde: EU:n komission tekniset ohjeet4F).	3
Kuva 3-1. Globaalit kasvihuonekaasupäästöt (CO ₂ -ekvivalentti vuodessa) perustason ja tulevaisuuden skenaarioissa edustavien pitoisuuskäyrien (RCP) skenaarioissa (perustuu AR5-synteesiraporttiin: Climate Change 2014, IPCC, 2019).	6
Kuva 3-2: Matriisi, joka kuvaa kaikkia mahdollisia SSP- ja säteilypakotteiden yhdistelmiä, värikoodattuina osoittamaan kunkin skenaarion prioriteettia Scenario MIP -projektissa. Tier 1 -skenaariot ovat SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ja SSP5-8.5. Kolme neljästä Tier 1 -skenaariosta on	

päivitettyjä versioita aiemmista CMIP5 RCP -skenaarioista (RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5), jotta CMIP5- ja CMIP6-ennusteita on helpompi verrata keskenään. Tier 2 -skenaariot ovat SSP1-1.9, SSP4-6.0, SSP4-3.4 ja SSP5-3.4. SSP-skenaarioiden nimissä ensimmäinen numero viittaa sosioekonomiseen kehityskulkuun ja toinen numero viittaa arvioituun globaaliin efektiiviseen säteilypakotteeseen (ERF) vuonna 2100. Esimerkiksi ”SSP1-1.9” on skenaario, jossa yhdistyvät SSP1 ja 1,9 W m ⁻² :n säteilypakote vuonna 2100 (RCP1.9).	7
Kuva 3-3: Ennustettu globaali keskimääräinen pintalämpötilan muutos kussakin viidessä SSP-skenaariossa.	8
Kuva 9-1: T>30 °C -päivien lukumäärä vertailukaudella (1991–2020) (Jokioisen observatorio).	15
Kuva 9-2: Päivien lukumäärä, jolloin lämpötila on alle -30 °C, vertailukaudella (1991–2020) (Jokioisen observatorio).	18
Kuva 9-3. Yläkuva: FWI-indeksin historialliset simulaatiot ajanjaksolta 1991–2020; alakuva: FWI-indeksin historiallinen ja ennustettu kehitys Etelä-Suomessa, harmaa = historialliset tiedot, vihreä = RCP4.5, oranssi = RCP8.5)	19
Kuva 9-4. FWI-indeksin tulevaisuuden skenaarioiden tulevaisuuden simulaatiot.	20
Kuva 9-5 Vuotuinen suurin lumensyvyys vertailukaudella (1991–2020) (Jokioisen observatorio).	21
Kuva 9-6: Vasemmalla: keskimääräinen määrä raekuuroja, joissa rakeiden koko on yli 5 cm, historiallisten havaintojen perusteella vuosina 1971–2000. Oikealla: raekuurojen kokonaismäärä, joissa rakeiden koko on vähintään 2 cm, vuosina 1991–2020 tutkimusalueen keskellä sijaitsevalla 100 km × 100 km:n ruudukolla. Paikka on merkitty tähdellä.	23
Kuva 9-7: Ennustettu muutos vuotuisissa 6 tunnin jaksoissa, joissa raekoko on yli 5 cm, vuosisadan lopulla, vuosina 2071–2100, ottaen huomioon ilmastomuutoksen RCP4.5 (vasemmalla) ja RCP8.5 (oikealla) päästöskenaarioissa. Paikka on merkitty tähdellä.	24
Kuva 9-8. Simuloinnissa käytetyn sateen voimakkuus ja määrä (SWECO, 2025)	25
Kuva 9-9: 100 vuoden toistumisajan sateeseen liittyvä tulvavesi syvyys, mukaan lukien 20 %:n ilmastomuutoskerroin nykyisessä skenaariossa. Omaisuuden sijainti on merkitty punaisella monikulmiolla.	25
Kuva 9-10	26
Kuva 9-11. Myrskyn vaarakäyrä vaarallisella alueella.	27
Kuva 9-12. Vuotuinen todennäköisyys (prosentteina) vähintään yhden merkittävän tornadon esiintymiselle 80 km x 80 km:n alueella. Punaisella merkitty sijainti.	29

Liitteet

A.1	Liite I – Seulonta (vaihe 1)	3
A.2	Liite II – Vaarojen arviointi (vaihe 2a)	14
A.3	Liite III – Vaikutusten arviointi	30

1. Tiivistelmä

Arup on saanut asiakkaalta toimeksiannon suunnitella Forssaan sijoitettavan datakeskus. Hanketta kutsutaan nimellä ”Project Forssa”, ja se koostuu kymmenestä datakeskusrakennuksesta, jotka on nimetty DC1:stä DC10:een. Kampus tarjoaa 627 MW:n IT-tehon, joka jakautuu kymmenen datakeskusrakennuksen kesken. DC1–DC3 tarjoavat kukin 81 MW:n IT-tehon, DC4 ja DC5 kukin 72 MW:n IT-tehon, DC6–DC9 kukin 54 MW:n IT-tehon ja DC10 24 MW:n IT-tehon.

Tässä selvityksessä käsitellään Forssan datakeskuksen sopeutumiskykyä ilmastonmuutoksen aiheuttamiin riskeihin. Tämä selvitys sisältää yhteenvedon keskeisistä havainnoista ollen osa sekä ilmastokestävyysarviointia että Do No Significant Harm (DNSH) -periaatetta.

Hankealue sijaitsee Forssan kaupungissa, Kanta-Hämeen maakunnassa, noin 100 km Helsingistä luoteeseen. Alue sijaitsee seudulla, jolle ovat tyypillisiä viljelymaat, sekametsät ja pienet järvet. Maasto on pääosin tasainen tai loivasti kumpuileva, mikä heijastaa alueen jääkauden muovaamaa maastoa.

Selvityksen tavoitteena on tunnistaa ja arvioida ilmastoriskejä, jotka liittyvät merkityksellisiin vaaroihin, jotta riskitasot voidaan ottaa asianmukaisesti huomioon suunnitteluvaiheessa ja jotta projektin toimintavaiheen riskejä voidaan lieventää sen koko suunnittelun elinkaaren ajan.

Selvitys sisältää **valmisteluvaiheen** (vaihe 0), jossa määritetään perusoletukset, kuten

- hankkeen odotettu elinkaari (oletettavasti 50 vuotta)
- projektin osat/teemat. Tunnistettiin neljä teemaa: rakenteelliset tekijät, arkkitehtoniset ja ei-rakenteelliset tekijät, mekaaniset ja sähköiset järjestelmät sekä käyttäjät. Teemojen sisällä tunnistettiin kriittiset osa-alueet.
- arvioinnin ilmastoskenaariot ja aikahorisontit. Analyysi suoritetaan nykyisen ja kahden tulevan ilmastoskenaarion (SSP2-4.5 ja SSP5-8.5) osalta ottaen huomioon kaksi aikahorisonttia (2030–2060 ja 2060–2080).

Vaiheen 0 jälkeen on suoritettu **seulontavaihe** (vaihe 1). Seulontavaiheessa on tarkasteltu ilmastoon liittyvien vaarojen laajaa luetteloa, joka on esitetty ilmastoa koskevassa asetuksessa¹ 2021/2139, ja tunnistettu ne vaarat, jotka (1) voivat esiintyä hankkeen sijaintipaikalla ja (2) voivat vaikuttaa hanketyyppeihin. Kaikki muut vaarat on seulottu pois tässä vaiheessa.

Tämän jälkeen on suoritettu **yksityiskohtainen ilmastoriskianalyysi** (vaihe 2a), jonka tarkoituksena on arvioida ilmastoriski edellisessä vaiheessa hankkeen kannalta merkittäviksi tunnistetuille vaaroille. Kunkin vaaran osalta arviointi koostuu vaaran arvioinnista, joka perustuu vaaran esiintymistodennäköisyyteen hankkeen elinkaaren aikana, sekä haavoittuvuusarvioinnista, jolla arvioidaan datakeskuksen alttiutta fyysisille ja ei-fyysisille vahingoille haitallisen tapahtuman jälkeen sekä mahdollisia taloudellisia menetyksiä, käyttökatkoksia ja loukkaantumisia. Vaikutukset tai haavoittuvuudet on jaettu kolmeen luokkaan: suorat, toiminnalliset sekä terveys ja turvallisuus. Riski on arvioitu kunkin luokan osalta.

Tehdyn riskinarvioinnin mukaan hankkeen **suorat riskit** luokiteltiin seuraavasti:

- **Matala:** voimakkaat sateet – lumi ja voimakkaat sateet – rakeet.
- **Keskitasoinen:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys, metsäpalot ja myrskyt.
- **Korkea:** tornado (Suomessa trombit).
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

¹ Komission delegoitu asetus (EU) 2021/2139, 4. kesäkuuta 2021, liite I, lisäys A.

Tehdyn riskinarvioinnin mukaan hankkeen **toiminnalliset riskit** luokiteltiin seuraavasti:

- **Matala:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys ja voimakkaat sateet – raekuurot.
- **Keskitasoinen:** metsäpalot, voimakkaat sateet – lumi ja myrskyt.
- **Korkea:** tornado (Suomessa trombit).
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

Tehdyn riskinarvioinnin mukaan hankkeen **terveys- ja turvallisuusriskit** luokiteltiin seuraavasti:

- **Matala:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys.
- **Keskitasoinen:** metsäpalot, voimakkaat sateet – lumi ja voimakkaat sateet – rakeet.
- **Korkea:** myrskyt ja tornado (Suomessa trombit).
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

Alla olevassa taulukossa on yhteenveto vaiheen 2a tuloksista.

Tiivistelmätaulukko. Yksityiskohtaisen ilmastoriskianalyysin tulosten yhteenveto.

Vaikutus	Vaara	Riskitaso Nykyinen	Riskitaso 2050 SSP2-4.5	Riskitaso 2050 SSP5-8.5	Riskitaso 2100 SSP2-4.5	Riskitaso 2100 SSP5-8,5
Suora	Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Äärimmäinen kylmyys	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Metsäpalot	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Voimakkaat sateet – rakeet	Matala	Matala	Matala	Matala	Matala
	Voimakkaat sateet – lumi	Matala	Matala	Matala	Matala	Matala
	Tulva – sadevesi/pohjavesi	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea
	Myrsky	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Tornado (trombi)	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea
Toiminnallinen	Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Äärimmäinen kylmyys	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Metsäpalot	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Voimakkaat sateet – rakeet	Matala	Matala	Matala	Matala	Matala
	Voimakkaat sateet – lumi	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Tulva – sadevesi/pohjavesi	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea
	Myrsky	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Tornado (trombi)	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea
Terveys ja turvallisuus	Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Matala	Matala	Matala	Matala	Matala
	Äärimmäinen kylmyys	Alhainen	Alhainen	Matala	Alhainen	Matala
	Metsäpalot	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Voimakkaat sateet – rakeet	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Voimakkaat sateet – lumi	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
	Tulva – sadevesi/pohjavesi	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea

YVA-selostus, liite 07

Vaikutus	Vaara	Riskitaso Nykyinen	Riskitaso 2050 SSP2-4.5	Riskitaso 2050 SSP5-8.5	Riskitaso 2100 SSP2-4.5	Riskitaso 2100 SSP5-8,5
	Myrsky	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea
	Tornado (trombi)	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea

Sopeutumisanalyysissä (vaihe 2b) määritetään mahdolliset riskienhallintatoimenpiteet merkittävän riskin aiheuttaville vaaroille (eli keskisuuriksi tai suuriksi luokitelluille vaaroille).

Hankesuunnitelma sisältää jo toimenpiteitä, jotka rajoittavat epäsuotuisien ilmasto-olosuhteiden vaikutusta rakennusten käytettävyyteen ja rakenteelliseen eheyteen.

Lisäksi seuraavia mahdollisia sopeutumistoimenpiteitä voidaan harkita suunnitelman edetessä seuraavaan vaiheeseen:

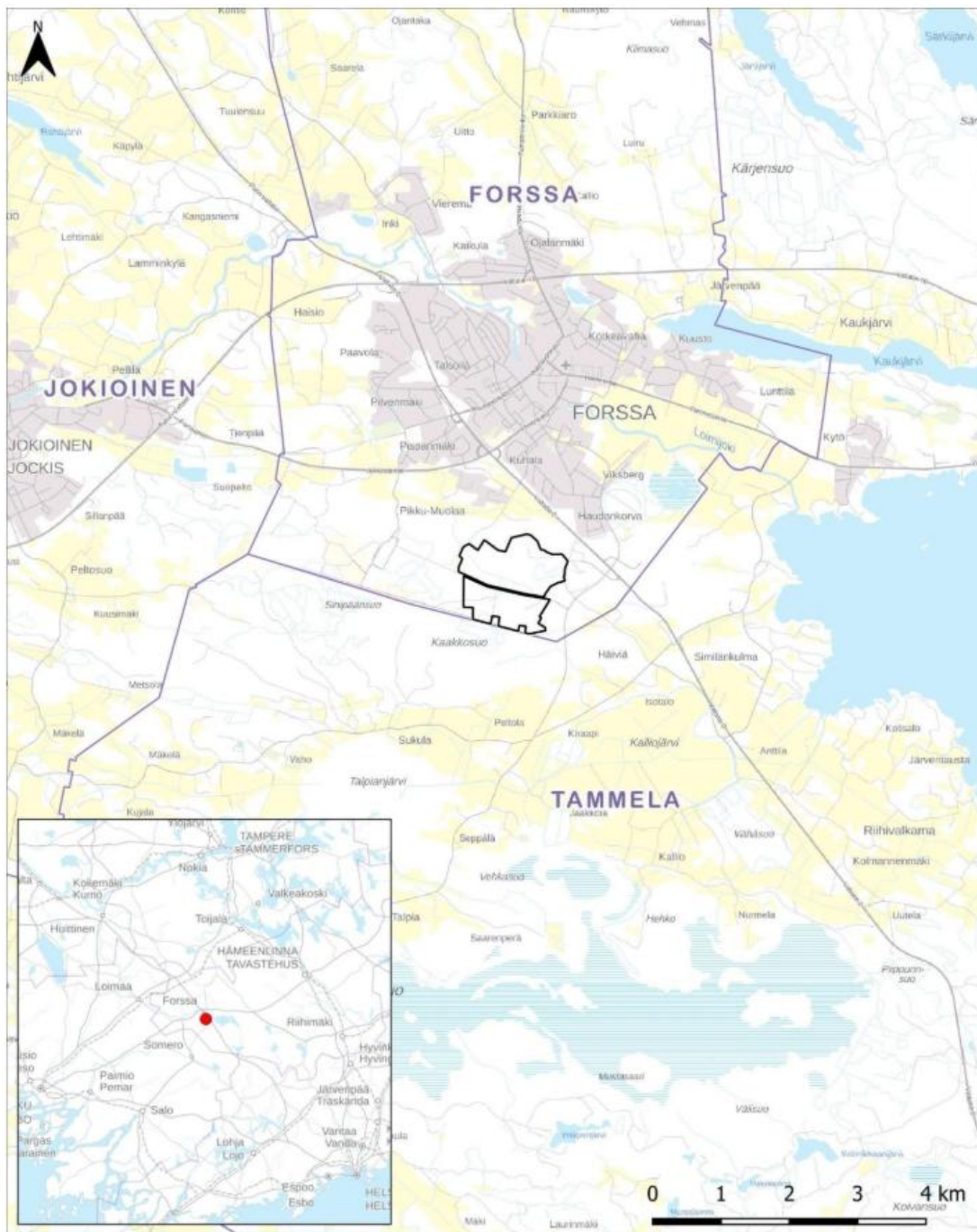
- **Äärimmäinen kuumuus/helleaallot:** Laitteiden suorituskyvyn säännöllinen seuranta ja järjestelmän mahdollinen säätö laitteiden käyttöiän päättyessä (arvio 20–30 vuotta), tulevien olosuhteiden huomioon ottamiseksi.
- **Äärimmäinen kylmyys:** Laitteiden suorituskyvyn säännöllinen seuranta ja sen varmistaminen, että ne toimivat nimelliskäyttöalueella, kohdennetun lämmityspotkiston asennus sekä putkiston eristys.
- **Metsäpalot:** Yleisesti hyväksytyn näkemyksen mukaan runsaskasvilliset alueet voivat olla alttiita metsäpaloille, ja tehokkain keino vähentää metsäpalovaaran riskiä tällä alueella voisi olla tehokas maankäyttö. Erityisesti on tärkeää varmistaa, että datakeskuksen ja korkean kasvillisuuden (eli datakeskusrakennusten ympärillä olevien puiden) välillä on riittävä etäisyys.
- **Voimakkaat sateet – raekuurot:** Lisätoimenpiteitä ei pidetä tarpeellisina tässä suunnitteluvaiheessa, koska raekuurojen suorien ja toiminnallisten vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä.
- **Voimakkaat sateet – lumi:** Lumen poistaminen on tehokas keino lieventää riskiä. Tämä voi olla haastavaa katolla, jossa on paljon laitteita. Siksi on tärkeää, että rakennuksessa on tehokas vesikourujärjestelmä ja että laitteita seurataan säännöllisesti.
- **Tulvat – sadevesi/pohjavesi:** Hankeen jatkosuunnittelussa voi olla suositeltavaa harkita rakennuksen kulkutien korottamista mahdollisten riskien vähentämiseksi. Lisäksi on varauduttava väliaikaisten tulvavallien käyttöön tulvatilanteessa.
- **Trombit/myrskyt:** Rakenne suunnitellaan voimassa olevien rakennestandardien mukaisesti. Standardien noudattaminen ja turvallisuustekijöiden huomiointi vähentävät myrskyjen aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden todennäköisyyttä. Lisäksi voidaan harkita ennaltaehkäisevää kasvillisuuden hoitoa, jossa kaatumisvaarassa olevat puut tunnistetaan ja poistetaan varhaisessa vaiheessa, jotta esimerkiksi ulkotiloissa sijaitseviin laitteisiin lentävien roskien riski vähenee.

2. Johdanto

2.1 Hankkeen sijainti

Hanke sijaitsee Forssan Ratasmäen alueella, Kiimassuon teollisuusalueen itäpuolella, Etelä-Suomen Kanta-Hämeen maakunnassa, noin 100 km Helsingistä luoteeseen. Alueen eteläraja on Tammelan kunnan rajalla.

Alueen eteläosassa on metsämaata ja rakennettua maastoa, mukaan lukien aktiivinen kiviaineslouhos. Pohjoisosassa harjoitetaan pääasiassa kaupallista metsätaloutta. Pohjoisella hankealueella on myös entinen hiekanottoaika, jonne on tiettävästi sijoitettu murskattua betonia. Pohjoisraja on yhtenäinen laajan metsäalueen kanssa, kun taas itäraja on Häiviäntien ja viereisen varastointialueen muodostama.

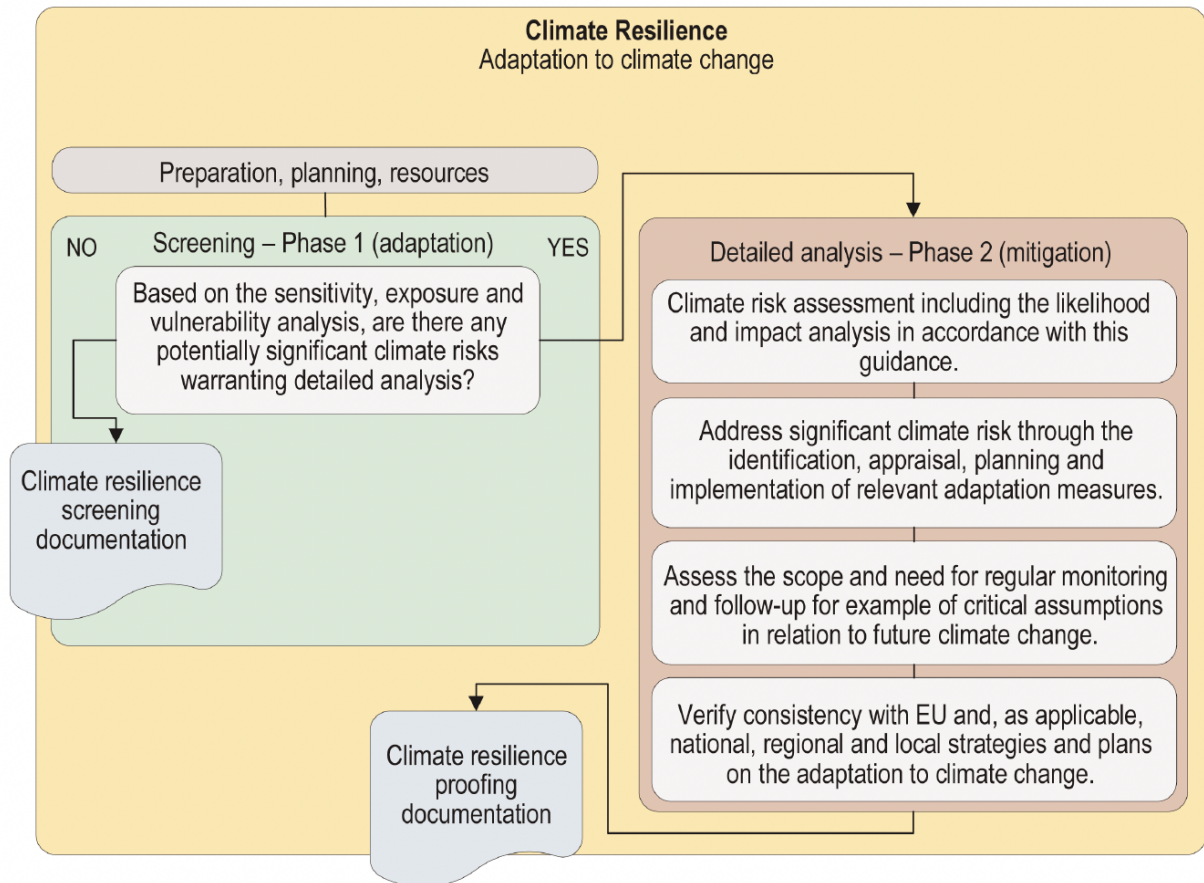


Kuva 2-1 Hankkeen sijainti.

2.2 Menetelmällinen lähestymistapa

Forssan datakeskuksen hankkeen ilmastokestävyyden arviointi toteutetaan EU:n komission teknisissä ohjeissa esitetyn menetelmän mukaisesti.

- Esiseulonnan **valmisteluvaihe (vaihe 0)**, jonka aikana määritetään arvioinnin ohjaavat oletukset, kuten hankkeen odotettu elinkaari, hankkeen osat/teemat, ilmastoskenaariot ja arvioinnin aikahorisontit.
- **Seulontavaihe (vaihe 1)**, jossa tarkastellaan ilmastoon liittyvien vaarojen luetteloa, joka on esitetty ilmasto-osa-asetuksessa 2021/2139², ja tunnistetaan ne vaarat, jotka (1) voivat esiintyä hankkeen sijaintipaikalla ja (2) voivat vaikuttaa hanketyyppeihin. Kaikki muut vaarat suodatetaan pois tässä vaiheessa.
- **Yksityiskohtainen analyysi (vaihe 2)**, joka perustuu vaiheessa 1 tunnistettujen vaarojen lyhyeen luetteloon ja noudattaa EU:n komission teknisissä ohjeissa esitettyä lähestymistapaa, kuten kuvassa 2-2 on esitetty. Analyysi sisältää yksityiskohtaisen arvioinnin vaarojen todennäköisyydestä ja niiden vaikutuksista hankkeeseen (vaihe 2a). Tavoitteena on tunnistaa ne vaarat, joiden riski (todennäköisyyden ja vaikutuksen yhdistelmä) on merkittävä. Siksi vaihe 2b sisältää riskien vähentämiseen tähtääviä sopeutumistoimenpiteitä, jotka perustuvat vaiheen 2a riskinarvioinnin tuloksiin ja koskevat kaikkia merkittäviä riskejä aiheuttavia vaaroja.



Kuva 2-2 : Yleiskuvaus ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvästä prosessista (Lähde: EU:n komission tekninen ohjeistus³).

² Komission delegoitu asetukset (EU) 2021/2139, 4. kesäkuuta 2021, liite I, lisäys A.

³ Komission ilmoitus – Tekninen ohjeistus infrastruktuurin ilmastokestävyyden parantamisesta vuosina 2021–2027 (EUVL C, C/373, 16.9.2021, s. 1, CELEX: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916\(03\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916(03))).

3. Ilmastomuutoksen analyysi

Ilmastomuutos on yksi merkittävimmistä haasteista maailmanlaajuisesti. Ilmastomuutoksen voivat vaikuttaa sekä luonnolliset että inhimilliset tekijät. 1900-luvun puolivälistä lähtien maapallon mantereiden ja valtamerien pintakerros on lämmennyt merkittävästi. Viime vuosikymmeninä ilmastomuutos on tullut ilmeiseksi äärimmäisen kuumuuden esiintymisen lisääntymisenä, merenpinnan jatkuvana nousuna ja eri alueilla havaittujen äärimmäisten sateiden esiintymistiheyden muutoksena. Ihmisen toiminta on tämän pääasiallinen syy, ja tärkeimmät tekijät ovat hiilidioksidipäästöjen (CO₂) ja muiden teollisuuden, liikenteen, maatalouden ja kotitalouksien päästöjen lisääntyminen esiteollisesta ajasta lähtien. Lisäksi maankäytön muutokset, kuten metsien hävittäminen ja pintojen tiivistäminen, vaikuttavat merkittävästi ilmastoon.

Tulevaisuuden ilmastoennusteet ovat yhteneväisiä siinä, että odotettavissa olevat ilmastomuutokset lisäävät yleensä äärimmäisten sääilmiöiden esiintymistiheyttä ja voimakkuutta, mikä puolestaan pahentaa riskiä. Ilmastomuutoksen vaikutusten tuntemus ja riskianalyysi ovat välttämättömiä, jotta voidaan tunnistaa tehokkaimmat keinot reagoida luonnonilmiöihin ja kehittää lieventämissuunnitelmia ja ratkaisuja akuuttien ja äärimmäisten tai kroonisten ilmiöiden aiheuttamien taloudellisten ja sosiaalisten vahinkojen vähentämiseksi.

3.1 Nykyinen ilmasto

Köppenin ilmastoluokituksen mukaan, Forssa kuuluu subarktiseen Dfb-ilmastovyöhykkeeseen, joka tarkoittaa kosteaa mannerilmastoa, jossa talvet ovat kylmiä, kesät leutoja tai lämpimiä ja vuodenaikojen vaihtelut ovat merkittäviä. Tällä ilmastovyöhykkeellä talvet ovat pitkiä ja kylmiä, keskilämpötila laskee usein alle -5 °C ja lumipeite kestää pitkään marraskuun lopusta huhtikuun alkuun. Kesät ovat yleensä leudot, ja päivällä lämpötila nousee tyypillisesti 20–25 °C:een, kun taas yöt ovat kylmiä alhaisen kosteuden ja usein vallitsevien pohjoistuulien vuoksi. Kevät ja syksy ovat siirtymäkausia, joille on ominaista nopeat lämpötilan muutokset, tyypillisesti 5–15 °C, ja vaihtelevat sademäärät.

Ilmastokeskiarvot edustavat ilmastomuuttujan keskiarvoja tai keskimääräisiä arvoja standardiviiteajanjakson aikana. Maailman ilmatieteen järjestö (WMO) on määrittänyt, että tämän viiteajanjakson, joka on määriteltä CLImatological NOrmal (CLINO) (ilmastollisen normaalilukeman) -viiteajaksi, tulisi olla 30 vuotta, ja se suosittelee ilmastokeskiarvojen päivittämistä 10 vuoden välein, jotta ne heijastaisivat tarkasti viimeaikaisia ilmasto-olosuhteita. Näitä keskiarvoja käytetään vertailukohtana, johon viimeaikaisia tai nykyisiä havaintoja voidaan verrata, mikä helpottaa poikkeamien tunnistamista.

Hankealueella ei ole sääasemia. Jotta CLINO voitaisiin määritellä, käytettiin lähteenä Jokioisen sääaseman tietoja. Jokioisen sääasema (FMI-asema) sijaitsee noin 7,5 kilometriä Forssasta länteen ja on lähin pitkäaikainen sääasema hankealueelle.

Alla on esitetty alueen tärkeimmät havainnot (vertailukausi 1991–2020):

- Vuotuinen keskilämpötila on 5,34 °C, ja kuukausittaiset keskiarvot vaihtelevat helmikuun noin -5,14 °C:sta heinäkuun noin 17,14 °C.
- Kesä on lämpimin vuodenaika, ja sen keskimääräinen lämpötila on 15,78 °C. Seuraavaksi lämpimimmät vuodenaikat ovat syksy (5,51 °C) ja kevät (4,12 °C). Talvi on kylmin vuodenaika, ja sen keskimääräinen ilman lämpötila on -4,22 °C.
- Sademäärien kausivaihtelut ovat selkeitä: kesällä päivittäinen keskimääräinen sademäärä on suurin (1,90 mm), kun taas kevät on kuivin (keskimääräinen sadanta 0,64 mm päivässä). Syksyn ja talven sademäärät ovat välissä, keskimäärin 1,56 mm ja 1,26 mm päivässä.
 - Kuukausittainen sademäärä vaihtelee maaliskuun 0,58 mm:stä elokuun 2,04 mm:iin, mikä osoittaa, että loppukesällä ja alkusyksyllä on hieman sateisempaa. Kuukausittaiset keskimääräiset sademäärät vaihtelevat maaliskuun 0,58 mm:stä elokuun 2,04 mm:iin, mikä viittaa hieman sateisempaan sähän loppukesästä ja alkusyksystä

- Lumipeitteen paksuus on suurimmillaan talvikuukausina, ja se on suurimmillaan helmikuussa (20,23 cm) ja tammikuussa (12,96 cm).

Yhteenvedo ilmastotiedoista on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 3-1 Forssan ilmaston normaaliarvot vuosina 1991–2020 (Jokioisen mittausaseman tietojen perusteella)

Kuukausi	Sademäärä yhteensä (päivittäinen keskiarvo) [mm]	Kumulatiivinen arvo [mm]	Keskimääräinen kokonaislumen syvyys [cm]	Päivittäinen keskilämpötila [°C]	Päivittäinen keskilämpötila [°C]	Päivittäinen keskilämpötila [°C]
Tammikuu	1,31	46,6	12,96	-4,81	-2,19	-7,81
Helmikuu	1,01	35,6	20,23	-5,14	-2,08	-8,42
Maaliskuu	0,58	30,8	18,64	-1,76	2,29	-5,62
Huhtikuu	0,62	32,7	3	3,94	9	-0,77
Toukokuu	0,72	38,0	0	10,16	15,94	3,99
Kesäkuu	1,71	67,4	0	14,63	20,07	8,86
Heinäkuu	1,96	74,4	0	17,14	22,45	11,78
Elokuu	2,04	71,5	0	15,52	20,84	10,59
Syyskuu	1,3	52,9	0	10,77	15,47	6,75
Lokakuu	1,75	63,8	0	5,09	8,26	2,2
Marraskuu	1,63	53,4	0,95	0,72	2,79	-1,54
Joulukuu	1,44	51,5	5,82	-2,79	-0,51	-5,46
Vuoden keskiarvo	1,3	51,5	4,7	5,3	9,4	1,2

3.2 Yleiskatsaus tulevaisuuden ilmastomalleihin

Kansainvälinen ilmastopaneeli (IPCC) määrittelee ilmastomuutoksen ”ilmaston tilan muutokseksi, joka voidaan tunnistaa (esimerkiksi tilastollisten testien avulla) sen ominaisuuksien keskiarvon ja/tai vaihtelevuuden muutoksista ja joka tapahtuu pitkällä aikavälillä, yleensä vuosikymmenien tai pidemmän ajan kuluessa”. Ilmastomuutos voi johtua luonnollisista sisäisistä prosesseista tai ulkoisista tekijöistä, kuten auringon syklien muutoksista, tulivuorenpurkauksista ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyvistä jatkuvista antropogeenisistä (ihmisen toiminnasta johtuvista) muutoksista (IPCC, 2021⁴). Kasvihuonekaasupäästöt vaikuttavat maapallon ilmastoon lisäämällä maapallon pinnalle jäävän lämmön määrää, mikä johtaa korkeampiin lämpötiloihin kuin ilman ilmastomuutosta.

Ilmaston tulevien muutosten ennustamiseen liittyvien epävarmuuksien vuoksi käytetään skenaariolähestymistapaa, jolla kuvataan mahdollisia ilmaston tulevaisuudennäkymiä ja havainnollistetaan eri globaalien kehityskulkujen ja kasvihuonekaasupäästöjen vaikutuksia ilmastoon (Maailmanpankkiryhmä, 2021).

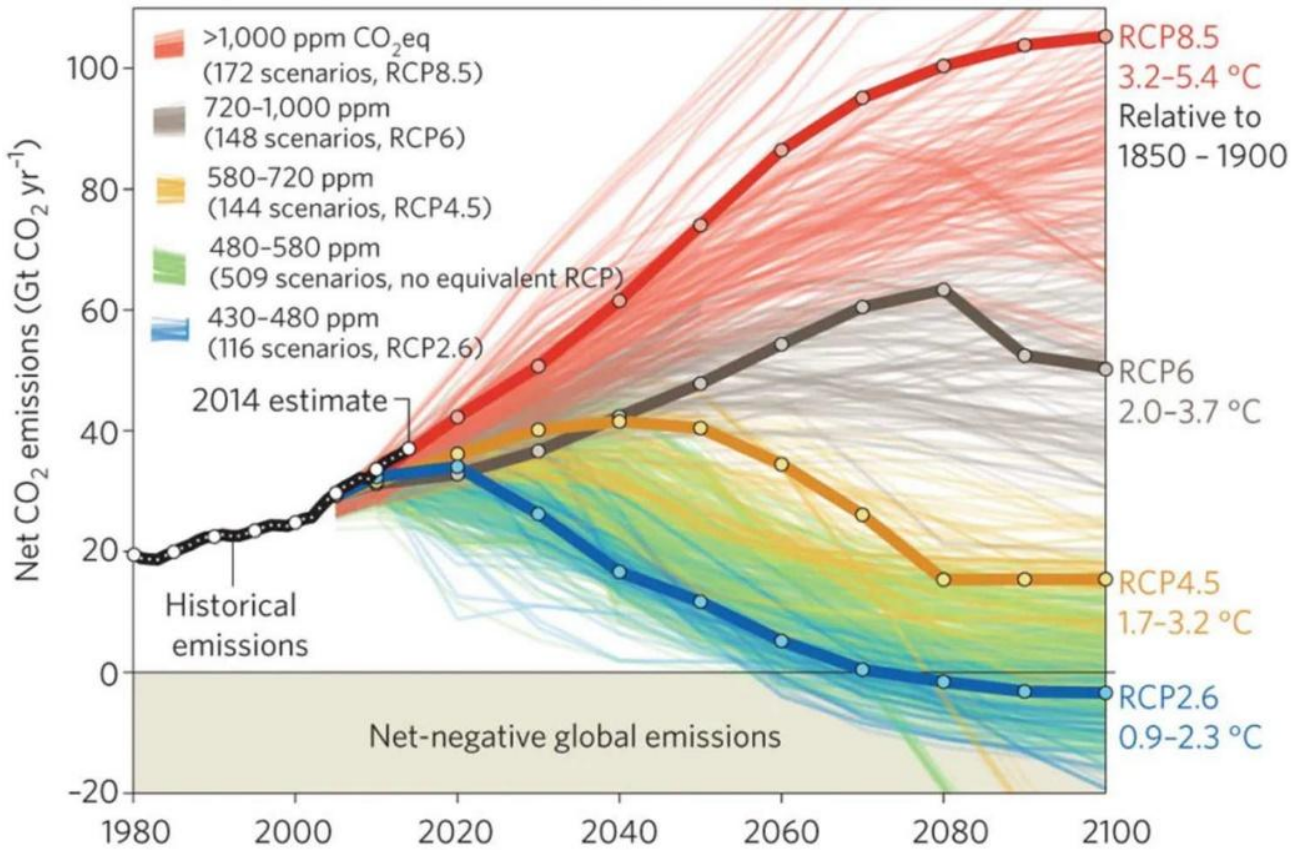
Erityisesti IPCC:n (2014) julkaisemassa viidennessä ilmastomuutosta koskevassa arviointiraportissa (AR5) korkean tarkkuuden ilmastosimulaatiot viittaavat neljään eri skenaarioon kasvihuonekaasujen, aerosolien ja kemiallisesti aktiivisten kaasujen pitoisuuksista, joita kutsutaan nimellä ”RCP – Representative Concentration Pathways” (edustavat pitoisuuspolut). RCP-polut – RCP2.6, RCP4.5, RCP6 ja RCP8.5 – on merkitty mahdollisiksi säteilypakotteen arvoiksi vuonna 2100 (vastaavasti 2,6, 4,5, 6 ja 8,5 W/m²).

Tiukin hillitsemisskenaario on RCP1.9, joka vastaa 1,9 W/m²:n säteilypakotetta vuoteen 2100 mennessä. Tämä polku on suunniteltu vastaamaan tavoitetta rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu 1,5 °C:een esiteolliseen aikaan verrattuna. Toinen tiukka hillitsemisskenaario, RCP2.6, liittyy 2,6 W/m²:n säteilypakotteeseen ja edellyttää aggressiivisia päästövähennystoimia, joilla rajoitetaan merkittävästi

⁴ IPCC, 2021: *Ilmastomuutos 2021: Fyysiset perusteet. Työryhmän I osuus hallitustenvälisen ilmastopaneelin kuudennesta arviointiraportista*

ilmaston lämpenemistä. Välitason vakauttamisskenaarioihin kuuluvat RCP4.5 ja RCP6.0, joiden säteilypakotteet ovat vastaavasti 4,5 W/m² ja 6,0 W/m². RCP4.5 olettaa maltillisia hillitsemistoimia, jotka johtavat päästöjen huipentumiseen vuosisadan puolivälissä, minkä jälkeen päästöt alkavat laskea. Sen sijaan RCP6.0 seuraa viivästyneiden päästövähennysten polkua, mikä johtaa suurempaan lämpenemispotentiaaliin verrattuna RCP4.5:een.

RCP8.5-skenaario edustaa korkeiden päästöjen ja voimakkaan lämpenemisen polkua, jolle on ominaista 8,5 W/m²:n säteilypakote. Tässä skenaariossa oletetaan jatkuva riippuvuus fossiilisista polttoaineista, ilmastopolitiikan vähäinen täytäntöönpano ja kasvihuonekaasupäästöjen jatkuva kasvu koko 21. vuosisadan ajan. Se toimii ylärajana ja vertailukohtana arvioitaessa vakavimpia ilmastollisia ja sosioekologisia vaikutuksia ilman merkittäviä hillitsemistoimia.



Kuva 3-1 . Maailmanlaajuiset kasvihuonekaasupäästöt (CO₂-ekvivalentti vuodessa) perustason ja tulevaisuuden skenaarioissa edustavan pitoisuuspolun (RCP) skenaarioissa (perustuu AR5-synteesiraporttiin: Climate Change 2014, IPCC, 2019).

IPCC:n viimeisimmässä raportissa, kuudennessa arviointiraportissa (AR6), todetaan, että ihmisen toiminta, pääasiassa kasvihuonekaasupäästöjen kautta, on kiistattomasti aiheuttanut ilmastomuutoksen ja maapallon pintalämpötilan nousun (IPCC, 2023⁵). Ihmisen toiminta aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä pääasiassa fossiilisten polttoaineiden (hiili, öljy ja maakaasu) polttamisen, maatalouden, metsäkadon ja maankäytön muutosten kautta. Ilmastomuutoksen jatkuminen tulevaisuudessa riippuu pääasiassa kasvihuonekaasupäästöjen määrästä (CCKP, 2024⁶).

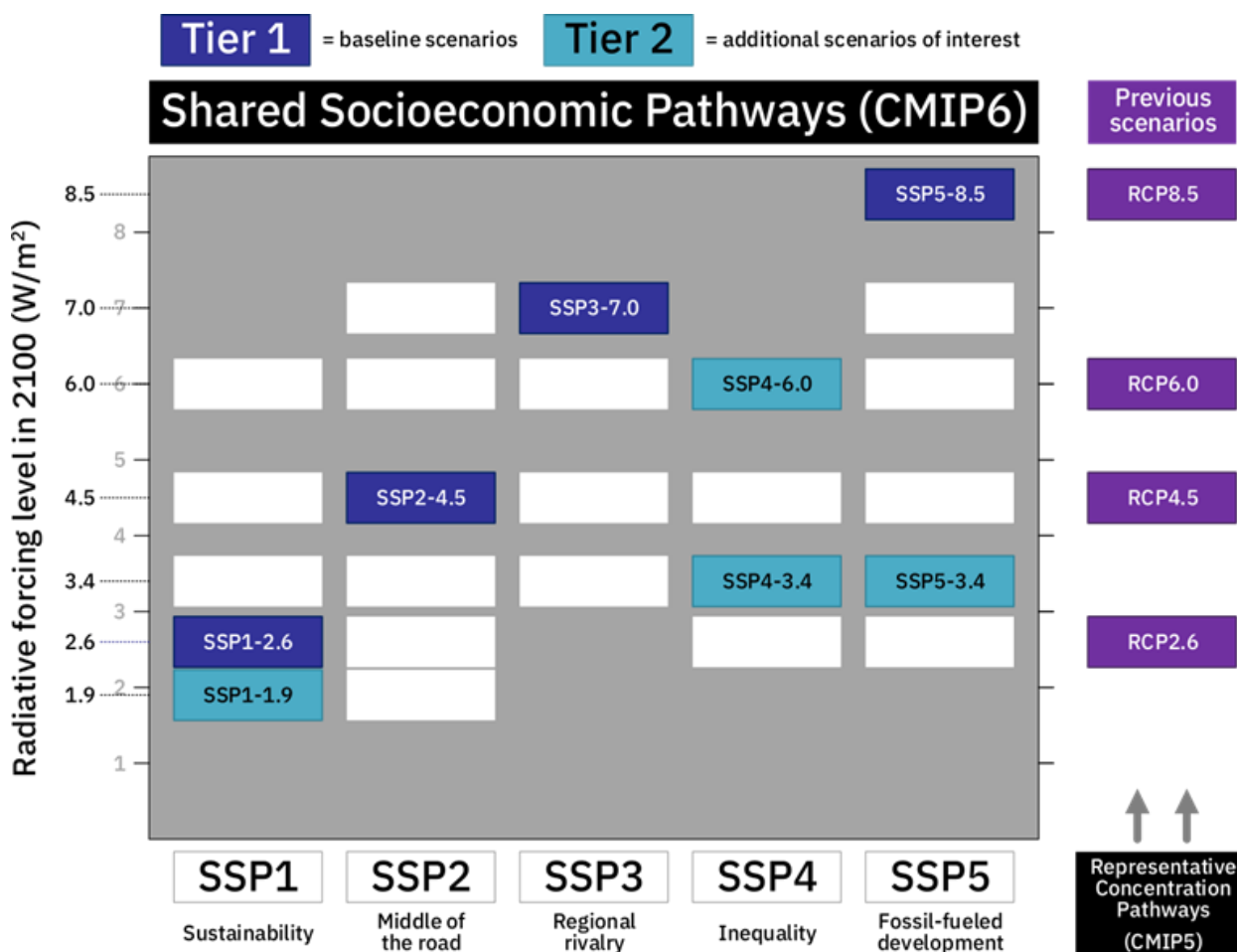
9. elokuuta 2021 julkaistussa kuudennessa ilmastomuutosta koskevassa arviointiraportissa (AR6) esiteltiin uusi tulevaisuuden ennusteiden viitekehys, joka tunnetaan nimellä Shared Socioeconomic Pathways (SSP). RCP-polut kuvaavat kasvihuonekaasupäästöjen kehityskulkuja, jotka johtavat vaihteleviin pitoisuuksiin

⁵ IPCC, 2023: Yhteenveto päätöksentekijöille. Julkaisussa: Ilmastomuutos 2023: Synteesiraportti. Työryhmien I, II ja III panos hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin kuudenteen arviointiraporttiin [Core Writing Team, H. Lee ja J. Romero (toim.)]. IPCC, Geneve, Sveitsi, s. 1–34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

⁶ CCKP – Ilmastomuutoksen tietoportaalii, 2024: Ohjeet ilmasto-olosuhteiden ja ilmastomuutoksen ymmärtämiseen sekä fyysisten ilmastoriskien määrittämiseen operatiivisissa ohjelmoinnissa.

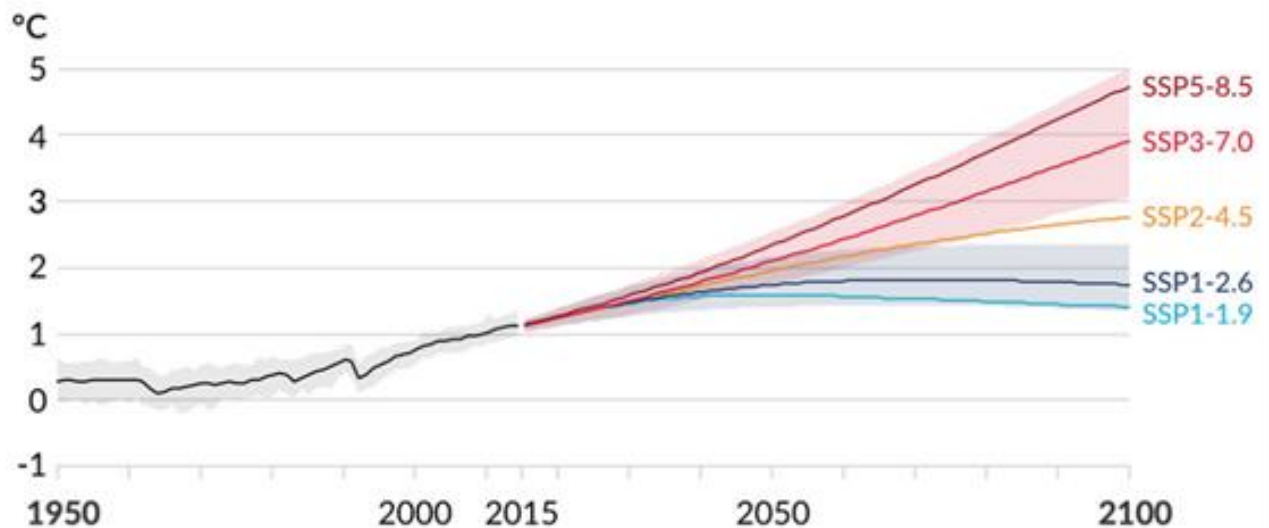
ilmakehässä, kun taas SSP-polut kattavat laajemman kirjon sosioekonomisia tekijöitä, kuten väestökehityksen, talouden kasvun, koulutuksen kehityksen, kaupungistumisen sekä teknologian kehityksen, jotka vaikuttavat tulevaisuuden päästötasoihin. Yhdistämällä nämä elementit SSP-polut tarjoavat kattavan kuvauksen mahdollisista poluista kohti tiettyä ilmaston lämpenemisen tuloksia.

SSP-RCP-skenaarioita ("SSPX-Y") on viisi, joista jokaisella on erilaiset oletukset ja päästökehitys. SSP-skenaariot vaihtelevat "erittäin alhaisista päästöistä" (SSP1-1,9), "alhaisista" (SSP1-2,6) ja "keskimääräisistä – keskitien" (SSP2-4,5) "korkeisiin – alueelliseen kilpailuun" (SSP3-7,0) sekä "erittäin korkeisiin – fossiilisten polttoaineiden käyttöön perustuvaan kehitykseen" (SSP5-8.5). Ne on suunniteltu kattamaan erilaisia mahdollisia tulevaisuuden skenaarioita ottamalla huomioon, miten sosioekonomiset trendit voivat vaikuttaa säteilypakotteen tasoon – mitattuna ilmakehän kasvihuonekaasujen vaikutuksena ilmaston lämpenemiseen tai jäähtymiseen – vuoteen 2100 mennessä.



Kuva 3-2 : Matriisi, joka kuvaa kaikkia mahdollisia SSP- ja säteilypakotteen yhdistelmiä, värikoodattuina osoittamaan kunkin skenaarion prioriteettia Scenario MIP -projektissa. Tier 1 -skenaariot ovat SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ja SSP5-8.5. Kolme neljästä Tier 1 -skenaariosta on päivitettyjä versioita aiemmista CMIP5 RCP -skenaarioista (RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5), jotta CMIP5- ja CMIP6-ennusteita on helpompi verrata keskenään. Tier 2 -skenaariot ovat SSP1-1.9, SSP4-6.0, SSP4-3.4 ja SSP5-3.4. SSP-skenaarioiden nimissä ensimmäinen luku viittaa sosioekonomiseen kehityskulkuun ja toinen luku viittaa arvioituun globaaliin efektiiviseen säteilypakotteeseen (ERF) vuonna 2100. Esimerkiksi "SSP1-1.9" on skenaario, jossa yhdistyvät SSP1 ja 1,9 $W m^{-2}$:n säteilypakote vuonna 2100 (RCP1.9).

Seuraava kuva esittää kunkin SSP-skenaarioiden ennustaman globaalin keskimääräisen pintalämpötilan muutoksen vuosisadan loppuun mennessä. SSP5-8.5 ja SSP3-7.0 edustavat erittäin korkeita ja korkeita kasvihuonekaasupäästöskenaarioita, joissa CO_2 -päästöt kaksinkertaistuvat nykyisestä tasosta vuoteen 2050 mennessä (SSP5-8.5) ja vuoteen 2100 mennessä (SSP3-7.0). SSP2-4.5 edustaa keskitason skenaariota, jossa CO_2 pysyy nykyisellä tasolla vuosisadan puoliväliin saakka. SSP1-2.6 ja SSP1-1.9 edustavat vastaavasti alhaisia ja erittäin alhaisia kasvihuonekaasupäästöskenaarioita, joissa CO_2 -päästöt laskevat nolllatasolle noin vuoteen 2050 (SSP1-1.9) ja 2070 (SSP1-2.6) mennessä, minkä jälkeen seuraa vaihtelevia negatiivisia CO_2 -päästötasojä (IPCC, 2023).



Kuva 3-3 : Ennustettu maailmanlaajuinen keskimääräinen pintalämpötilan muutos kussakin viidestä SSP-skenaariosta.

EU-komission teknisissä ohjeissa⁷ todetaan, että käytännön sovelluksissa ilmastonmuutoksen torjumiseksi RCP 4.5 saattaa olla suositeltavin pohja ilmastoennusteiden laatimiseen vuoteen 2060 saakka. Nykyisin ollaan kuitenkin yksimielisiä siitä, että myöhempien vuosien osalta RCP4.5 saattaa aliarvioida muutoksia, erityisesti jos kasvihuonekaasupäästöt osoittautuvat odotettua suuremmiksi. Nykyisissä ennusteissa vuoteen 2100 asti on siksi tarkoituksenmukaisempaa käyttää RCP 6.0- ja RCP 8.5 -skenaarioita. Jälkimmäistä pidetään kuitenkin myös nykyisiä, muuttumattomia skenaarioita korkeampana, eli ”pessimistisenä”. Tämän skenaarion käyttö osoittaa selvästi ilmastonmuutoksen äärimmäiset seuraukset: tulevien riskien laskeminen tällä perusteella tarjoaa siten harkitun suuren turvamarginaalin. Toisaalta RCP8.5:n määrittelemään ilmastotulevaisuuteen liittyvät sopeutusratkaisut voivat joissakin tapauksissa johtaa tarpeettoman merkittäviin toimenpiteisiin: siksi on edullista omaksua ”sopeutuva hallinta” ja resilienssi-lähestymistapa. Tämä tarkoittaa mahdollisimman joustavien sopeutusratkaisujen suunnittelua ja niihin investoimista sekä ilmastonmuutoksen havaittujen vaikutusten säännöllistä seurantaa – esimerkiksi uuden ilmastotutkimuksen avulla viiden vuoden välein – ja sopeutussuunnitelman päivittämistä.

⁷ Komission ilmoitus – Tekninen ohjeistus infrastruktuurin ilmastokestävyydestä vuosina 2021–2027 (EUVL C, C/373, 16.9.2021, s. 1, CELEX: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916_03).

4. Valmisteluvaihe (vaihe 0)

Ilmastoriskin arviointi perustuu seuraaviin oletuksiin:

- Hankkeen odotettu elinkaari on 50 vuotta. Komission delegoidussa asetuksessa (EU 2021/2139) erotetaan kaksi ajanjaksoa: enintään kymmenen vuotta ja kymmenen vuotta tai enemmän. Hankkeiden, joiden odotettu elinkaari on yli kymmenen vuotta, arviointi suoritetaan käyttämällä ilmastoennusteita, jotka kattavat hankkeen odotetun elinkaaren mukaiset olemassa olevat tulevaisuuden skenaariot.
- Tulevaisuuden ilmastoa arvioidaan yhdistämällä kaksi tulevaisuuden näkymää ja päästöskenaariota. Tulevaisuuden näkymät ovat ”vuosisadan puoliväli” ja ”pitkä aikaväli”. Näin analyysi voidaan keskittää kolmeen ajankohtaan: vertailukohta (1991–2020, voi vaihdella käytetyn aineiston mukaan), vuosisadan puoliväli (2041–2060) ja vuosisadan loppu (2081–2100). Harkitaan kahta päästöskenaariota: SSP2-4.5 ja SSP5-8.5 tai RCP4.5 ja RCP 8.5 (riippuen käytetystä aineistosta, ks. luku 5.2), jotka edustavat EU:n komission teknisissä ohjeissa suositeltuja ”keskimääristä ja pahinta skenaariota”.
- Arviointi suoritetaan ottaen huomioon hankkeen merkitykselliset osat/teemat. Tässä tutkimuksessa tarkastellut hankkeen osat on lueteltu taulukossa Taulukko 4-1.

Taulukko 4-1 : Hankkeen teemat ja osat

Teemat	Komponentti
Rakennukset ja rakenteet	Datakeskuksen perustukset
	Sähköaseman perustukset
	Pylväät
	Maanpäälliset palkit ja laatat
	Katto
	Katon huoltosillat
	Generaattoritilojen runkorakenteet
ARCH ja ei-rakenteelliset komponentit	Kattotukirakenteet
	Tuuletusluukut, pellit
	Rakennusten julkisivut
	Generaattoritilojen julkisivu
	DH-telineet
	Väliseinät
	Kattomembraani
	Kattokaiteet
	Akustinen säleikkö katolla
Mekaaniset järjestelmät	Ilmajäähdytteiset jäähdyttimet (ACC)
	Ilmankäsittelykoneet (AHU)
	Tietokonehuoneen ilmastointilaitteet (CRAC)
	Jäähdytysnesteen jakeluyksiköt (CDU)
	Polttoaineensiirtopumput
	Jäähdytysvesipumput
	Polttoaineen varastosäiliöt
	DX ja VRF/VRV-järjestelmä
Sähköjärjestelmät	Sähköpylväät
	Fingridin kytkinasema
	Hankkeen sähköasemat (mukaan lukien HV/MV-muuntajat)
	MV/LV-muuntaja (RMU:t DC sisäiset)
	MV-kytkintaulut (DC-sisäinen)
	LV-kytkintaulut (DC-sisäinen – LV-ketju)
	Keskeytymätön virransyöttö (UPS)
	LV-dieselgeneraattorit (DG)
	Palvelinräkit
Käyttäjät	Terveys ja turvallisuus

5. Vaarojen seulonta (vaihe 1)

Vaiheessa 1 käytetään binääristä (Kyllä / Ei) ja konservatiivista lähestymistapaa, jolla määritetään vaarojen esiintyminen kohteessa ja niiden mahdollinen vaikutus datakeskuksen suorituskykyyn. Vaarat, joiden on todettu olevan läsnä ja jotka voivat vaarantaa laitoksen eheyden tai toimivuuden, valitaan sitten vaiheessa 2 tehtävään analyysiin (luku 6).

Jotta voitiin määrittää, mitkä vaarat tulisi sisällyttää ilmastoriskien arviointiin niiden esiintymispaikan perusteella, käytettiin seuraavaa ohjaavaa kysymystä:

Onko ilmastoon liittyvä vaara mahdollinen datakeskuksen sijaintipaikalla? (Kyllä/Ei)

Vaarat, joihin vastaus oli ”ei”, suljettiin pois jatkokäsittelystä. Ne vaarat, jotka tunnistettiin olemassa oleviksi ja mahdollisesti laitoksen eheyteen tai toiminnallisuuteen vaikuttaviksi, siirrettiin seuraavaan kysymykseen:

Vaikuttaisiko vaaran toteutuminen haitallisesti mihinkään datakeskuksen kriittiseen järjestelmän osaan? (Kyllä/Ei)

Tämän seulontavaiheen tulokset on esitetty taulukossa Taulukko 5-1 . Lisätietoja tästä arvioinnista on liitteessä I.

Taulukko 5-1 : Yhteenvetotaulukko merkittävistä vaaroista niiden esiintymispaikan ja mahdollisten vaikutusten perusteella. Paikalla esiintymättömiä vaaroja ei oteta huomioon niiden mahdollisten vaikutusten osalta hankkeeseen.

Vaaratekijä		Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Merkittävä haitta? (Kyllä/Ei)	Yksityiskohtainen ilmastoriskien arviointi?
Lämpötilaan liittyvä				
Pitkäaikainen	Lämpötilan muutos	Kyllä	Ei	Ei
	Lämpöstressi	Kyllä	Ei	Ei
	Lämpötilan vaihtelu	Ei	Ei	Ei
	Ikiroudan sulaminen	Ei	Ei	Ei
	Lisääntynyt UV-säteily	Kyllä	Ei	Ei
Akuutti	Helleaalto	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Kylmäaalto/pakkaset	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Metsäpalot	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Kosteuden muutos	Kyllä	Ei	Ei
Veteen liittyvä				
Pitkäaikainen	Sateiden määrän ja tyypin muutokset – sade	Ei	Ei	Ei
	Sademallien ja -tyyppien muuttuminen – raekuurot	Ei	Ei	Ei
	Sademallien ja -tyyppien muuttuminen – lumi/jää	Kyllä	Ei	Ei
	Sademäärän tai hydrologinen vaihtelu	Kyllä	Ei	Ei
	Meren happamoituminen	Ei	Ei	Ei
	Suolaisen veden tunkeutuminen	Ei	Ei	Ei
	Merenpinnan nousu	Ei	Ei	Ei
	Vesistressi	Kyllä	Ei	Ei
	Pinta- ja pohjaveden pinnan lasku	Ei	Ei	Ei
	Veden laadun heikkeneminen – pohjavesi	Ei	Ei	Ei
	Veden laadun heikkeneminen – pintavesi	Ei	Ei	Ei

Vaaratekijä		Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Merkittävä haitta? (Kyllä/Ei)	Yksityiskohtainen ilmastoriskien arviointi?
	CO2-pitoisuuden kasvu merivedessä	Ei	Ei	Ei
	Merivesien laadun heikkeneminen	Ei	Ei	Ei
Akuutti	Kuivuus	Kyllä	Ei	Ei
	Voimakkaat sateet – sade	Kyllä	Ei	Ei
	Voimakkaat sateet – rakeet	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Voimakkaat sateet – lumi	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Voimakkaat sateet – jää	Kyllä	Ei	Ei
	Tulva – rannikko	Ei	Kyllä	Ei
	Tulva – jokitulva	Ei	Ei	Ei
	Tulva - sadevesi	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Tulva – pohjavesi	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Myrsky	Ei	Kyllä	Ei
	Jäätikköjärven tulviminen	Ei	Kyllä	Ei
Tuuli				
Pitkäaikainen	Muutos tuulisuudessa	Kyllä	Ei	Ei
Akuutti	Myrsky	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Tornado/ trombi	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Sykloni, hurrikaani, taifuuni	Ei	Ei	Ei
Maaperään liittyvät				
Pitkäaikainen	Rannikoiden eroosio	Ei	Ei	Ei
	Maaperän huonontuminen	Ei	Ei	Ei
	Maaperän eroosio	Ei	Ei	Ei
	Maavyöry	Ei	Ei	Ei
Akuutti	Lumivyöry	Ei	Ei	Ei
	Maanvyörymä	Ei	Kyllä	Ei
	Maaperän vajoaminen	Ei	Ei	Ei

EU:n taksonomiaseulonnan avulla tunnistetut ilmastoon liittyvät vaarat – eli helleaallot, kylmäaallot/pakkaset, metsäpalot, rankkasateet (raekuurot ja lumi), sadeveden aiheuttamat tulvat, pohjaveden aiheuttamat tulvat ja myrskyt – tarkennettiin myöhemmin, jotta arviointi olisi yhdenmukainen kohteen erityisten toiminnallisten ominaisuuksien kanssa. Tuloksena saadut muutokset esitetään taulukossa Taulukko 5-2 .

Vaarojen arvioinnin vaiheen 2 perusteella arvioinnissa määriteltiin uudelleen lämpö- ja kylmävaarat korvaamalla aaltojen tyyppiset tapahtumat äärimmäisen kuumien ja äärimmäisen kylmien päivien ($\geq 30^\circ\text{C}$ ja $\leq -30^\circ\text{C}$) kynnysarvoilla. Nämä kynnysarvot valittiin siten, että ne ovat yhdenmukaiset DC-järjestelmän suunnitteluparametrien ($32,9^\circ\text{C}$ ja $-32,8^\circ\text{C}$) kanssa. Tämä metodologinen muutos tukee odotusta, että toiminnalliset riskit ovat rajalliset sekä korkeissa että matalissa lämpötiloissa vahvistettujen suunnittelumarginaalien puitteissa. Lisätietoja on liitteessä II.

Lisäksi sade- ja pohjaveden tulvat yhdistettiin yhdeksi vaaraluokaksi. SWECO:n⁽⁸⁾ tekemät hydrogeologiset arvioinnit osoittavat, että pohjaveden pinnan korkeus vaihtelee epäsäännöllisesti ja että pohjavesi ei muodosta jatkuvaa pohjavesikerrosta koko hankealueella – pohjaveden pinnan korkeus on yleensä alle metrin maanpinnan alapuolella. Pohjaveden korkeus noudattaa yleisesti pinnan morfologiaa, ja

⁸ Sweco, 2025: Pohjavesiraportti Pohjaveden tila ja vaikutusten arviointi ympäristöön

kalliomuodostumat toimivat paikallisina vedenjakajina. Seurantatiedot osoittavat, että pohjaveden pinnan korkeus reagoi nopeasti sateisiin moreenikerrostumien sisällä sijaitsevilla kaivoissa, kun taas kalliomailla ja turvealueilla vaihtelut ovat vähäisiä. Ottaen huomioon näiden kahden ilmiön välisen vuorovaikutuksen ja Swecon havaintojen mukaisesti nämä kaksi vaaraa yhdistettiin. Katso lisätietoja liitteestä II.

Taulukko 5-2 . Vaarojen tarkentaminen EU:n taksonomian seulonnan perusteella.

EU:n taksonomian vaara	Tarkennettu vaara
Helleaallot	Äärimmäinen kuumuus/helleaallot
Kylmäaallot/pakkaset	Äärimmäinen kylmyys
Metsäpalot	Metsäpalo
Voimakkaat sateet – raekuurot	Voimakkaat sateet – raekuurot
Voimakkaat sateet – lumi	Voimakkaat sateet – lumi
Tulva – sade	Tulva – sadevesi/pohjavesi
Tulva – pohjavesi	
Myrsky	Myrsky
Tornado / trombi	Tornado /trombi

6. Yksityiskohtainen ilmastoriskianalyysi (vaihe 2)

6.1 Menetelmä

Vaiheessa 2A tarkastellaan vain vaiheessa 1 merkitykselliseksi todettuja vaaroja (eli niitä, jotka on korostettu taulukon kolmannessa sarakkeessa Taulukko 5-1) ja annetaan yksityiskohtaisempi arvio mahdollisista riskeistä. Analyysi on jaettu kolmeen vaiheeseen, jotka kuvataan lyhyesti alla:

1. **Todennäköisyysanalyysi (tai vaara-analyysi)** tunnistettujen ilmastovaarojen toteutumisen todennäköisyyden määrittämiseksi, ottaen huomioon sekä nykyisen skenaarion että tulevaisuuden ilmastoennusteet.
2. **Vaikutusanalyysi (tai haavoittuvuusanalyysi)** analysoitavien omaisuuserien alttiuden määrittämiseksi fyysisille ja ei-fyysisille vahingoille vaaran toteutumisen jälkeen, sekä mahdollisten taloudellisten tappioiden ja loukkaantumisten määrittämiseksi.
3. **Riskinarviointi**, jossa yhdistetään todennäköisyys- ja vaikutusanalyysit kunkin omaisuuden riskitason määrittämiseksi kunkin nykyisessä ja tulevissa skenaarioissa tarkastellun vaaran osalta.

6.2 Vaarojen arviointiin käytetty tietokanta

Saatavilla olevat ilmastomallit ja vaara-analyysien portaali tarkasteltiin perusteellisesti. Taulukko 6-1 sisältää yhteenvedon vaara-arvioinnissa käytetyistä keskeisistä tietolähteistä, ilmastomalleista, perusskenaarioista ja ilmastoskenaarioista sekä resoluutiolähteistä.

Taulukko 6-1 : Yhteenvedo vaaran analysoinnissa käytetyistä tietolähteistä.

Tietolähde	Vaaratekijä	Ilmastomallin kuvaus	Kommentit
Nykyinen: Jokioisen observatorio (FMI-asema) Tulevaisuus: Copernicus Interactive Climate Atlas (CMIP6)	Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Malli: CMPI6 Skenaario: SSP (AR6) Paikallinen resoluutio: 100 km Vertailukohta: 1991–2020	Jokioisen asemalta saadut tiedot kattavat vuodet 1991–2020. Copernicus Atlas -tiedot, jotka on johdettu CMPI6-mallista, perustuvat 30 vuoden vertailukauteen vuosina 1991–2020.
Nykyinen: Jokioisen observatorio (FMI-asema) Tulevaisuus: Copernicus Interactive Climate Atlas (CMIP6)	Äärimmäisen kylmät päivät	Malli: CMPI6 Skenaario: SSP (AR6) Paikallinen resoluutio: 100 km Vertailukohta: 1991–2020	Tiedot ovat peräisin Jokioisen asemalta vuosilta 1991–2020. Tulevaisuuden skenaariossa ennustetut muutokset minimilämpötilassa on johdettu CMIP6-mallista käyttäen vuosia 1991–2020 30 vuoden vertailuperusteena.
Climate ADAPT – Keskimääräinen paloindeksi Copernicus-ilmastonmuutospalvelu	Metsäpalot	Malli: EURO-cordex Skenaario: RCP (AR5) Paikallinen resoluutio: 12,5 km Perusvuosi: 1991–2020	Tiedot perustuvat vertailukauteen 1991–2020. Arvot ovat alueellisia.
Sateenkaaren analyysi – SWECO (2025) ⁹	Sateen aiheuttama tulva	Simulointi tehty 100 vuoden ja 500 vuoden ajalle Skenaario: NA, +20 % Paikallinen resoluutio: 2 m	Sademäärätietoja on saatu Jokioisen asemalta. Tulevaisuuden skenaarioissa on lisätty 20 %:n lisäys nykyisiin olosuhteisiin

⁹ Sateenkaaren analyysi SWECO 2025

Tietolähde	Vaaratekijä	Ilmastomallin kuvaus	Kommentit
			verrattuna ilmastomuutoksen huomioon ottamiseksi.
Jokioisen observatorio (FMI-asema)	Voimakkaat sateet – lumi	Jokioisen asemalta saadut lumisateet.	Jokioisen asemalta saadut tiedot kattavat ajanjakson 1991–2020 ja sisältävät kumulatiiviset lumensyvyysmittaukset.
ESWD:n eurooppalainen säätiетokanta Radler ym., 2019 25F10	Voimakas sateet (raekuurot)	Malli: EURO-cordex Skenaario: RCP (AR5) Paikallinen resoluutio: 50 km Vertailukohta: 1971–2000	Ilmastoskenaarioissa on suuria epävarmuustekijöitä ja/tai käytettävissä olevat tiedot ovat rajallisia.
Nykyinen: Suomen kansallinen liite Eurocode-standardiin EN1991-1-4 Tulevaisuus: Ruosteenoja & Jylhä, 2021	Myrsky	Malli: CMIP6 Skenaario: SSP Perusskenaario: CMIP-tietoja ei käytetty tässä arvioinnissa, vaan perusskenaariossa käytettiin Eurocode-standardin tietoja ja menetelmiä.	Nykyisen ilmaston keskimääräiset tuulen nopeuden perusarvot on saatu Eurocode-standardin Suomen kansallisesta liitteestä. Tyypillisessä insinöörityönteollisessä käytännössä tällaiset arvot saadaan historiallisten tuulitietojen ääriarvoanalyysin avulla.
Nykyinen: Rauhala et al. 2012 Tulevaisuus: IPCC, 2023	Tornado / trombi	Perusviiva: Historialliset tiedot vuosilta 1796–2007.	Käytettiin sekä arkisto- ja dokumenttilähteisiin perustuvaa historiallista aineistoa vuosilta 1796–1996 että tuoreempaa, julkisiin raportteihin, tutkietoihin ja vahinkotutkimuksiin perustuvaa aineistoa vuosilta 1997–2007.

6.3 Tulokset

6.3.1 Vaara-analyysi

Vaiheessa 1 (seulonta) tunnistetut vaarat analysoitiin tarkemmin EU:n komission teknisen ohjeistuksen¹¹ mukaisesti. Ilmastovaaroja arvioitiin järjestelmällisellä menetelmällä joko määrittämällä niiden toistumisjaksot (eli äärimmäisten tapahtumien odotettu toistumisväli) tai soveltamalla rakenteellisiin ja toiminnallisiin vaikutuksiin liittyviä kvantitatiivisia kynnysarvoja. Tapauksissa, joissa tiedot olivat riittämättömiä tai olosuhteet olivat paikkakohtaisia, vaarojen luokittelu perustui tekniseen arvioon. Lisätietoja luokittelumenetelmästä on liitteessä II. Tulokset on siten muunnettu vaaratasoksi. Käytössä on viisi luokkaa, jotka vaihtelevat erittäin epätodennäköisestä yleiseen.

Taulukossa 6-2 on kuvaus kustakin vaaratasosta. Taulukossa 6-3 on esitetty kunkin vaaramuuttujan osalta vaaraluokittelussa käytetyt kynnysarvot.

¹⁰ Rädler, A.T., Groenemeijer, P.H., Faust, E. et al. Voimakkaiden ukkosmyrskyjen esiintymistiheyden odotetaan lisääntyvän Euroopassa 21. vuosisadalla epävakauden lisääntymisen vuoksi. npj Clim Atmos Sci 2, 30 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0083-7>

¹¹ Komission tiedonanto – Tekninen ohjeistus infrastruktuurin ilmastokestävyyden parantamisesta vuosina 2021–2027 (EUVL C, C/373, 16.9.2021, s. 1, CELEX: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916\(03\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916(03))).

Lopuksi taulukossa 6-4 esitetään yhteenveto vaaran analyysin tuloksista. Kunkin vaaran yksityiskohtainen analyysi esitetään liitteessä II.

Taulukko 6-2 : Vaarojen luokittelu esiintymistodennäköisyyden perusteella.

Vaarojen luokittelu	Todennäköisyys
Erittäin epätodennäköinen	On erittäin epätodennäköistä, että omaisuus kohtaa tämän vaaran sen suunnitellun käyttöiän aikana.
Epätodennäköinen	On epätodennäköistä, että omaisuus kohtaa tämän vaaran sen suunnitellun käyttöiän aikana.
Todennäköinen	On mahdollista, että omaisuus kohtaa tämän vaaratilanteen sen suunnitellun käyttöiän aikana.
Erittäin todennäköinen	On erittäin todennäköistä, että omaisuus kohtaa tämän vaaratilanteen sen suunnitellun käyttöiän aikana.
Yleinen	On arvioitu, että omaisuus altistuu tälle vaaralle vähintään kerran sen suunnitteluajan kuluessa.

Taulukko 6-3 : Tässä selvityksessä käytetty vaaraluokittelu.

Vaaratekijä	Äärimmäisen kuumat päivät	Äärimmäisen kylmät päivät	Voimakkaat sateet – raekuurot	Voimakkaat sateet – lumi	Myrsky	Tornado/trombi	Metsäpalot *	Tulva – sade
Vaaratekijä Muuttuja	Päivät, jolloin $T_{max} \geq 30$ °C	Päivät, jolloin $T_{max} \leq -30$ °C	Rakeet, joiden halkaisija ≥ 5 cm	Päivät, jolloin lumikerros ≥ 50 cm	Tuulen nopeus yli 75 km/h (voimakas/erittäin voimakas myrsky)	Yhden merkittävän trombin toistumisaika 6400 km ² llä	Keskimääräinen paloindeksi (FWI)	Veden syvyys (cm) suhteessa 100 vuoden toistumisaajan tulvatapahtumaan
Luokitus	Vuosien vaihteluväli						Kynnys	
Erittäin epätodennäköinen	>500						< 5,2	< 0,3
Epätodennäköinen	200 < $\leq$ 500						< 11,2	0,3 $\leq$ – < 0,4
Todennäköinen	50 < $\leq$ 200						11,2 $\leq$ – < 21,3	0,4 $\leq$ – < 0,5
Erittäin todennäköinen	10 < $\leq$ 50						21,3 $\leq$ – < 38	0,5 $\leq$ – < 1
Yleinen	$\leq$ 10						$\geq$ 38	$\geq$ 1

Taulukko 6-4 : Yhteenveto vaara-analyysin tuloksista.

Vaaratekijä		Vaaratekijä Muuttuja	Käytetty luokittelumenetelmä	Nykyinen	SSP2-4.5 2050	SSP5- 8,5 2050	SSP2- 4,5 2100	SSP5- 8,5 2100
Lämpötilaan liittyvät								
Äärimmäisen kuumuus/heleallot	Akuttii	Päivät, jolloin $T_{max} \geq 30$ °C	Toistumisväli	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>
Äärimmäisen kylmyys	Akuttii	Päivät, jolloin	Toistumisaika	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>

Vaaratekijä		Vaaratekijä Muuttuja	Käytetty luokittelume- netelmä	Nykyinen	SSP2-4.5	SSP5- 8,5	SSP2- 4,5	SSP5- 8,5
					2050	2050	2100	2100
		Tmin ≤ -30 °C						
Metsäpalot	Akuutti	Keskimääräinen paloindeksi (FWI)	Kynnys	<i>Erittäin epätodennäköinen</i>	<i>Erittäin epätodennäköinen</i>	<i>Erittäin epätodennäköinen</i>	<i>Erittäin epätodennäköinen</i>	<i>Erittäin epätodennäköinen</i>
Veteen liittyvät								
Voimakkaat sateet – lumi	Akuutti	Päivät, jolloin lumen syvyys on ≥ 50 cm	Toistumisväli	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>
Voimakkaat sateet – raekuuro 5 cm	Akuutti	Rakeet, joiden halkaisija on ≥ 5 cm	Toistumisai- ka	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Yleinen</i>
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Akuutti	Veden syvyys (metreinä) suhteessa 100 vuoden toistumisaikajan tulva-ilmioon	Kynnys	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>	<i>Yleinen</i>
Tuuliin liittyvät								
Tuulimyrsky	Akuutti	10 minuutin tuulen nopeus yli 103 km/h (voimakas myrsky)	Toistumisai- ka	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>	<i>Erittäin todennäköinen</i>
Tornado	Akuutti	Yhden merkittävän tornadon toistumistiheys 6400 km ²	Toistumisväli	<i>Todennäköinen</i>	<i>Todennäköinen</i>	<i>Todennäköinen</i>	<i>Todennäköinen</i>	<i>Todennäköinen</i>

6.3.2 Haavoittuvuusanalyysi

Vaikutusanalyysi (eli haavoittuvuusarviointi) tarjoaa projektin eri osille/teemoille laadullisen arvion vaarojen mahdollisista vaikutuksista eri ulottuvuuksissa (fyysiset vahingot, taloudelliset menetykset, toiminnan keskeytyminen, turvallisuus ja terveys jne.).

Ilmastonmuutoksen aiheuttamien riskien mahdollisten vaikutusten kuvaus ja luokitus projektin osatekijöihin on esitetty taulukossa 6-5. Vaikutukset on määritetty laadullisesti luokitusasteikolla, ja niissä otetaan erikseen huomioon fyysiset vahingot, toiminnan sijaintipaikalla sekä käyttäjien terveys ja turvallisuus. Tuloksena on määritetty kolme luokitusta paikan suoralle, toiminnalliselle sekä terveys- ja turvallisuusriskille. Luokitus vaihtelee erittäin matalasta erittäin korkeaan. Suorat eli fyysiset vaikutukset arvioitiin jokaiselle tunnistetulle kriittiselle osalle. Vaikka toiminnalliset vaikutukset otettiin huomioon

kaikissa keskeisissä osissa, määritettiin vain yleinen toiminnallinen pisteytys. Terveys- ja turvallisuusriski määritettiin käyttäjille aiheutuvien vaikutusten perusteella, kuten on määritelty taulukossa 6-5.

Taulukko 6-5 : Ohjeellinen luokitus ilmatoriskin mahdollisten vaikutusten arvioimiseksi projektin osa-alueisiin.

Vaikutusten luokitus	Kuvaus		
	Fyysiset vahingot	Toiminta	Terveys ja turvallisuus
N / A	- Vaaratekijä ei koske osa-aluetta	- Vaaratekijä ei koske komponenttia	- Vaaratekijä ei koske osa-aluetta
Erittäin vähäinen	- Vähäinen kosmeettinen vaurio omaisuudelle - Ei vaurioita rakenteellisille ja ei-rakenteellisille osille - Taloudellinen tappio on merkityksetön	- Ei käyttökatkoksia	- Vähäinen haitta käyttäjille - Ei loukkaantumisia/uhr eja
Vähäinen	- Laajat kosmeettiset vauriot - Pieniä vaurioita ei-rakenteellisissa osissa. - Ei vaurioita rakenteellisille elementeille - Fyysisistä vaurioista aiheutuneet taloudelliset menetykset ovat rajalliset.	- Rajoitettu käyttökatkos (1 minuutti – 1 tunti)	- Pienet vammat, jotka voidaan hoitaa ensiaputoimenpiteillä joidenkin käyttäjien osalta.
Keskivaik ea	- Kohtalainen vahinko rakenteellisille ja ei-rakenteellisille elementeille - Fyysisistä vaurioista johtuvat taloudelliset menetykset ovat rajalliset. - Fyysisistä vahingoista johtuvat kohtuulliset taloudelliset menetykset.	- Rajoitettu seisokkiaika, joka liittyy joidenkin alueiden mahdolliseen sulkemiseen. Toiminnallinen seisokkiaika (1 tunti < 1 päivä)	- Lieviä vammoja, mahdollisuus vakaviin vammoihin
Korkea	- Laajat vahingot ei-rakenteellisille elementeille. - Kohtalaiset rakenteelliset vahingot - Merkittävät taloudelliset menetykset fyysisten vahinkojen vuoksi	- Kohtalainen toiminnan keskeytyminen (1 päivä – 1 viikko)	- Lukuisia loukkaantumisia, mukaan lukien vakavia loukkaantumisia
Erittäin suuri	- Laajat rakenteelliset ja ei-rakenteelliset vauriot - Fyysisistä vahingoista johtuvat suuret taloudelliset menetykset	- Merkittävä toiminnan keskeytyminen (yli 1 viikko)	- Lukuisia vakavia vammoja, mahdollisia kuolemantapauksia

Kunkin osatekijän yksityiskohtainen analyysi on esitetty liitteessä III. Alla olevassa taulukossa on yhteenveto kunkin teeman haavoittuvuustuloksista.

Taulukko 6-6 : Yhteenveto vaikutusanalyysistä.

Vaara (EU:n taksonomia)	Suora haavoittuvuus yhteensä	Operatiivinen haavoittuvuus	Terveys- ja turvallisuushaavoittuvuus
Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen
Äärimmäinen kylmyys	Matala	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen
Metsäpalot	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Korkea
Voimakkaat sateet – rakeet	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Alhainen
Voimakkaat sateet – lumi	Erittäin alhainen	Alhainen	Alhainen
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Korkea	Erittäin korkea	Korkea
Myrsky	Matala	Matala	Keskitaso
Tornado	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea

6.3.3 Riskinarviointi

Riskitason määrittämiseksi on tarpeen yhdistää vaarojen arvioinnin tulokset ja niiden vaikutukset projektiin (eli haavoittuvuusarviointi). Tässä tutkimuksessa on käytetty taulukossa 6-7 esitettyä luokitusta, jossa on viisi riskiluokkaa: erittäin alhainen, alhainen, keskitasoinen, korkea ja erittäin korkea.

Taulukko 6-7 : Tässä tutkimuksessa käytetty riskimatriisi.

		Vaikutus				
		Erittäin vähäinen	Alhainen	Keskitaso	Korkea	Erittäin korkea
Vaarallisuus	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin vähäinen	Erittäin alhainen	Alhainen	Keskitaso	Keskitaso
	Epätodennäköinen	Erittäin alhainen	Matala	Keskitaso	Keskitaso	Korkea
	Todennäköinen	Matala	Matala	Keskitaso	Korkea	Korkea
	Erittäin todennäköinen	Matala	Keskitaso	Korkea	Korkea	Erittäin korkea
	Yleinen	Matala	Keskitaso	Korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea

Yhteenveto riskienarvioinnin tuloksista on esitetty taulukoissa 6-8, 6-9 ja 6-10. Kun riskitaso on vähintään ”keskitasoa”, riskiä pidetään ei-hyväksyttävänä, ja tällöin esitetään kyseiselle omaisuuserälle soveltuvat mahdolliset ilmastomuutokseen sopeutumisen toimenpiteet.

Taulukko 6-8 : Suora riskinarviointi, jossa otetaan huomioon nykyiset ja tulevat ilmastoskenaariot.

Vaarate kijät EU:n takson omia	Vaarate kijät Nykyiset	Vaarate kijä 2050 – SSP2- 4,5	Vaarate kijä 2050 – SSP5- 8,5	Vaarate kijä 2100 – SSP2- 4,5	Vaarate kijä 2100 – SSP5 – 8,5	Haavoit tuvuus taso DC	Riski Nykyin en	Riski 2050 – SSP2- 4,5	Riski 2050 – SSP5- 8,5	Riski 2100 – SSP2- 4,5	Riski 2100 – SSP5 – 8,5
Äärim mäinen kuumu us/helle aallot	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Matala	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o
Äärim mäinen kylmyy s	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin todennä köinen	Matala	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o
Metsäp alot	Erittäin epätoden näköine n	Erittäin epätoden näköine n	Erittäin epätoden näköine n	Erittäin epätoden näköine n	Erittäin epätoden näköine n	Erittäin suuri	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o
Voimak kaat sateet – rakeet	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Yleinen	Erittäin epätoden näköine n	Alhainen	Matala	Matala	Alhaine n	Alhainen
Voimak kaat sateet – lumi	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin alhainen	Alhainen	Matala	Matala	Alhaine n	Alhainen
Tulva – sadeves i/pohja vesi	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea
Tuulim yrsky	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Erittäin todennä köinen	Matala	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o	Keskitas o
Tornad o	Todennä köinen	Todennä köinen	Todennä köinen	Todennä köinen	Todennä köinen	Erittäin suuri	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea

Taulukko 6-9 : Operatiivisen riskin arviointi nykyisten ja tulevien ilmastoskenaarioiden perusteella.

Vaaratekijät EU:n taksonomia	Vaaratekijä Nykyinen	Vaara 2050 – SSP2-4,5	Vaaratekijä 2050 – SSP5-8,5	Vaaratekijä 2100 – SSP2-4,5	Vaaratekijä 2100 – SSP5-8,5	Haavoittuvuus taso DC	Riski Nykyinen	Riski 2050 – SSP2-4,5	Riski 2050 – SSP5-8,5	Riski 2100 – SSP2-4,5	Riski 2100 – SSP5-8,5
Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin alhainen	Alhainen	Matala	Matala	Alhainen	Alhainen
Äärimmäinen kylmyyds	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Matala	Matala	Alhainen	Alhainen	Alhainen
Metsäpalot	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin suuri	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
Voimakkaat sateet – rakeet	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Yleinen	Erittäin epätodennäköinen	Alhainen	Matala	Matala	Matala	Alhainen
Voimakkaat sateet – lumi	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Matala	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea
Tuulimyrsky	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Matala	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
Tornadot	Todennäköinen	Todennäköinen	Todennäköinen	Todennäköinen	Todennäköinen	Erittäin suuri	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea

Taulukko 6-10 : Terveys- ja turvallisuusriskien arviointi nykyisten ja tulevien ilmastoskenaarioiden perusteella.

Vaaratekijä EU:n taksonomia	Vaara Nykyinen	Vaara 2050 – SSP2-4,5	Vaara 2050 – SSP5-8,5	Vaara 2100 – SSP2-4,5	Vaaratekijä 2100 – SSP5-8,5	Haavoittuvuus taso DC	Riski Nykyinen	Riski 2050 – SSP2-4,5	Riski 2050 – SSP5-8,5	Riski 2100 – SSP2-4,5	Riski 2100 – SSP5-8,5
Äärimmäinen kuumuus/helleaallot	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin alhainen	Alhainen	Matala	Matala	Matala	Alhainen
Äärimmäinen kylmyys	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Alhainen	Matala	Alhainen	Alhainen	Alhainen
Metsäpalot	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen	Korkea	Matala	Matala	Matala	Matala	Matala
Voimakkaat sateet – rakeet	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Yleinen	Matala	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso
Voimakkaat sateet – lumi	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Matala	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso

Tulva – sadevesi/pohjavesi	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Yleinen	Korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea
Tuulimyrsky	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Erittäin todennäköinen	Keskimääräinen	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea
Tornadot	Todennäköinen	Todennäköinen	Todennäköinen	Todennäköinen	Todennäköinen	Erittäin suuri	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea

6.4 Yhteenveto yksityiskohtaisen riskinarvioinnin tuloksista

Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että tämän hankkeen puitteissa tunnistettujen keskeisten tekijöiden osalta nykyisissä ja tulevaisissa ilmastoskenaarioissa suora riski on luokiteltu seuraavasti:

- **Matala:** voimakkaat sateet – lumi ja voimakkaat sateet – rakeet
- **Keskitasoinen:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys, metsäpalot ja myrskyt
- **Korkea:** trombit
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi

Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että tämän hankkeen nykyisille ja tuleville ilmastoskenaarioille tunnistetuissa avainkomponenteissa operatiivinen riski on luokiteltu seuraavasti:

- **Matala:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys ja voimakkaat sateet – raekuurot
- **Keskitasoinen:** metsäpalot, voimakkaat sateet – lumi ja myrskyt
- **Korkea:** trombit
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että kaikissa tämän hankkeen tunnistamissa avaintekijöissä nykyisten ja tulevien ilmastoskenaarioiden osalta terveys- ja turvallisuusriski on luokiteltu seuraavasti:

- **Matala:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys
- **Keskitasoinen:** metsäpalot, voimakkaat sateet – lumi ja voimakkaat sateet – rakeet
- **Korkea:** myrskytuulet ja trombit
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi

7. Ilmastomuutokseen sopeutuminen

Vaiheessa 2B pyritään ehdottamaan mahdollisia sopeutumistoimenpiteitä, joilla voidaan vähentää hankkeen kannalta merkittäviksi tunnistettuja ilmastoriskejä. Näihin kuuluvat yksityiskohtaisen riskinarviointianalyysin osana keskitasoisiksi, korkeiksi tai erittäin korkeiksi luokitellut ilmastoriskit. EU:n komission teknisissä ohjeissa edellytetään, että merkittävien riskien osalta määritetään sopeutumistoimenpiteet, joilla riskit voidaan vähentää ”hyväksyttävälle” tasolle.

7.1 Mahdollisten sopeutumistoimenpiteiden tunnistaminen

Eurooppalaisten säännösten ja DNSH-periaatteen mukaisesti, joka koskee ilmastomuutokseen sopeutumista uusissa toiminnoissa ja olemassa olevissa toiminnoissa, joissa käytetään uusia fyysisiä omaisuuksia, tavoitteena on integroida sopeutusratkaisuja, jotka voivat auttaa vähentämään tärkeimpiä ilmastoriskejä, jotka on tunnistettu suunnittelu- ja rakennusvaiheessa sekä myöhemmin hallinnassa.

Ratkaisut tunnistettiin ilmastoriskien arvioinnin yhteydessä tunnistettujen riskien ja mahdollisten vaikutusten tarkastelun perusteella. Ehdotetaan luetteloa mahdollisista toimenpiteistä, joilla voidaan vähentää tunnistettuja riskejä kunkin rakennusjärjestelmän ja rakennuksen kokonaisuuden osalta. Nämä ratkaisut tunnistetaan teknisen arvioinnin, parhaiden käytäntöjen asiakirjojen (esim. Euroopan komissio, FEMA) ja seuraavien alueiden perusteella:

- a. Rakenteelliset toimenpiteet, mukaan lukien tekniset suunnitteluratkaisut ja luontoon perustuvat ratkaisut
- b. Ei-rakenteelliset toimenpiteet, mukaan lukien työnhallintaratkaisut, ilmastomuutoksen seuranta, varautumissuunnitelmat, riskienhallinta ja toiminnan suunnittelu.

7.2 Rajoittavat tekijät

Mahdollisten sopeutumistoimenpiteiden arviointia rajoittavat

- i. **Ilmastotietojen saatavuus ja tarkkuus.** Tutkimuksen tekohetkellä käytettävissä olevien tietojen rajallisuus, sekä nykyisten vaarojen että ilmastomuutoksen vaikutusten tieteellisen osoittamisen osalta, lisää merkittävästi tulevaisuuden vaaroihin liittyen epävarmuutta ilmastomuutoksen mahdollisten vaikutusten suhteen.
- ii. **Tulevaisuuden skenaarioihin liittyvät epävarmuustekijät,** mukaan lukien merkittävät epävarmuustekijät, jotka ovat luontaisia tulevaisuuden ilmastoskenaarioiden kehittämiseksi. Suositellaan tehokasta ilmastomuutoksen seurantastrategiaa sekä riskianalyysin ja sopeutumissuunnitelman säännöllistä päivittämistä.
- iii. **Rakennussuunnitelman päivitykset.** Projektisuunnittelun jatkuva luonne tarkoittaa, että suunnitelma kehittyy jatkuvasti. Kehitettäessä luetteloa mahdollisista sopeutumistoimenpiteistä tämä raportti ehdottaa vaihtoehtoja, joita suunnittelutiimi voi harkita viimeisimpien saatavilla olevien tietojen perusteella. Raportissa tunnustetaan, että jotkut ehdotetuista toimenpiteistä on jo saatettu toteuttaa, harkita ja hylätä tai ne eivät ole toteutettavissa kunkin alan viimeisimmän suunnitelman perusteella.

7.3 Sopeutumistoimenpiteiden arviointi

Edellä mainittujen alueiden sopeutumistoimenpiteiden arvioinnissa on otettava huomioon seuraavat ohjaavat periaatteet:

- **Periaate 1. Nykyisen lainsäädännön ja sääntelyn noudattaminen.** Nykyiset suunnittelumääräykset ovat etusijalla ja niitä on noudatettava. Kun määräysten noudattaminen on varmistettu, ratkaisuja, jotka lisäävät riskien vähentämisen tehokkuutta, arvioidaan asianmukaisesti ottaen huomioon, että ilmastomuutos lisää infrastruktuurin vaara- ja riskiprofiileja.

- **Periaate 2. Toimenpiteiden tarkastelu riskin ”hyväksyttävän tason” valossa.** Pitäen mielessä tarpeen harkita parhaita mahdollisia vaihtoehtoja riskien vähentämiseksi suunnittelussa, on otettava huomioon, että jotkut riskit (ilmastonmuutoksen ja taloudellisten vaikutusten nykyisten epävarmuuksien vuoksi) ovat hyväksyttäviä ei-olennaisten hankkeiden osien osalta, joiden osalta sopeutumistoimenpiteiden kustannukset olisivat suuremmat kuin riskien välttämisen hyödyt: joissakin tapauksissa paras vaihtoehto saattaa olla hyväksyä, että ylärakenne tai ei-olennainen infrastruktuuri saattaa kärsiä vähäisiä (eikä silti katastrofaalisia) vahinkoja. Tämä periaate ei saa missään tapauksessa olla ristiriidassa turvallisuusperiaatteiden kanssa, jotka on selvästi määritelty lainsäädännössä ja sääntelyssä.
- **Periaate 3. Sopeutumiskykyyn perustuvan lähestymistavan priorisointi.** Priorisoidaan ratkaisuja, jotka voivat sopeutua dynaamisesti uusiin ilmasto-olosuhteisiin ja jotka voidaan toteuttaa ajan mittaan tai vaiheittain.
- **Periaate 4. Resilienssi.** Resilienssi täydentää DNSH:n edellyttämää riskien vähentämisen ja ehkäisemisen lähestymistapaa tarjoamalla joustavia ratkaisuja äärimmäisten tapahtumien hallintaan. Lisäksi resilienssi suosii systeemiä ratkaisuja, joilla on useita etuja, kuten ratkaisut, jotka hyödyttävät maata (esim. hyvien vesivarojen hallinnan kautta).
- **Periaate 5. Aseta etusijalle ”vain vähäistä tai ei lainkaan katumusta” -toimenpiteet.** Ottaen huomioon tulevaisuuden skenaarioiden luonteeseen liittyvän merkittävän epävarmuuden ja ilmastonmuutoksen moninaiset tulevat vaikutukset, sopeutumistoimenpiteiden tulisi olla todennäköisesti myönteisiä rakennukselle perustuen parhaaseen nykyiseen tieteelliseen tietoon ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Jos tulevaisuuden skenaariot johtavat voimakkaampiin tai heikompaan vaaratilanteisiin, myönteisten vaikutusten tulisi silti säilyä.
- **Periaate 6. Älä aiheuta merkittävää haittaa (DNSH).** Suunnitelluilla ratkaisulla ei tulisi olla kielteisiä vaikutuksia maaperään, omaisuuteen ja välillisesti vaikutuksen kohteeksi joutuviin ihmisiin. Niiden ei tulisi johtaa ”sopeutumattomuuteen”, joka lisäisi haitallisten ilmastovaikutusten riskiä nyt tai tulevaisuudessa. Komissio antaa esimerkkinä ”hankkeen, johon sisältyy pengeri, joka voi lisätä tulvariskiä lähialueella”.

Näitä periaatteita ja tekijöitä soveltaen ehdotetaan erilaisia toimenpiteitä kunkin tunnistetun luokan (suora, toiminnallinen tai terveys ja turvallisuus) riskien vähentämiseksi, kun ne on luokiteltu keskisuuriksi, suuriksi tai erittäin suuriksi.

7.4 Mahdolliset sopeutumistoimenpiteet

Alla on lueteltu valikoima mahdollisia lisämuutoksia, joita voidaan harkita suunnittelun edetessä seuraavaan vaiheeseen:

7.4.1 Äärimmäinen kuumuus / helleaallot

Äärimmäisen kuumat päivät voivat vaikuttaa rakennuksen käyttäjien mukavuuteen ja turvallisuuteen sekä rakennuksen järjestelmiin ja ulkoisiin materiaaleihin, jotka altistuvat pitkään äärimmäisille lämpötiloille. Rakennuksen käyttäjien osalta datakeskus on varustettu mekaanisella ilmastoinnilla, joka vähentää merkittävästi ihmisten terveysriskejä säätelämällä rakennuksen sisälämpötilaa. Lisäksi nykyiseen suunnitteluun on jo sisällytetty joitakin sopeutumistoimenpiteitä, kuten rakennusliitosten käyttö rakenteellisten komponenttien lämpörasituksen hallitsemiseksi. Lisäksi julkisivun suunnittelun tarkoituksena on suojata rakennusta säteilyltä ja mahdollistaa ilmankierto. Mekaanisen jäähdytysjärjestelmän osalta, jos lämpö ylittää suunnittelurajan pitkään (32,9 °C), se heikentää datahallien jäähdytyskykyä.

7.4.2 Äärimmäinen kylmyys

Vastaavasti äärimmäisen kylmät päivät voivat vaikuttaa rakennuksen käyttäjien mukavuuteen ja turvallisuuteen sekä rakennuksen järjestelmiin ja ulkoisiin materiaaleihin, jotka altistuvat pitkään äärimmäisille lämpötiloille. Rakennuksen käyttäjien osalta datakeskus on varustettu mekaanisella ilmanlämmityksellä, joka vähentää merkittävästi ihmisten terveysriskejä säätelämällä rakennuksen sisälämpötilaa. Kuten mainittu, nykyiseen suunnitteluun on jo sisällytetty joitakin sopeutumistoimenpiteitä, kuten rakennusliitosten käyttö rakenteellisten komponenttien lämpörasituksen hallitsemiseksi.

Mekaaninen jäähdytysjärjestelmä on mitoitettu lämpötiloille, jotka ovat jopa -32,8 °C. Tämän lämpötilan alapuolella on riski, että kylmäaineen paine voi laskea turvallisen toiminta-alueen alapuolelle ja ylikondensoitua (nesteytyä), mikä lisää riskiä, että nestemäinen kylmäaine pääsee kompressoriin ja aiheuttaa jäähdyttimen epävakaan toiminnan. Samoin putket, joissa on seisovaa vettä, voivat jäätä näissä olosuhteissa ja rikkoutua, mikä johtaa jäähdytyskapasiteetin menetykseen datakeskuksissa. Mukautustoimenpiteisiin kuuluvat putkistojen eristys ja kohdennettu lämmitys (sähköisesti lämmitettävien kaapeleiden käyttö putkien ja komponenttien ympärillä niiden pitämiseksi minimilämpötilan yläpuolella).

7.4.3 Metsäpalo

Rakennukset voivat olla alttiina metsäpaloriskeille paikallisen ilmaston ja ympäröivän kasvillisuuden vuoksi. Metsäpalot voivat vaikuttaa rakennusten ulkoseiniin, erityisesti julkisivuihin, ja mikä tärkeintä, ulkotiloissa polttoainevarastoihin ja laitteisiin. Joitakin sopeutumistoimenpiteitä, jotka vähentävät metsäpalojen riskiä, on jo toteutettu tässä suunnitteluvaiheessa:

- Alueen ympäröivä maisema on tiheästi metsäinen. Metsäpalojen riskin vähentämiseksi alueelle on varattu puustosta vapaana pidettävä tila (vähintään 35 m) datakeskuksen ja ympäröivän alueen kasvillisuuden välille.
- Datasalien, etuosan ja takaosan rakenteelliset elementit on suunniteltu 90 minuutin paloluokitukseen, kun taas generaattorien rakenteelliset elementit on suunniteltu 30 minuutin paloluokitukseen.
- Datakeskusrakennuksiin asennetaan automaattinen palonsammutusjärjestelmä (esim. sprinklerit).
- Generaattoriportaalin lähellä olevat rakennuksen julkisivut on suunniteltu vähintään paloluokkaan EI60.
- Generaattoriportaalissa sijaitsevat UPS-podit sisältävät myös sprinklerijärjestelmän, ja niiden paloluokitus on EI60. Suurten polttoainesäiliöiden palosuunnitteluun on sisällytetty myös tulvavesisammutusjärjestelmä.

Ulkoisen polttoainevaraston vuoksi on kuitenkin suositeltavaa toteuttaa seuraavia lisätoimenpiteitä:

- Säännöllinen roskien poisto (esim. kuivat lehdet) katolta ja kouruista, koska ne voivat syttyä tuulen tuoman kipinän vuoksi.

7.4.4 Voimakas sade – raekuurot

Alue on alttiina raekuuroille. Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että raekuurot eivät aiheuta merkittävää fyysistä tai toiminnallista riskiä. Raekuurot voivat kuitenkin rajoittaa käyttäjien liikkumista alueen avoimilla alueilla. Koska suurin osa toiminnasta tapahtuu sisätiloissa, lisätoimenpiteitä ei pidetä tarpeellisina tässä suunnitteluvaiheessa.

7.4.5 Voimakas sademäärä – lumi

Alue on alttiina voimakkailla lumisateille. Lumi voi vaikuttaa rakenteellisiin tai arkkitehtonisiin komponentteihin aiheuttamalla suuria kuormia vaakapinnoille kertyessään. Lisäksi lumen kertyminen voi vaikeuttaa pääsyä alueelle ja liikkumista siellä. Lumesta aiheutuvan riskin vähentämiseksi on jo toteutettu sopeutumistoimenpiteitä tässä suunnitteluvaiheessa:

- Alueelle on osoitettu tilat lumiaurojen säilyttämiselle, jotta alueen puhdistaminen on helppoa. Lisäksi alueelle on määritelty erityiset alueet lumen kasaamista varten.
- Kattorakenteet on suunniteltu kestämaan lumikuormia huomioiden myös lumikertymät, jotka kertyvät lähelle pystysuoria elementtejä, kuten katon kaiteita. Katto on kalteva, jotta sulanut lumi valuu pois.
- Kattoon asennettavat mekaaniset järjestelmät, kuten ilmajäähdytteiset jäähdyttimet (ACC) ja ilmapuhaltimet (AHU), asennetaan vähintään 0,9 metrin korkeudelle katotasosta, jotta lumi ei pääse kertymään ja estämään ilman virtausta laitteisiin.

Datasalien tehokkaan toiminnan varmistamiseksi on suositeltavaa suunnitella tehokas vesikourujärjestelmä, joka estää veden jäämisen rakennuksen katolle. Pysyvä vesi voi aiheuttaa vuotoja, homeen kasvua ja lumen kertymistä/ylikuormitusta rakennuksen räystäslautoissa. Lämmitettyjen vesikourujen asentaminen on suositeltavaa, jotta estetään jäätymiseltä johtuvat tukokset poistoputkissa.

Lisäksi lumi aiheuttaa riskin katolle asennettujen jäähdytyslaitteiden (mukaan lukien jäähdyttimen ilmanottoaukot) toiminnalle, mikä voi häiritä jäähdytystä, jos lunta ei poisteta ajoissa. Siksi sateisissa olosuhteissa on suoritettava säännöllisiä tarkastuksia ja puhdistuksia. Tämä koskee myös generaattorien pakoputkia, jotka voidaan suunnitella vaakasuoraan, jotta lumi ei pääse tunkeutumaan niihin ja tukkimaan pystysuoria pakoputkia, mikä varmistaa moottorin luotettavan toiminnan myös myrskyjen aikana.

7.4.6 Tulva – sadevesi/pohjavesi

Tulvat aiheuttavat merkittävän riskin datakeskuksen laitteille, sen toiminnalle ja käyttäjille. Tulvat voivat vahingoittaa tärkeitä komponentteja ja häiritä toimintaa korjaustöiden ja rajoitetun pääsyn vuoksi, mikä aiheuttaa käyttökatkoksia.

Suunnittelussa on jo otettu huomioon sopeutumistoimenpiteet, kuten datakeskuksen rakennusten korotetut alustat ja hulevesien säätelemiseksi tarkoitetut viivytysaltaat. Lisäksi datakeskusrakennusten ympärille on osoitettu betoninen reunakiveys, joka korottaa julkisivujärjestelmää ja minimoi suoran kosketuksen tulvaveteen ja veden tunkeutumisen rakennukseen.

Lisäksi on ehdotettu seuraavia sopeutumistoimenpiteitä:

- Rakennusten ympärille osoitetaan matalaa kasvillisuutta ja hyvin vettä läpäisevää maaperää, mikä auttaa veden imeytymistä ja lieventää tulvien vaikutuksia parantamalla luonnollista veden imeytymistä.
- Alueen kaltevuus parantaa vedenpoistoa ja ohjaa tulvaveden pois rakennuksista.
- Valmistautuminen väliaikaisten tulvavallien käyttöön (korkeus enintään 1 m, yli 1 m:n korkeita ei suositella) oviaukkojen ja ikkunoiden edessä tulvavaroituksen sattuessa veden pääsyn estämiseksi.
- Suojaamattomien ulkona sijaitsevien sähkölaitteiden, erityisesti sähköaseman ja Fingridin kytkinaseman laitteiden korottaminen, jotta datakeskuksen rakennusten ensisijainen virransyöttö pysyy keskeytyksettömänä tulvatilanteessa.

7.4.7 Myrskyt/trombit

Voimakkaat tuulet aiheuttavat merkittävän riskin rakennuksen rakenteille ja järjestelmille. Vaikka sekä rakenteelliset että ei-rakenteelliset elementit on suunniteltu kestämaan tuulikuormia, voimakkaat myrskyt, joihin voi liittyä tuulen kuljettamia roskia, voivat vaikuttaa herkempiin katolle asennettuihin laitteisiin, erityisesti jäähdytyslaitteisiin, kuten jäähdyttimiin, jäähdytyspumppuihin ja ilmastointikoneisiin. Samoin päätietokeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitsevat sähkölaitteet ovat alttiita myrskyille. Sähköasemalla sijaitsevat HV/MV-muuntajat ja ulkoiset virtakiskot ovat alttiina lentäville roskille, jotka voivat aiheuttaa vakavan oikosulun ja sähkökatkoksen. Voimakkaiden tuulien vaikutusten vähentämiseksi, voidaan harkita seuraavia riskienhallintatoimenpiteitä:

- Iskunkestävää laminoitua lasia ja vahvistettuja kehyksiä, jotka on suunniteltu kestämaan suuria tuulenpaineita ja roskien iskuja. Myrskysuojaluokkuja tai paneelijärjestelmiä voidaan harkita estämään ikkunoiden rikkoutuminen lentävien esineiden vuoksi voimakkaiden tuulien aikana.
- Kattoon kiinnitettyjen laitteiden osalta voidaan harkita vahvistettuja kiinnitys- ja tukijärjestelmiä. Yleisesti ottaen ulkoisesti kiinnitettyjen laitteiden osalta voidaan harkita kiinnitysten tiheyden lisäämistä.
- Kehitetään menettelyt ja prosessit säätietojen tarkistamiseksi ja voimakkaiden tuulien ennakoimiseksi sekä riskien viestittämiseksi rakennuksen käyttäjille ja ylläpitäjille. Voimakkaiden tuulien aikana pääsy rakennuksen alueella tai katolla sijaitseviin julkisiin tiloihin tulisi rajoittaa.
- Rakennusta ja aluetta ympäröivää kasvillisuutta on huollettava säännöllisesti, jotta esim. kaatuneet puut ja oksat eivät estä pääsyä alueelle.

7.5 Ei-rakenteelliset toimenpiteet

Edellä kuvattujen toimenpiteiden lisäksi seuraavat koko hanketta koskevat ei-fyysiset sopeutumistoimenpiteet tulisi toteuttaa:

- Laaditaan suunnitelma ilmatoriskien arvioinnin säännölliseksi seurannaksi ja päivittämiseksi koko hankkeen elinkaaren ajan (elinkaari), jotta ilmatoriskejä voidaan tarkastella ottaen huomioon, että ne voivat muuttua ajan myötä. Päivitetään vaara-, haavoittuvuus- ja riskitasot säännöllisesti, vähintään viiden vuoden välein, ja päivitetään sen mukaisesti sopeutumistoimenpiteet ja sopeutumissuunnitelma. Määritetään todennäköisyys, jolla saavutetaan tietyt toimintakynnykset, joiden ylittyessä tarvitaan lisätoimenpiteitä (eli asteittainen sopeutuminen).
- Laaditaan liiketoiminnan/palvelujen jatkuvuussuunnitelma rakennusten palvelujen keskeytyksen ehkäisemiseksi ja lieventämiseksi nykyisten määräysten mukaisesti.
- Kehitetään prosessi (ja tietokanta) kaikkien ilmastomuutokseen liittyvien tietojen rekisteröimiseksi ja tallentamiseksi, mukaan lukien esimerkiksi suunnitteludokumentaatio tai erityiset huoltotiedot.
- Vahvistetaan nykyisten määräysten mukaisesti rakennusten hallinnoijien ja käyttäjien tietämystä riskeistä esimerkiksi nimittämällä ”ilmastonmuutos- ja riskienhallintapäällikkö” ja järjestämällä säännöllistä koulutusta ja valistusta rakennusten hallinnointi-, hallinto- ja käyttöhenkilöstölle, jotta he osaavat toimia vakavan ilmastovaaran sattuessa.
- Kehitetään ja integroidaan tarkistuslistoja säännöllisiin ja ylimääräisiin huoltotoimiin, jotta voidaan järjestelmällisesti seurata (lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä) kaikkien ilmastomuutoksen haitallisille vaikutuksille alttiiden rakennusosien toimintakuntoa ja korjata mahdolliset kriittiset ongelmat.
- Laaditaan riskienhallinnan varautumissuunnitelmat nykyisten määräysten ja seurantamenettelyjen mukaisesti.
- Kirjataan merkittävät ongelmat, jotka johtuvat tässä raportissa mainituista suurista vaaratilanteista. Ilmastotapahtumien kirjaaminen auttaa ilmastovaarojen säännöllisessä tarkastelussa ja mukauttamistoimenpiteiden ja -suunnitelman päivittämisessä.
- Harkitaan toimenpiteitä, kuten vakuutuksia, budjettivaroja ja vararahastoja, luonnonuhkien mahdollisesti aiheuttamien vahinkojen kattamiseksi.

8. Johtopäätökset

Tässä raportissa on esitetty Forssan datakeskushankkeelle tehdyn laadullisen ilmatoriskien arvioinnin tulokset. Arvioinnissa otettiin huomioon EU:n komission delegoidussa säädöksessä 2021/2139 esitetyt ilmatoriskit ja muutujat ja noudatettiin EU:n komission teknisissä ohjeissa esitettyä menetelmää.

Analyysin yleisenä tavoitteena oli tunnistaa ja arvioida ilmastonmuutokseen liittyvät riskit, jotka liittyvät merkityksellisiin vaaroihin, jotta riskit voidaan ottaa asianmukaisesti huomioon suunnitteluvaiheessa ja projektin käyttövaiheen riskejä voidaan lieventää sen koko käyttöiän ajan.

Selvitys laadittiin seuraavien vaiheiden mukaisesti:

- Esiseulonnan **valmisteluvaihe (vaihe 0)**, jonka aikana määritettiin arvioinnin ohjaavat oletukset, kuten hankkeen odotettu käyttöikä, hankkeen osat/teemat, ilmastoskenaariot ja arvioinnin aikahorisontit.
- **Seulontavaihe (vaihe 1)**, jossa tarkasteltiin ilmastoon liittyvien vaarojen luetteloa, joka on esitetty ilmastoa koskevassa delegoidussa asetuksessa¹², ja tunnistettiin ne vaarat, jotka (1) voivat esiintyä projektin sijaintipaikalla ja (2) voivat vaikuttaa projektityyppiin. Kaikki muut vaarat suodatettiin pois tässä vaiheessa.
- **Yksityiskohtainen ilmatoriskianalyysi (vaihe 2a)**, jonka tarkoituksena oli arvioida ilmatoriski edellisessä vaiheessa hankkeen kannalta merkittäviksi tunnistetuille vaaroille. Kunkin vaaran osalta arviointi koostui vaaran arvioinnista, joka perustui sen esiintymistodennäköisyyteen hankkeen elinkaaren aikana, sekä haavoittuvuusarvioinnista, jolla arviointi tietokeskuksen kärsimien fyysisten ja ei-fyysisten vahinkojen vaikutuksia haitallisen tapahtuman jälkeen sekä mahdollisia taloudellisia menetyksiä, käyttökatkoksia ja loukkaantumisia.

Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että hankkeen suorat riskitasot ovat seuraavat:

- **Matala:** voimakkaat sateet – lumi ja voimakkaat sateet – rakeet
- **Keskitasoinen:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys, metsäpalot ja myrskyt
- **Korkea:** tornadot
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että hankkeen operatiiviset riskitasot ovat seuraavat:

- **Matala:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys ja voimakkaat sateet – raekuurot
- **Keskitasoinen:** metsäpalot, voimakkaat sateet – lumi ja myrskyt
- **Korkea:** tornadot
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

Riskinarvioinnin tulokset osoittavat, että hankkeen terveyst- ja turvallisuusriskitasot ovat seuraavat:

- **Matala:** äärimmäinen kuumuus/helleaallot, äärimmäinen kylmyys
- **Keskitasoinen:** metsäpalot, voimakkaat sateet – lumi ja voimakkaat sateet – rakeet
- **Korkea:** myrskytuulet ja tornadot;
- **Erittäin korkea:** tulvat – sadevesi/pohjavesi.

¹² Komission delegoitu asetus (EU) 2021/2139, 4.6.2021, liite I, lisäys A.

Lopuksi **vaiheessa 2b** tunnistettiin mahdollisia **sopeutumistoimenpiteitä** merkittävän riskin aiheuttaville vaaroille (eli keskitasoisiksi tai korkeiksi luokitelluille vaaroille). Hankkeen nykyinen suunnitelma sisältää jo toimenpiteitä, jotka rajoittavat epäsuotuisien ilmasto-olosuhteiden vaikutusta kohteen omaisuuden käytettävyyteen ja rakenteelliseen eheyteen. Lisäksi on ehdotettu joitakin mahdollisia sopeutumistoimenpiteitä, joita voitaisiin harkita suunnitelman edetessä seuraavaan vaiheeseen.

9. Vastuuvapauslausekkeet

Yleinen huomio: Tämä raportti on laadittu yksinomaan asiakkaamme käyttöön. Kukaan muu kuin asiakkaamme tai taho, jolle olemme antaneet tähän oikeuden kirjallisesti, ei saa kopioida (kokonaan tai osittain), käyttää tai luottaa tämän raportin sisältöön ilman etukäteen annettua kirjallista lupaa. Tämän raportin kopiointiin tai käyttöön (kokonaan tai osittain) on aina liitettävä tai sisällytettävä tämä huomautus.

Ilmastomuutosmallit, tiedot ja suositukset: Tulevaisuuden ilmastomallit voivat auttaa pohtimaan mahdollisia tulevaisuuden skenaarioita tai tuloksia, mutta mikään malli, joka yrittää ennustaa tulevaisuutta, ei voi tehdä sitä varmuudella. Todelliset tapahtumat eivät välttämättä toteudu ennustetulla tavalla, ja erot voivat olla merkittäviä. Arupilla ei ole velvollisuutta arvioida ilmastomallitietojen laatua tai luotettavuutta, eikä se anna mitään takuita tai vakuutuksia tällaisten tietojen tarkkuudesta tai täydellisyydestä. Tiedot voivat olla ajankohtaisia niiden käyttöhetkellä, eikä Arup ole velvollinen päivittämään työtään vastaamaan sen toimitusten päivämäärän jälkeen tapahtuneita muutoksia tosiseikoissa tai olosuhteissa. Arup ei ole vastuussa ilmastomallien ja -tietojen käytöstä aiheutuvista menetyksistä, paitsi siltä osin kuin tällaiset menetykset johtuvat Arupin laiminlyönnistä käyttää kohtuullista ammattitaitoa ja huolellisuutta. Arup ei voi antaa eikä anna mitään nimenomaisia tai implisiittisiä vakuutuksia tai takuita tämän projektin suosituksien ja tulosten tarkkuudesta tai täydellisyydestä, eikä se ole vastuussa ilmastomuutoksen vaikutuksista johtuvista tai niihin liittyvistä vaatimuksista.

Aikataulu: Päätelmät ovat ajankohtaisia ja koskevat vain raportin laatimishetkellä vallitsevia olosuhteita. Emme ole velvollisia päivittämään raporttia sellaisten muutosten vuoksi, jotka tapahtuvat raportin julkaisemisen jälkeen ja jotka voivat vaikuttaa olennaisesti raportin sisältöön tai joihinkin siinä esitettyihin päätelmiin.

Skenaariot: Oletuksiin perustuvat skenaariot ovat luonteeltaan epävarmoja, ja samoin ovat ennusteet ilmastomuutoksen vaikutuksista ilmastoriskeihin. Ilmaston tulevaisuuden skenaariot yhdistävät erilaisia oletuksia yhteiskuntien kehityksestä, mukaan lukien politiikka, päästöt ja väestörakenne (polut), jotka puolestaan voivat johtaa erilaisiin energiantuotantoihin, ilmaistuna watteina neliometriä kohti (W/m^2) potentiaalisena säteilypakotteena. Tällainen säteilypakote puolestaan vaikuttaa ilmastollisiin ominaisuuksiin, kuten lämpötiloihin, sademäärään ja kosteuteen, ja aiheuttaa ketjureaktion. Tässä raportissa ei ole tilaa käsitellä tätä monimutkaista aihetta laajemmin, mutta on syytä korostaa, että vaikka jotkut oletukset saattavat olla uskottavampia kuin toiset nykyisen tietämyksen perusteella, kehityskulut ovat luonteeltaan epävarmoja: maailma ja globaali yhteiskunta voivat kehittyä eri suuntiin, mikä muuttaa arvioiden paikkansapitävyyttä.

Seurausvahingot: Arup ei missään olosuhteissa ole vastuussa tämän raportin perusteella tai sen yhteydessä mistään seurausvahingoista tai välillisistä vahingoista tai mistään sijoitusten menetyksistä, sopimusten menetyksistä, tuotannon menetyksistä, tulojen menetyksistä, voittojen menetyksistä, vuokrien menetyksistä, liiketoiminnan keskeytyksistä, johtohenkilöstön ja/tai muun henkilöstön ja/tai toimistohenkilöstön menetyksistä, tietojen menetyksistä ja/tai vioittumisesta tai käytön menetyksistä.

Kolmansien osapuolten toimittamiin tietoihin ja informaatioon luottaminen: Siltä osin kuin tämän raportin analyysitulokset ja ehdotetut ratkaisut on kehitetty käyttämällä muiden toimittamia tietoja ja informaatiota, Arup ei ole vastuussa muiden tuottamista tiedoista eikä Arup ole muutoin vastuussa tällaisissa tiedoissa olevista virheistä, puutteista tai epätarkkuuksista. Tämän raportin laatimisessa olemme luottaneet muiden toimittamiin tietoihin, emmekä ota vastuuta näiden tietojen sisällöstä, mukaan lukien niiden tarkkuudesta ja täydellisyydestä. Emme missään olosuhteissa ota vastuuta muiden toimittamista tiedoista.

Lakimuutos: Arup ei ole vastuussa mistään menetyksistä, jotka liittyvät tai johtuvat lakimuutoksesta (mukaan lukien uusi laki tai olemassa olevan lain kumoaminen tai muuttaminen) tai tällaisten lakien oikeudellisesta tai virallisesta tulkinnasta, jota ei voitu kohtuudella ennakoita tämän raportin laatimisen aikaan.

Kieli: Raportti voi sisältää lausuntoja, jotka ovat tai joita voidaan pitää tulevaisuutta koskevin lausuntoina tai ennusteina. Nämä tulevaisuutta koskevat lausunnot tai ennusteet voidaan tunnistaa tulevaisuutta koskevien termien, ennusteiden tai arvioiden käytöstä, mukaan lukien termit "uskoo", "arvioi",

"suunnittelee", "ennakoi", "tavoittelee", "pyrkii", "jatkaa", "ennustaa", "olettaa", "odottaa", "aikoo", "voi", "tulee", "olisi" tai "pitäisi" tai kussakin tapauksessa niiden kielteiset tai muut muunnelmat tai vastaavat terminologiat. Nämä tulevaisuutta koskevat lausunnot tai ennusteet sisältävät kaikki asiat, jotka eivät ole historiallisia ja jotka perustuvat tulkintoihin tai arvioihin saatavilla olevista tiedoista raportin laatimishetkellä. Luonteensa vuoksi tulevaisuutta koskevat lausunnot tai ennusteet sisältävät riskejä ja epävarmuutta, koska ne liittyvät tuleviin tapahtumiin ja olosuhteisiin. Ennakoivien lausumien tai ennusteiden toteutuminen riippuu niiden perustana olevien oletusten jatkuvasta pätevyydestä. Useat tekijät voivat aiheuttaa sen, että todelliset tulokset ja kehityssuuntaukset poikkeavat olennaisesti ennakoivissa lausumissa tai ennusteissa ilmaistuista tai niissä implisiittisesti esitetyistä. Todelliset tapahtumat eivät useinkaan toteudu odotetulla tavalla, ja erot voivat olla olennaisia. Tästä syystä emme ota vastuuta minkään projektion, ennusteen, mielipiteen tai arvion toteutumisesta.

A.1 Liite I – Seulonta (vaihe 1)

Vaarojen seulonta alueellisen esiintymisen perusteella

Tässä vaiheessa analysoidaan kaikki Euroopan taksonomian liitteen A taulukossa luetellut ilmatoriskit. Analyysissä keskitytään tunnistamaan ne riskit, jotka muodostavat merkittävän riskin omaisuudelle niiden maantieteellisen sijainnin perusteella.

Tätä arviointia varten on käytetty useita olemassa olevia raportteja ja tietolähteitä. Näitä ovat muun muassa *hallitustenvälisen ilmastopaneelin* (IPCC) raportit erilaisista ilmastoskenaarioista sekä tunnustettujen alustojen, kuten *Copernicuksen*, tarjoamat tiedot. Lisäksi on tarkasteltu tuoretta tieteellistä kirjallisuutta, asiaankuuluvia lehtiartikkeleita ja paikallisten sää- ja ilmastomittausasemien tietoja, jotta ilmatoriskeistä saataisiin kattava ja ajantasainen käsitys.

Varovaisuusperiaatteen mukaisesti tässä vaiheessa on käytetty binääristä luokitusta (kyllä/ei) osoittamaan, voidaanko tietyn vaaran kohtuudella odottaa esiintyvän kohteessa nykyisten ja tulevien ilmastoskenaarioiden perusteella. Yhteenveto tämän seulonnan tuloksista on esitetty taulukossa 1.

Vaarojen seulonta merkittävien vaikutusten perusteella

Seulonnan toisessa vaiheessa suodatettiin ilmatoriskit sen perusteella, kuinka todennäköisesti riskit vaikuttavat omaisuuserään sen käyttöiän aikana. Analyysissä otettiin huomioon viisi perustekijää: rakenne, arkkitehtuuri ja ei-rakenteelliset elementit, sähkö- ja mekaaniset järjestelmät sekä käyttäjät.

- **Rakenne (pää- ja toissijainen):** On arvioitu, miten erilaiset ilmatoriskit voivat vaikuttaa rakennusten fyysiseen eheyteen. Tähän sisältyy analyysi riskeistä, kuten myrskyistä, tulvista ja helleaalloista, jotka voivat vaarantaa rakenteiden vakauden ja turvallisuuden. Tässä seulonnan vaiheessa tarkastellaan vaikutuksia rakennuksen perustuksiin, kattoon, päärakenteeseen ja sisärakenteisiin, mukaan lukien mahdolliset vaikutukset materiaaleihin.
- **Arkkitehtuuri ja ei-rakenteelliset elementit:** Arkkitehtoniset ja ei-rakenteelliset elementit sisältävät kattojen tukirakenteet, säleiköt, vaimentimet ja toimilaitteet. Lisäksi laajuus kattaa julkisivut tarvittavine rakenneosineen, DH-hyllyjärjestelmät, tilanjakajina toimivat väliseinät, reunan suojana toimivat katon kaiteet ja katon akustisen suojan.
- **Sähköjärjestelmät:** Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset rakennusten sähköjärjestelmiin, mukaan lukien keskijännite (MV), matalajännite (LV), virransyöttö, dieselgeneraattorit ja palvelinräkit, on arvioitu.
- **Mekaaniset järjestelmät:** Ilmasto-olosuhteiden mahdolliset vaikutukset rakennuksen mekaanisiin järjestelmiin, mukaan lukien ilmajäähdytteiset jäähdyttimet (ACC), ilmankäsittelykoneet (AHU), tietokonehuoneiden ilmankäsittelykoneet (CRAH), jäähdytysnesteen jakeluyksiköt (CDU), polttoainepumput, polttoainesäiliöt ja jäähdytysvesipumput, on arvioitu.
- **Käyttäjät:** On analysoitu, miten ilmatoriskit voivat vaikuttaa rakennuksen käyttäjiin. Tähän sisältyy arviointi asukkaiden terveyteen ja turvallisuuteen kohdistuvista riskeistä sekä päivittäisten toimintojen häiriöistä. Huomioon on otettu käyttäjien turvallisuus, mukavuus ja esteettömyys.

Kun kukin ilmastollinen vaara on analysoitu ja on todettu, että se ei vaikuta mihinkään edellä mainituista osista, on katsottu, että se ei aiheuta merkittävää riskiä rakennuksille. Kuten edellisessä vaiheessa, analyysi on suoritettu antamalla jokaiselle vaaralle ja osalle binäärinen luokitus (kyllä/ei).

Yhteenveto tämän seulonnan tuloksista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 9-1 : Paikkakohtaiseen sijaintiin perustuva vaarojen seulonta .

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
Lämpötilaan liittyvä				
Krooninen	Lämpötilan muutokset	Ilman ja veden pitkän aikavälin keskimääräiset lämpötilan muutokset.	Kyllä	Vuotuinen keskilämpötila on noin 5,5 °C Lounais-Suomessa. Vuotuinen keskilämpötila Suomessa oli vuosina 1981–2010 noin 0,4 °C korkeampi kuin vuosina 1971–2000 ja noin 0,7 °C korkeampi kuin virallisessa vertailukaudella 1961–1990. Huhtikuu on lämmennyt eniten edelliseen normaaliaikaan verrattuna, kun taas kesäkuu on ainoa kuukausi, jolloin useimmilla alueilla keskimääräiset lämpötilat ovat alhaisemmat. Verrattuna vertailukauteen 1961–1990, voimakkain lämpeneminen tapahtuu talvikuukausina, ja kesäkuussa on jälleen havaittavissa lievää viilenemistä.
	Lämpöstressi	Organismien tila, jossa keho imee liikaa lämpöä altistuessaan liian pitkään korkealle ilman tai veden lämpötilalle.	Kyllä	Teknistä henkilöstöä ei odoteta työskentelevän laitoksen ulkopuolella, joten tätä riskiä ei ole otettu huomioon.
	Lämpötilan vaihtelu	Yhden paikan lämpötilan päivittäisten tai kuukausittaisten vaihteluiden laajuus.	Ei	Tämä vaara ei koske tätä laitosta.
	Ikiroudan sulaminen	Permafrostin maaperän jään asteittainen häviäminen, yleensä lämmön vaikutuksesta.	Ei	Norjan, Ruotsin ja Suomen ikiroudan kartta (2017), joka perustuu malleihin (CryoGRID1-malli) ja vuosien 1981–2010 keskimääräisiin tietoihin, arvioi, että luonnollinen ikirouta (palsat/suot pois lukien) peittää noin 23 400 km² Skandinaviassa, josta vain noin 9 % sijaitsee Suomessa. Tutkittavalla alueella ei ole havaittu ikiroutaa.
	Lisääntynyt UV-säteily	Aurinko lähettää jatkuvasti ultraviolettisäteilyä (UV).	Ei	Alueen ilmasto määräytyy viime kädessä auringon säteilyenergian, sen jakautumisen ja ajallisten vaihteluiden perusteella. Suomessa säteilyn määrä vaihtelee huomattavasti vuodenaikojen mukaan ja eroaa selvästi pohjoisessa ja etelässä. Pilvisyyden vuoksi vuotuinen säteilyn huippuarvo saavutetaan yleensä koko Suomessa ennen aphelionia, yleensä kesäkuun alussa. Päivittäinen huippuarvo saavutetaan yleensä ennen keskipäivää, myös pilvisyyden vuoksi. Vuotuinen auringonpaiste on suurinta (1900 tuntia) lounaisilla alueilla.

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
Akuutti	Helleaallot	Lämpötilarajan suhteen määritelty poikkeuksellisen kuuma jakso, joka kestää 2 päivästä useisiin kuukausiin (IPCC 221b).	Kyllä	Kollanus et al. (2021) mukaan lämpöaallot määriteltiin vähintään neljänä peräkkäisenä päivänä, jolloin vuorokauden keskilämpötila ylitti touko-elokuun 90. persentiilin (20,0 °C Lounais-Suomessa). Lämpöaallot luokiteltiin lyhyiksi (4–5 päivää) ja pitkeksi (vähintään 10 päivää), ja vertailujaksoista suljettiin pois muut kuin kyseisen pituiset lämpöaallot. Vuosina 2000–2014 Lounais-Suomessa oli 15 lämpöaaltoa, jotka kestivät yhteensä 114 päivää: 9 lyhyttä ja 2 pitkää, joiden kesto vaihteli 4–22 päivästä. Lämpöaaltojen päivien keskilämpötila oli 22,3 °C, kun vertailupäivien keskilämpötila oli 14,3 °C. Lisäksi arvioitiin kuumien päivien lukumäärä, ja vuosina 1995–2014 kirjattiin 7,98 päivää, joiden lämpötila oli yli 30 °C.
	Kylmäaallot/pakkaset	Laaja-alainen kylmä sääjakso, mukaan lukien myöhäiset pakkaset ja vuorottelevat pakkaset.	Kyllä	Etelä-Suomessa on pakkasia ja kylmäaalloja, ja Ilmatieteenlaitos on asettanut kylmäaaltojen kynnyksarvot –20 °C (keltainen), –30 °C (oranssi) ja –35 °C (punainen).
	Metsäpalot	Laajat ja tuhoisat kasvillisuuden palot mukaan lukien pelto-, metsä- ja pensaspalot. Lisääntyvät helleaallot lisäävät paloherkkien alueiden laajenemista ja pidentävät palokautta.	Kyllä	Metsäpalokausi alkaa Suomessa yleensä toukokuun alussa ja kestää syyskuuhun asti, eli noin 5–6 kuukautta. Etelä-Suomessa on vuosina 2002–2023 kirjattu keskimäärin 9 metsäpaloa vuodessa, ja viime vuosina määrä on kasvanut huomattavasti. Alueen luonnonolojen vuoksi, sillä se on pääosin metsäaluetta, metsäpalojen vaaraa ei voida tällä hetkellä sulkea pois.
	Muuttuva kosteus	Ilman lämpötilan nousu lisää ilmakehässä varastoituneen vesihöyryn määrää (ks. NOAA 2018).	Ei	Kosteus riippuu ensisijaisesti lämpötilasta. Ilman kosteus on korkeimmillaan heinä- ja elokuussa ja matalimmillaan helmikuussa. Lämpötilan tavoin kosteus laskee pohjoiseen päin mentäessä. Suhteellinen kosteus on keskimäärin korkeimmillaan marras- ja joulukuussa (90 %) ja matalimmillaan touko- ja kesäkuussa (65–70 %). Luku ei vaihtelee kovin paljon minkään alueen sisällä millään vuodenaikana.
Veteen liittyvät tekijät				
Krooninen	Sademallien ja -tyyppien muuttuminen – sade	Muutos sateiden ajallisessa tai alueellisessa jakautumisessa tai tiettyssä paikassa kertyvän sademäärän muutoksessa.	Ei	Suomen ilmastolle on ominaista epäsäännölliset sateet, jotka johtuvat nopeista säämuutoksista. Ainoastaan kesäsateet ja ukkosmyrskyt ovat jonkin verran säännöllisiä, ja sade esiintyy pääasiassa iltapäivällä ja alkuillalla.

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
	Sateiden muuttuvat mallit ja tyypit – rakeet	Muutos rakeiden ajallisessa tai alueellisessa jakautumisessa tai tietyssä paikassa sateen määrän muutoksessa.	Ei	Suuria raekuuroja esiintyy Suomessa toukokuun lopusta syyskuun alkuun. Suurten raekuurojen huippukausi kesäkuukausina on kesäkuun lopusta elokuun alkuun, jolloin esiintyy noin 85 % kaikista tapauksista, ja heinäkuu on aktiivisin kuukausi. Suurimmat rakeet, joiden halkaisija on yli 4 cm, esiintyvät pääasiassa heinäkuussa, kun taas pienemmät rakeet (2–4 cm) ovat yleisimpiä kuukauden loppupuolella. Raekuurojen esiintymisessä ei ole havaittu merkittäviä trendejä tai malleja ajan mittaan.
	Sateiden muuttuvat mallit ja tyypit – lumi/jää	Muutos lumen/jään ajallisessa tai alueellisessa jakautumisessa tai tietyssä paikassa sataavan lumen/jään määrässä. Äärimmäisiä sääilmiöitä ei oteta huomioon.	Ei	Lumen kehitys Etelä-Suomessa osoittaa yleistä lumipeitteen paksuuden vähenemistä, erityisesti talven lopulla ja keväällä, mikä johtuu pääasiassa lämpimämmistä lämpötiloista ja enemmän sekoittuneista/nestemäisistä sateista. Tätä vaaraa ei ole otettu huomioon, koska se ei ole merkityksellinen alueen kehittämisen kannalta.
	Sademäärien tai hydrologinen vaihtelu	Veden saatavuuden ja vedenpinnan muutokset, jotka johtuvat yhden tai useamman hydrologisen kierron osatekijän (kondensatio, haihdunta, sademäärä, imeytyminen ja valunta) muutoksista. Tämä voi myös aiheuttaa: kuivuutta, vesistressiä, vedenpinnan laskua.	Ei	Sademäärän vuotuinen vaihtelu on Suomessa suuri, ainakin lämpötilaan verrattuna. Vuotuinen keskisademäärä on Suomessa hieman suurempi uudella normaalijaksolla kuin edellisellä normaalijaksolla. Kuukausittainen keskisademäärä on suurempi toukokuussa uudella normaalijaksolla, kun taas huhtikuussa ja syyskuussa sademäärä on pienempi.
	Meren happamoituminen	Meren pH-arvon lasku, johon liittyy muita kemiallisia muutoksia, pitkällä aikavälillä, tyypillisesti vuosikymmenien tai pidemmän ajan kuluessa, ja joka johtuu pääasiassa hiilidioksidin (CO ₂) absorptiosta.	Ei	Kohde ei sijaitse rannikon lähellä.
	Suolavesien tunkeutuminen	Suolaveden tunkeutuminen makean veden alueelle.	Ei	Kohde ei sijaitse rannikon läheisyydessä.
	Merenpinnan nousu	Merenpinnan keskimääräisen tason nousu.	Ei	Kohde ei sijaitse rannikon lähellä.
	Vesistressi	Tilanne, jossa ei ole riittävästi laadukasta vettä ihmisten ja ympäristön tarpeiden tyydyttämiseksi.	Ei	Vesistressi-indeksi (WSI) osoittaa vesistressin mahdollisen lisääntymisen äärimmäisissä tilanteissa. Tätä ei kuitenkaan pidetä merkittävänä tekijänä, koska jäähdytys tapahtuu pääasiassa ilman avulla.
	Pinta- ja pohjaveden tason lasku	Vesi- ja pohjaveden pinnan lasku on seurausta kuivuudesta, keskimääräisten lämpötilojen noususta, keskimääräisten sademäärien laskusta ja vedenoton lisääntymisestä.	Ei	Kirjallisuustiedot eivät osoita merkittäviä vaihteluita
	Veden laadun heikkeneminen – pohjavesi	Liiallinen vedenotto pohjavesikerroksista voi johtaa luonnonvarojen ehtymiseen, ja makean veden otto rannikon pohjavesikerroksista voi johtaa suolaisen veden tunkeutumiseen.	Ei	Ei ole merkitystä kyseisen alueen kannalta

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
	Veden laadun heikkeneminen – pintavesi	Vesistöjen veden määrän väheneminen lisää kemiallisten ja biologisten epäpuhtauksien määrää. Lisäksi veden lämpötilan nousu ja sekoittumisen väheneminen edistävät levien kasvua. Lisäksi sadevedet voivat aiheuttaa epäpuhtaan jäteveden pääsyn pintavesiin.	Ei	Tämä vaara ei ole merkityksellinen kyseiselle alueelle.
	CO2-pitoisuuden nousu merivedessä		Ei	Kohde ei sijaitse rannikon läheisyydessä.
	Meriveden laadun heikkeneminen		Ei	Alue ei sijaitse rannikon läheisyydessä.
Akuutti	Kuivuus	Poikkeuksellinen vesipula olemassa oleville ekosysteemeille ja ihmisille (vähäisten sateiden, korkeiden lämpötilojen ja/tai tuulen vuoksi).	Ei	Kuivuusriski on nykyisessä tilanteessa keskitasoinen.
	Voimakkaat sateet – sade	Sademäärä ylittää 15–25 l/m2 tunnissa tai 20–35 l/m2 kuudessa tunnissa.	Ei	Voimakkaat sateet vaikuttavat sadevesitulville alttiisiin kohteisiin, joita käsitellään siksi erillisenä vaarana.
	Voimakkaat sateet – raekuurot	Myrsky, jossa rakeiden halkaisija on vähintään 5 cm	Kyllä	Suurilla raekuuroilla on Suomessa selkeitä alueellisia, ajallisia ja kokoon liittyviä ominaispiirteitä. Halkaisijaltaan yli 4 cm:n rakeet esiintyvät pääasiassa heinäkuussa, ja niiden esiintyminen on vilkkainta ilta-aikaan. Halkaisijaltaan alle 4 cm:n rakeet esiintyvät yleensä hieman aikaisemmin vuorokauden aikana. Kaiken kaikkiaan suurin osa rakeista on halkaisijaltaan alle 3 cm, mikä vastaa noin 45 % tapauksista, kun taas jättimäiset rakeet (≥5 cm) edustavat 19 % havainnoista. Keskimäärin joka kesä esiintyy kuusi tai seitsemän voimakasta raekuuroa. Raekuurojen voimakkuudessa tai esiintymistiheydessä ei ole havaittu selkeitä pitkän aikavälin trendejä.
	Voimakkaat sateet – lumi	Voimakkaat lumisateet ovat tapahtumia, joissa suuret lumimäärät lyhyessä ajassa johtavat infrastruktuuripalvelujen häiriöihin.	Kyllä	Etelä-Suomessa ensimmäinen lumi saapuu tyypillisesti marras-joulukuussa, ja pysyvä lumipeite muodostuu vasta marraskuun lopussa. Lumipeite on tasaisin tammikuussa ja helmikuussa, jotka ovat talvikauden ydin. Lumikausi päättyy yleensä maaliskuun tienoilla. Lumipeitteen paksuus on yleensä suurimmillaan maaliskuun puolivälissä, jolloin lunta on kertynyt eniten.
	Voimakkaat sateet – jää	Sateet, jotka sisältävät pääasiassa jäärakeita tai sadevettä, joka jäätyy heti joutuessaan kosketuksiin kovien esineiden kanssa, mikä johtaa jään muodostumiseen.	Ei	Sijainti Etelä-Suomessa aiheuttaa merkittävän ja pitkäaikaisen jään muodostumisen pinnalle.
	Tulva – rannikko	Epätavallinen veden kertyminen maanpinnan yläpuolelle korkean vuoroveden seurauksena.	Ei	Sijainti ei ole rannikon lähellä.
	Tulva – jokitulva	Vesistön tai muun vesimuodostuman normaalien rajojen ylittyminen ja veden	Ei	Tulvadirektiivin 2007/60/EC mukaisesti laaditun jokitulvien riskikartoituksen mukaan aluetta ei ole luokiteltu jokitulvien alttiiksi.

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
		kertyminen alueille, jotka eivät normaalisti ole veden peitossa.		
	Tulva – sadevesitulva	Veden kertyminen maanpinnalle voimakkaiden sateiden, lumen sulamisen ja päällystettyjen alueiden nopean valunnan seurauksena.	Kyllä	Vesi.fi-palvelun vuoden 2100 ennustettuja sadevesitulvia kuvaavien tulvakarttojen perusteella alueella esiintyy paikallista tulvimista sekä 52 mm/h (toistuvuus aika 100 vuotta) että 80 mm/h sademäärillä. Tulvakuviot sijoittuvat pääasiassa kuivatuskanavien kohdille sekä niiden välittömään läheisyyteen.
	Tulva – pohjavesi	Maaperän yläpuolelle kertyvä vesi, joka johtuu rankkasateista, sulavasta lumesta ja nopeasta valunnasta päällystetyiltä pinnoilta.	Kyllä	Paikalle on asennettu 11 pohjaveden mittauspistettä (Sweco, 2024). Helmikuussa 2025 pohjaveden pinta oli yleisesti noin 0,5–1,0 metriä maanpinnan alapuolella. Maaperän tyypistä riippuen esiintyy paikallisia poikkeamia, ja pohjaveden pinta riippuu sademäärästä.
	Myrskyaalto	Voimakkaat myrskyaallot ovat seurausta merenpinnan noususta ja niillä on samat vaikutukset kuin rannikkotulvilla.	Ei	Kohde ei sijaitse rannikon lähellä.
	Jäätikköjärven tulva	Jäätikköjärvestä tapahtuva äkillinen veden vapautuminen, joka voi olla seuraavanlaista: jäätikön sulkemana oleva järvi, proglacialisen moreenin sulkemana oleva järvi tai jäätikön sisällä, alla tai päällä varastoitunut vesi.	Ei	Tämä paikka ei sijaitse vuoristoalueella.
Tuuli				
Krooninen	Tuulijärjestelmien muutos	Tuulijärjestelmän muutos voimakkuuden ja jakautumisen suhteen. Äärimmäisiä sääilmiöitä ei oteta huomioon.	Ei	Suomen keskimääräisen tuulen nopeuden muutokset ovat vähäisiä, ja eräässä tutkimuksessa raportoidaan keskimääräisen tuulen nopeuden negatiivisesta trendistä vuosina 1959–2015(1) .Useiden ilmastomallien avulla ennustetut muutokset Suomen keskimääräisessä tuulen nopeudessa ovat osoittautuneet lähes nolliksi, mutta näihin tuloksiin liittyy epävarmuutta ilmastomallien välisten merkittävien erojen vuoksi(2) .
Akuutti	Trooppinen sykloni, hurrikaani, taifuuni ja medikaani.	Yli 32 m/s:n nopeudella trooppinen myrsky kutsutaan hurrikaaniksi, taifuuniksi tai sykloniksi sen maantieteellisen sijainnin mukaan. Kaikki sykloniluokan myrskyt, jotka eivät ole trooppisia sykloneja (Amerikan mantereen itä- ja länsipuolella), kutsutaan ekstratrooppisiksi sykloneiksi. Tähän luokkaan kuuluvat myös medikaanimyrskyt (Välimeren trooppisten syklonien kaltaiset myrskyt).	Ei	Hurrikaanit, taifuunit ja medikaanimyrskyt ovat kaikki trooppisia sykloneja, joita ei voi esiintyä Suomessa, koska nämä sääilmiöt syntyvät trooppisilla leveysasteilla trooppisten alueiden lämpimien merien yllä(3) . Vuoden 2005 hurrikaani Vinceä lukuun ottamatta trooppisten syklonien ei tiedetä saavuttavan Eurooppaa(3) .

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
	Tuulimyrsky	Laajamittaiset synoptiset tuulitapahtumat, jotka liittyvät yleensä ekstrasitrooppisiin sykloneihin.	Kyllä	Suomessa voi esiintyä myrskyjen aiheuttamia voimakkaita tuulia, joista suurin osa johtuu ekstrasitrooppisista sykloneista(3) , kuten Aapeli-myrsky vuonna 2019 ja Tapani-myrsky vuonna 2011.
	Tornado	Tornado on maata koskettava ilmapatsas, joka pyörii pystysuuntaisen akselin ympäri ja sijaitsee kumpupilven alla.	Kyllä	Suomessa on vuosina 1796–2003 kirjattu 151 tornadoa(4) . Tornadoitiheys on suurin itä- sekä etelä- ja keski-Suomessa(4) . Tämä on merkityksellistä, koska kohde sijaitsee lähellä Forssaa etelä- ja keski-Suomessa.
Maaperään liittyvät tekijät				
Krooninen	Rannikon eroosio	Aaltojen ja virtausten voimasta johtuva rannikon siirtymä sisämaahan.	Ei	Kohde ei sijaitse meren lähellä.
	Maaperän huonontuminen	Maaperän huonontuminen tarkoittaa prosessia (prosesseja), jossa maaperän laatu heikkenee ja se muuttuu vähemmän sopivaksi tiettyyn tarkoitukseen, kuten viljelyyn.	Ei	Alueella ei harjoiteta maataloutta.
	Maaperän eroosio	Maaperän kuluminen, joka johtuu usein luonnollisesta kulkeutumisesta (vesi, tuuli), mutta jota ihmisen toiminta (esim. maatalous) vahvistaa tai jopa aiheuttaa.	Ei	Tämä vaara ei koske aluetta.
	Soliflukti	Maanvyörymäilmiö, jossa sulamisen vuoksi vedellä kyllästyneet pintasedimentit liikkuvat hitaasti rinteiden alas.	Ei	Tämä vaara ei ole merkityksellinen tämän kohteen kannalta.
Akuutti	Lumivyöry	Vuorelta putoava lumi-, jää-, maa- tai kiviainesmassa tai niiden seos.	Ei	Tämä alue ei sijaitse vuoristoalueella.
	Maanvyöry	Suurten maa- tai kiviaineksien enemmän tai vähemmän nopea liikkuminen alaspäin.	Ei	Maanvyöryjen alttiustasteet mannerlaajuisesti, jotka on johdettu heuristis-tilastollisesta mallinnuksesta tärkeimmistä maanvyöryjen aiheuttajatekijöistä, mukaan lukien maanvyöryjen sijaintitiedot (Wilde et al., 2018), osoittavat, että alue kuuluu pääasiassa alhaisen alttiuden luokkaan. Pohjoinen osa on luokiteltu erittäin alhaisen alttiuden alueeksi, jossa on paikallinen kohtalaisen alttiuden vyöhyke. Kartta perustuu kaltevuuteen, litologiaan ja maankäyttöparametreihin. Tällä hetkellä, koska tietoja ei ole riittävästi tämän vaaran sulkemiseksi pois, se on varovaisesti säilytetty seulontaprosessissa.

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Määritelmä	Onko vaara mahdollinen? (Kyllä/Ei)	Onko vaara mahdollista projektin sijaintipaikalla?
				Kommentti
	Maaperän vajoaminen	Prosessi, jossa maaperä enemmän tai vähemmän laajalla alueella vajoaa (asteittain) alemmalle tasolle kuin ympäröivä maaperä (voi johtua sekä luonnollisista että ihmisen toiminnasta johtuvista prosesseista).	Ei	Tällä hetkellä verkossa ei ole tietoja, jotka viittaisivat aktiiviseen maan vajoamiseen alueella. Koska alue kehitetään metsäisessä ympäristössä, on kuitenkin tärkeää huomata, että pehmeälle savelle, suolle tai kuivatulle turvesuolle rakennetut uudet rakennukset – riippumatta siitä, käytetäänkö niitä maataloudessa vai metsätaloudessa – voivat olla alttiita vajoamiselle maaperän heikon laadun vuoksi. Turvemailla maankäytön edellyttämät kuivatustoimenpiteet voivat lisätä vajoamista turpeen hapettumisen ja tiivistymisen kautta. Näin ollen mahdollisia vajoamisilmiöitä ei voida sulkea pois, etenkin kun otetaan huomioon mahdolliset tulevat maankäytön muutokset. Tämän vaaran arviointi on siksi siirretty geoteknisen suunnittelutiimin tehtäväksi.

YVA-selostus, liite 07

Taulukko 9-2 : Hankkeeseen liittyvät vaarallisten aineiden riskit. Kaikki luetellut vaarat on todettu merkityksellisiksi hankkeen sijaintipaikan kannalta.

Vaaratekijä		Mahdolliset haitalliset vaikutukset rakennukseen						
		Rakenteeseen	Arkkitehtuuri	Mekaaninen järjestelmä	Sähköjärjestelmä	Käyttäjät	Merkittävä heikentyminen (kyllä/ei)	Merkittävä heikkeneminen
Lämpötilaan liittyvä								
Krooninen	Lämpötilan muutos	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Lämpötilan muutokset viittaavat keskimääräisen ilman tai veden lämpötilan pitkäaikaisiin muutoksiin. Vaikka tämä on havaittu projektin sijaintipaikalla ja suuntauksen ennustetaan jatkuvan, tämän vaaran ei odoteta vaikuttavan merkittävästi rakennukseen tai sen käyttäjiin. Äärimmäiseen kylmyyteen ja helleaaltoihin liittyvät vaikutukset on kuvattu muualla.
	Lämpörasitus	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Teknistä henkilöstöä ei odoteta työskentelevän laitoksen ulkopuolella, joten tätä riskiä ei ole otettu huomioon.
Akuutti	Helleaallot	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Äärimmäiset lämpötilat, jotka aiheuttavat paikallisessa säännöstössä määritellyn raja-arvon ylittäviä lämpötilan muutoksia ($\pm 15^{\circ}$ RC:n tai $\pm 25^{\circ}$ teräksen osalta), voivat vahingoittaa rakenteellisia elementtejä. Helleaalto voi vaikuttaa jäähdytysjärjestelmien suorituskyykyyn ja aiheuttaa palvelimien ylikuumenemisen. Helleaallot voivat myös rasittaa sähköjärjestelmiä, mikä lisää laitevikojen ja jopa sähköpalojen riskiä. Suurin riski kohdistuu DC-rakennuksen ulkopuolella sijaitseviin laitteisiin, joissa ei ole lämpötilan säätelyä.
	Kylmäaallot	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Äärimmäiset lämpötilat, jotka aiheuttavat paikallisessa säännöstössä määritellyn raja-arvon ylittäviä lämpötilan muutoksia ($\pm 15^{\circ}$ RC:n tai $\pm 25^{\circ}$ teräksen osalta), voivat vahingoittaa rakenteellisia elementtejä, erityisesti jos ne sijaitsevat ulkona. Mekaanisissa ja sähköisissä järjestelmissä kylmäaallot voivat aiheuttaa vesiputkien jäätymisen ja lisätä lämmitystarvetta. Lisäksi ne heikentävät huonosti eristettyjen tilojen käytettävyyttä.
	Metsäpalot	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Metsäpalot ovat riski ulkoisille laitteille, erityisesti dieselgeneraattoreille – johdot ja eristemateriaalit ovat palavia, samoin kuin dieselpolttoaine itsessään.
	Muuttuva kosteus	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Kosteuden muutoksilla ei katsota olevan olennaista vaikutusta hankkeeseen.
Veteen liittyvät								
Krooninen	Sademäärän ja sademuodon muutos – lumi/jää	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Vaihtelevuudella, joka viittaa erityisesti kroonisiin (pitkäaikaisiin) muutoksiin sademäärän jakautumisessa tai määrässä, ei katsota olevan merkittävää vaikutusta hankkeeseen. Sateiden voimakkuuden lisääntymiseen liittyvät akuutit vaikutukset on otettu huomioon muualla.
	Sademäärä tai hydrologinen vaihtelu	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Sademäärän tai hydrologisen vaihtelevuuden ei katsota vaikuttavan merkittävästi hankkeeseen.
	Vesistressi	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Vesihuollon hoitaa Forssan vesilaitos, ja jäähdytysjärjestelmässä käytetään pääasiassa ilmapohjaisia ratkaisuja.
Akuutti	Kuivuus	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Meteorologista kuivuutta ei pidetä arvioitavan laitoksen kannalta merkittävänä vaarana, koska sademäärän vähenemisellä ei ole vaikutusta rakenteeseen tai sen osiin.

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä		Mahdolliset haitalliset vaikutukset rakennukseen						
		Rakenteeseen	Arkkitehtuuri	Mekaaninen järjestelmä	Sähköjärjestelmä	Käyttäjät	Merkittävä heikentyminen (kyllä/ei)	Merkittävä heikkeneminen
	Voimakas sademäärä – sade	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Voimakkaiden sateiden ei katsota vaikuttavan merkittävästi hankkeeseen.
	Voimakas sade – raekuuro	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Voimakkaat raekuurot voivat vahingoittaa verhouksmateriaaleja/julkisivuja, koska julkisivuille ei ole olemassa eurooppalaista sertifiointia, joka takaisi niiden kestävyys raekuuroja vastaan. Voimakkaat raekuurot ovat myös riski päärakennuksen ulkopuolella sijaitseville sähkölaitteille – sähköasemakotelossa sijaitsevat HV/MV-muuntajat tulisi suojata paremmin, ja myös DG:t ovat vaarassa, sillä niiden ulkokuoret ja kotelot voivat vaurioitua.
	Voimakas sade – lumi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Voimakas lumisade, erityisesti DC:n katolla, voi mahdollisesti häiritä katolle asennettuja jäähdytyslaitteita ja estää ilman virtauksen.
	Voimakas sade – jää	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Jään ei katsota vaikuttavan merkittävästi hankkeeseen.
	Tulvat – sadevedet, pohjavesi	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kaikki DC-sähköjärjestelmät sijaitsevat maanpinnan tasolla (yksi kerros), joten ne ovat kaikki alttiita tulvavahingoille. Lisäksi tulvat voivat vaikuttaa useisiin laitteisiin samanaikaisesti, mikä ohittaa redundantin suunnittelun.
Tuuliin liittyvät								
Akuutti	Myrsky	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Tuulimyrsky aiheuttaa riskin päärakennuksen ulkopuolella sijaitseville sähkölaitteille – sähköaseman kotelossa sijaitsevat HV/MV-muuntajat ovat suurelta osin suojattuja, dieselgeneraattorit ja muut ulkoiset sähköjärjestelmät ovat suuremmassa vaarassa, mutta niiden tulisi olla rakennettu kestävä suhteellisen voimakkaita tuulia.
	Tornado	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Suurin riski kohdistuu katolle asennettuihin jäähdytyslaitteisiin, kuten jäähdyttimiin tai ilmastointikoneisiin, jotka voivat vaurioitua tornadon vaikutuksesta. Tämä voi johtaa tehokkaan jäähdytyksen menetykseen ja mahdolliseen ylikuumenemiseen. Lisäksi tornadot aiheuttavat suuremman riskin päätietokeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitseville sähkölaitteille, kuten sähköasemille tai tulovirran pylväille.

A.2 Liite II – Vaarojen arviointi (vaihe 2a)

A.2.1 Äärimmäinen kuumuus / helleaallot

Helleaalto määritellään useita päiviä kestäväksi pitkittyneeksi jaksoksi, jonka aikana ilman lämpötila on huomattavasti tavallista korkeampi. Ilmastotieteellisessä mielessä helleaallot luokitellaan tyypillisesti vähintään kolmen peräkkäisen päivän jaksoiksi, joiden aikana päivän ylin lämpötila on vähintään 35 °C.

Koska tässä tutkimuksessa tarvittiin kuitenkin tarkempi arviointi, suoritettiin yksityiskohtainen arviointi äärimmäisistä lämpöolosuhteista, jotta voitiin varmistaa yhdenmukaisuus hankkeen toiminnallisten ominaisuuksien kanssa. Näin ollen tässä tutkimuksessa käytetään äärimmäisen kuumuuden vaaraa, joka määritellään päiviksi, jolloin päivittäinen ilman lämpötila on yli 30 °C. Tämä kynnysarvo valittiin lämpötilan nousuille herkimpien mekaanisten järjestelmien toiminnallisten suunnittelurajojen perusteella, jotka on suunniteltu maksimilämpötila-arvojen mukaisesti turvallisen toiminnan varmistamiseksi. Suunnittelun maksimilämpötila on 32,9 °C; varotoimenpiteenä vaaran arvioinnin kynnysarvoksi on valittu 30 °C. Tällä alueella korkeiden lämpötilojen aiheuttamat toiminnalliset riskit katsotaan vähäisiksi, koska ennustetut huippulämpötilat pysyvät suunnittelurajojen sisällä.

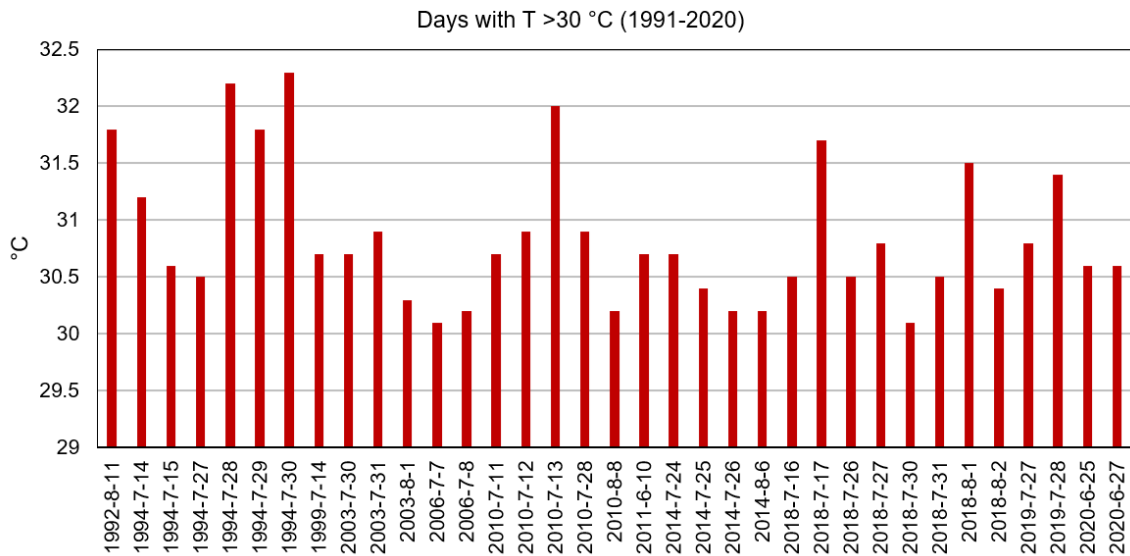
Äärimmäisen kuumuuden vaaran arviointi perustui kynnysarvoihin, jotka on johdettu äärimmäisten lämpötilojen arvioituista toistumisajoista. Tähän vaaraan sovelletut kynnysarvot on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 9-3 : Luokitus äärimmäisen kuumuuden vaarantason arvioimiseksi.

Vaara	Vaaramuuttuja	Toistumisajan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Äärimmäinen kuumuus	Päivät, jolloin $T_{max} \geq 30$ °C	>500	Erittäin epätodennäköinen
		$200 < \leq 500$	Epätodennäköinen
		$50 < \leq 200$	Todennäköinen
		$10 < \leq 50$	Erittäin todennäköinen
		≤ 10	Yleinen

Perusolosuhteiden äärimmäiset lämpötilaolosuhteet määritettiin Jokioisen observatorion mittaustietojen perusteella. Jokioisen observatorio on FMI:n pitkäaikainen vertailuasema, joka sijaitsee noin 7,5 km Forssasta länteen. Aikaisen jatkuvuutensa ja läheisyytensä ansiosta tämä asema on sopivin ilmastollinen vertailukohta nykyisten lämpötila-äärimmäisyyksien kvantifioimiseksi tutkimusalueella.

Kuv esitetään päivittäisen maksimilämpötilan yli 30 °C ylittävien päivien vuotuinen esiintymistiheys. 30 vuoden vertailujaksolla kirjattiin 35 yli 30 °C:n lämpötilan ylitystä. Havaintojakson aikana normalisoituna tämä vastaa vuotuista ylitystapausten määrää $\lambda_{(30)} = 1,16$ vuotta⁻¹. Poissonin oletuksen mukaan riippumattomien äärimmäisten lämpötilojen esiintymiselle vastaava toistumisaika on $RP_{(30)} \approx 0,85$ vuotta. Myös korkeampi 35 °C:n raja-arvo - joka edustaa voimakkaampaa lämpöaaltoa - ylitettiin kolme kertaa saman vertailujakson aikana. Tämä tuottaa vuotuisen ylitystason $\lambda_{(35)} = 0,10$ vuotta⁻¹, mikä vastaa toistumisjaksoa $RP_{(35)} \approx 3$ vuotta.



Kuva 9-1 : T>30 °C -päivien lukumäärä vertailukaudella (1991–2020) (Jokioisen observatorio).

Koska ei ole olemassa erityisiä ennusteita, joissa olisi nimenomaisesti kvantifioitu tulevaisuuden päivien lukumäärä, jolloin maksimilämpötila on yli 30 °C, oletetaan, että tämän kynnsarvon ylitykset yleistyvät jatkuvan lämpenemisen myötä. Globaalit ja alueelliset ilmastomallien yhdistelmät osoittavat johdonmukaisesti lämpötilajakauman systemaattisen nousun, mikä tarkoittaa, että yli 30 °C:n lämpötilat – jotka ovat nykyisin yleisiä – tulevat todennäköisesti esiintymään säännöllisesti tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa.

Taulukko -94 esitetään äärimmäisen kuumien päivien toistumisajan laskelmien tulokset vertailukaudella ja tulevilla skenaarioissa. Koska todennäköisyys on nykyisessä skenaariossa jo suurimmillaan, todennäköisyys pysyy muuttumattomana.

Taulukko -94 : Äärimmäisen kuumuuden vaaraluokitus.

Äärimmäinen kuumuus	Toistumisaika	Vaaraluokitus	Kommentti
Perusarvo (1991–2020)	0,8	Yleinen	Lämpöaallon esiintymisen todennäköisyys rakennuksen elinkaaren aikana on yli 98,9 %.
2050 / SSP2-4.5	<0,8	Yleinen	Ilmiön esiintymistodennäköisyys ja vaaraluokitus pysyvät muuttumattomina kaikilla tutkituilla aikaväleillä. Kuitenkin yli 30 °C:n lämpötiloja sisältävien päivien määrän odotetaan kasvavan merkittävästi, mikä voi johtaa näiden ilmiöiden voimakkuuden lisääntymiseen.
2050 / SSP5-8,5	<0,8	Yleinen	
2100 / SSP2-4.5	<0,8	Yleinen	
2100 / SSP5-8,5	<0,8	Yleinen	

Lämpövaarojen kattavan luonnehdinnan saamiseksi tutkittiin myös lämpöaaltoja havaintojaksolla 1991–2020. Tämän 30 vuoden aikana havaittiin kolme lämpöaaltoa, joista kukin kesti enintään kolme peräkkäistä päivää ja joiden keskimääräinen maksimilämpötila oli 30,4 °C–31,5 °C.

Näiden ilmiöiden havaittujen esiintymistiheyksien perusteella arvioitu vuotuinen esiintymistiheys on $\lambda = 0,10$ vuotta⁻¹, mikä vastaa noin 10 vuoden toistumisjaksoa. Tämän toistumisasteen perusteella lämpöaallot katsotaan yleiseksi vaaraksi. Ennustetut lämpenemissuuntaukset viittaavat lämpöaaltojen asteittaiseen voimistumiseen. Kesän maksimilämpötilojen noustessa edelleen lämpöaaltojen toistumisajan odotetaan lyhenevän, mikä viittaa pidempien korkeiden lämpötilojen jaksojen lisääntymiseen tulevilla ilmasto-olosuhteissa.

Taulukko 9-5 . Helleaallot vuosina 1991–2020.

Helleaallot	Kesto (päivien lukumäärä)	Keskimääräinen maksimilämpötila (°C)
27–29/7/1994	3	31,5
11-13/7/2010	3	31,2
24–26/7/2014	3	30,4

Vertailun vuoksi analysoitiin myös korkeamman kynnysarvon TX35 (>35 °C) ylitykset, koska tämä mittari on vahvemmin edustettuna alueellisissa ilmastosimulaatioissa ja antaa viitteitä lämpötilajakauman yläpään muutoksista. Arvio perustuu CMIP6-simulointeihin vertailukaudelta 1991–2020 ja kahdelta tulevaisuuden ajanjaksolta (2041–2060 ja 2081–2100) SSP2-4.5- ja SSP5-8.5-skenaarioissa.

Taulukko 9-6 esitetään ennustettu TX35-päivien keskimääräinen lukumäärä, niihin liittyvä vuotuinen ylitystaso ja vastaava toistumisaika.

Taulukko 9-6 . Päivien lukumäärä, jolloin maksimilämpötila on yli 35 °C (TX35), nykyisissä ja tulevissa skenaarioissa CMIP6:n mukaan.

Skenaario	Ajanjakso	Päivät >35 °C	Toistumisväli
Perus	1991–2020	0.03	1000*
SSP2-4.5	2041–2060	0.24	83
SSP2-4.5	2081–2100	0.17	118
SSP5-8,5	2041–2060	0.12	167
SSP5-8.5	2081–2100	1.07	19

* On huomionarvoista, että vertailukaudella on havaittu kolme tämän tyyppistä tapahtumaa, mikä tarkoittaa noin 10 vuoden toistumisväliä.

Vaikka yli 30 °C:n päivät ovat jo nykyisen ilmaston toistuva piirre ja niiden odotetaan yleistyvän ilmaston lämpenemisen myötä, 35 °C:n ylärajan ylittyminen on mielenkiintoinen indikaattori lämpötilajakauman ääripäiden muutoksista. TX35-arvojen ennusteiden analyysi osoittaa, että vaikka nämä tapahtumat ovat edelleen suhteellisen harvinaisia verrattuna yli 30 °C:n olosuhteisiin, niiden esiintymistiheys kasvaa huomattavasti tulevaisuuden skenaarioissa.

Käyttämällä toistumisjaksoihin perustuvaa vaaraluokitusta on mahdollista kontekstualisoida ennustetut muutokset:

- Historialliset olosuhteet (1991–2020) vastaavat noin 1000 vuoden toistumisjaksoa >35 °C:n lämpötiloille, mikä sijoittaa nämä tapahtumat *erittäin epätodennäköisen* luokkaan (kuitenkin, kuten edellä mainittiin, viiteajanjakson aikana havaittiin kolme tällaista tapahtumaa, mikä vastaa noin 10 vuoden efektiivistä toistumisjaksoa).
- SSP2-4.5-skenaariossa (2041–2060) toistumisjakso lyhenee noin 83 vuoteen, jolloin tapahtumat siirtyvät *todennäköisten* tapahtumien luokkaan, mikä osoittaa niiden harvinaisuuden merkittävän vähenemisen.
- SSP2-4.5 (2081–2100) -skenaariossa toistumisväli kasvaa jälleen hieman (≈118 vuotta) ja pysyy *todennäköisen* vaihteluvälin sisällä, mutta heijastaa skenaariosta riippuvaa vaihtelua ennustetussa lämpenemisessä.
- SSP5-8.5:n mukaan voimistuminen on selvempää: vuosisadan puoliväliin mennessä toistumisaika (≈167 vuotta) vastaa *epätodennäköisen ja todennäköisen* rajaa, kun taas vuosisadan loppuun mennessä se laskee noin 19 vuoteen, jolloin nämä tapahtumat kuuluvat selvästi *erittäin todennäköisen* luokkaan.

Nämä tulokset osoittavat, että vaikka yli 30 °C:n päivät ovat edelleen tavallisia kesäolosuhteita lämpenevässä ilmastossa, yli 35 °C:n lämpötilat – jotka ovat tällä hetkellä poikkeuksellinen ilmiö – ennustetaan muuttuvan ilmastollisesti mahdollisiksi ja korkeiden päästöjen skenaarioissa toistuviksi vuosikymmenien mittakaavassa. Tämä muutos heijastaa selvästi äärimmäisen kuumuuden aiheuttamien vaarojen voimistumista, jota leimaavat sekä siirtyminen korkeampiin lämpötiloihin että voimakkaasti lyhentyneet toistumisjaksot voimakkaiden lämpötilaääriarvojen osalta.

Äärimmäinen kylmyys

Kylmäaalto on merkittävä ja epätavallinen kylmä sääjakso, jolle on ominaista ilman lämpötilan jyrkkä ja merkittävä lasku lähellä maanpintaa (maksimi-, minimi- ja päivittäinen keskiarvo) laajalla alueella ja joka

jatkuu alle tiettyjen kynnysarvojen vähintään kahden peräkkäisen päivän ajan kylmän vuodenaikana (WMO, 2020¹³).

Koska tällä maantieteellisellä alueella esiintyy usein peräkkäisiä päiviä, joiden maksimilämpötila on alle 0 °C, tutkimusta tarkennettiin, jotta voitiin määrittää kynnysarvo, joka on erityisen merkityksellinen omaisuuden mahdollisten vahinkojen kannalta.

Tämän mukaisesti tässä tutkimuksessa käytetään äärimmäisen kylmän vaaran määritelmää, joka tarkoittaa päiviä, jolloin päivittäinen ilman minimilämpötila on alle -30 °C. Tämä raja-arvo valittiin mekaanisten järjestelmien toiminnallisten suunnittelurajojen perusteella, jotka on suunniteltu minimilämpötila-arvojen mukaisesti turvallisen toiminnan varmistamiseksi. Vastaava suunnittelun vähimmäislämpötila on -32,8 °C; varoimenpiteenä vaaran arvioinnin kynnysarvoksi on valittu -30 °C. Tällä alueella erittäin alhaisten lämpötilojen aiheuttamat toiminnalliset riskit katsotaan rajoitetuiksi, koska ennustetut vähimmäislämpötilat pysyvät suunnittelun rajoissa. Tämän kynnysarvon alittaminen voi johtaa mekaanisten järjestelmien raskautukseen ja tehokkuuden heikkenemiseen.

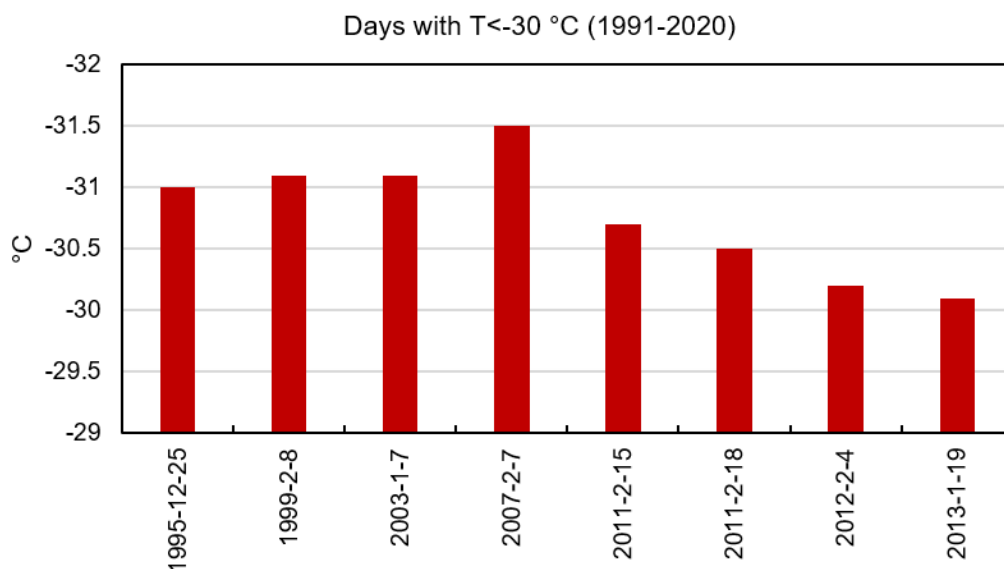
Äärimmäisen kylmän vaaran arviointi perustui kynnysarvoihin, jotka on johdettu äärimmäisten lämpötilojen arvioituista toistumisajoista. Tähän vaaraan sovellettavat kynnysarvot on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 9-7 . Luokitus äärimmäisen kylmän vaaran tason arvioimiseksi.

Vaara	Vaaramuuttuja	Toistumisajan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Äärimmäinen kylmyys	Päivät, jolloin $T_{min} \leq -30$ °C	>500	Erittäin epätodennäköinen
		$200 < \leq 500$	Epätodennäköinen
		$50 < \leq 200$	Todennäköinen
		$10 < \leq 50$	Erittäin todennäköinen
		≤ 10	Yleinen

Perusolosuhteiden äärimmäiset lämpöolosuhteet määritettiin käyttämällä korkealaatuisia havaintoaineistoja Jokioisen observatoriosta, joka on FMI:n pitkäaikainen vertailuasema noin 7,5 km Forssasta länteen.

Kuva raportoi niiden päivien vuotuisen esiintymistiheyden, jolloin vuorokauden alin lämpötila on alle -30 °C. 30 vuoden vertailujaksolla havaittiin 8 kertaa -30 °C:n raja-arvon ylitys. Kun tämä normalisoidaan koko havaintojakson ajalle, se vastaa vuotuista ylitystapausten esiintymistiheyttä $\lambda_{(30)} = 0,27$ vuotta⁻¹. Olettaen, että itsenäisten äärimmäisen kylmien tapahtumien esiintyminen noudattaa Poisson-prosessia, niihin liittyvä toistumisaika on $RP_{(30)} \approx 3,75$ vuotta. Tutkittiin myös alempaa -35 °C:n kynnysarvoa, joka edustaa voimakkaampaa äärimmäistä kylmyyttä, mutta vertailuajana ei havaittu yhtään päivää, jolloin lämpötila olisi ollut tämän kynnysarvon alapuolella.



Kuva 9-2 : $T < -30$ °C -päivien lukumäärä vertailukaudella (1991–2020) (Jokioisen observatorio).

¹³ WMO-nro 1310 (2020): Ohjeet äärimmäisten sää- ja ilmasto-olosuhteiden määrittämiseksi ja luonnehtimiseksi

Koska ei ole olemassa erityisiä ennusteita, joissa olisi nimenomaisesti kvantifioitu tulevaisuuden päivien lukumäärä, jolloin minimilämpötila on alle -30°C , oletetaan, että tämän kynnysarvon ylitykset vähenevät jatkuvan lämpenemisen myötä. Globaalit ja alueelliset ilmastomallien yhdistelmät osoittavat johdonmukaisesti lämpötilajakauman systemaattisen nousun, mikä tarkoittaa, että äärimmäisen alhaiset lämpötilat – kuten alle -30°C , jotka ovat jo nyt harvinaisia – ovat tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa odotettavissa entistä harvemmin.

Taulukko -94 esitetään lasketut toistumisjaksot äärimmäisen kylmille päville vertailukaudella ja tulevissa ilmastoskenaarioissa. Suoritettujen arvioiden perusteella katsotaan, että tulevassa pahimmassa skenaariossa näiden tapahtumien odotetaan harvinaistuvan, mikä johtaa vaaraluokan laskuun yhdellä luokalla. Keskitason skenaarioissa vaaraluokka säilyy ennallaan, mutta tällaisten tapahtumien toistumisjakson oletetaan pidentyvän.

Taulukko 9-8 Äärimmäisen kylmien päivien vaaraluokitus.

Äärimmäinen kuumuus	Toistumisväli	Vaaraluokitus	Kommentti
Perusarvo (1991–2020)	3.75	Yleinen	Lämpöaallon esiintymisen todennäköisyys rakennuksen elinkaaren aikana on yli 98,9 %.
2050 / SSP2-4.5	>3.75	Yleinen	Todennäköisyys ja vaaraluokitus pysyvät muuttumattomina kaikissa skenaarioissa, paitsi vakavimmassa pitkän aikavälin skenaariossa. Tässä tapauksessa ennustetun lämpötilan nousun odotetaan vähentävän erittäin alhaisten lämpötilojen esiintymistä, mikä saattaa vähentää äärimmäisen kylmien sääilmiöiden esiintymistiheyttä.
2050 / SSP5-8,5	>3.75	Yleinen	
2100 / SSP2-4.5	>3.75	Yleinen	
2100 / SSP5-8,5	>10	Erittäin todennäköinen	

A.2.2 Metsäpalot

Metsäpalo on suunnittelematon, hallitsematon ja arvaamaton tulipalo alueella, jossa on palavaa kasvillisuutta, kuten kuivia puita ja oksia, jotka voivat toimia potentiaalisena palon syttymislähteenä.

Metsäpalovaaran luokitus määritetään käyttämällä keskimääristä palosääindeksiä (FWI)¹⁴ kartalla Euroopan palokauden (kesäkuu–syyskuu) ajalta, joka on peräisin Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) ylläpitämästä European Climate Data Explorer (ECDE) -tietokannasta.

FWI-järjestelmä tarjoaa numeerisia ja dimensioimattomia arvioita yleisen polttoainetyypin (kypsät mäntymetsät) suhteellisesta palopotentialista, joka perustuu yksinomaan meteorologisiin havaintoihin. FWI-järjestelmässä käytetyt -meteorologiset tiedot sisältävät keskipäivän ilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, tuulen nopeuden 10 metrin korkeudella maanpinnasta ja edellisen 24 tunnin aikana kertyneen sademäärän. Indeksien laskeminen perustuu kolmen tunnin välein saataviin ilmastotietoihin, jotka on johdettu EURO-CORDEX-projektissa kehitetyistä uusimmista alueellisista ja globaaleista ilmastomalleista (RCM/GCM).

FWI-indeksi määritetään päivittäisten keskipäivän ilman lämpötila-, suhteellisen kosteuden, tuulen nopeuden ja edellisen 24 tunnin aikana kertyneen sademäärän arvojen perusteella. Tässä tutkimuksessa käytettiin palokauden (kesäkuu–syyskuu) keskimääristä FWI-arvoa, joka laskettiin tarkastelujakson päivittäisten indeksiarvojen summana jaettuna ajanjakson kokonaispäivien lukumäärällä. Korkeampi indeksiarvo osoittaa sääolosuhteita, jotka ovat suotuisampia metsäpalojen syttymiselle ja leviämislle.

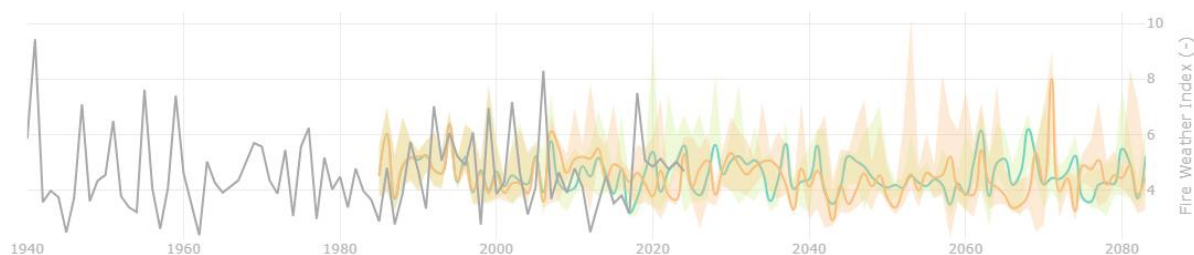
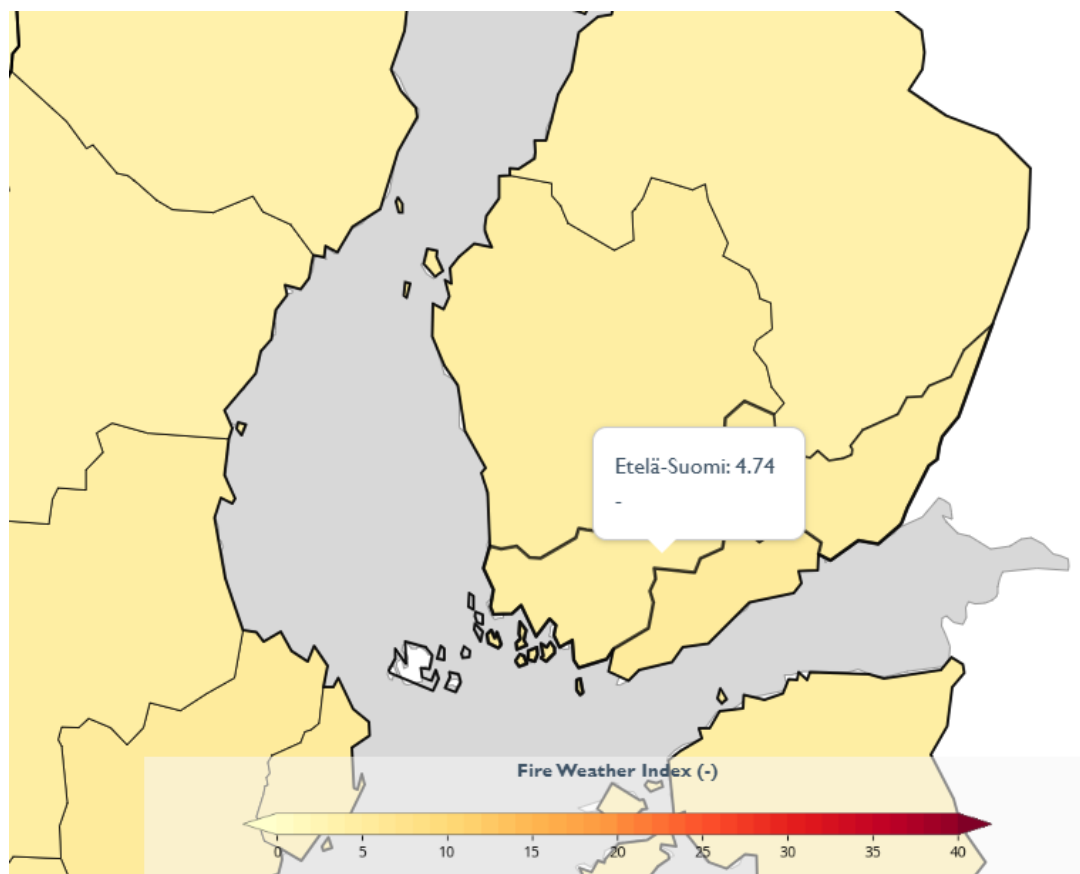
Metsäpalovaaran arviointi perustui FWI-luokituksesta johdettuihin kynnysarvoihin. Vaaraluokitus on esitetty yksityiskohtaisesti taulukossa.

¹⁴ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/fire-weather-index>

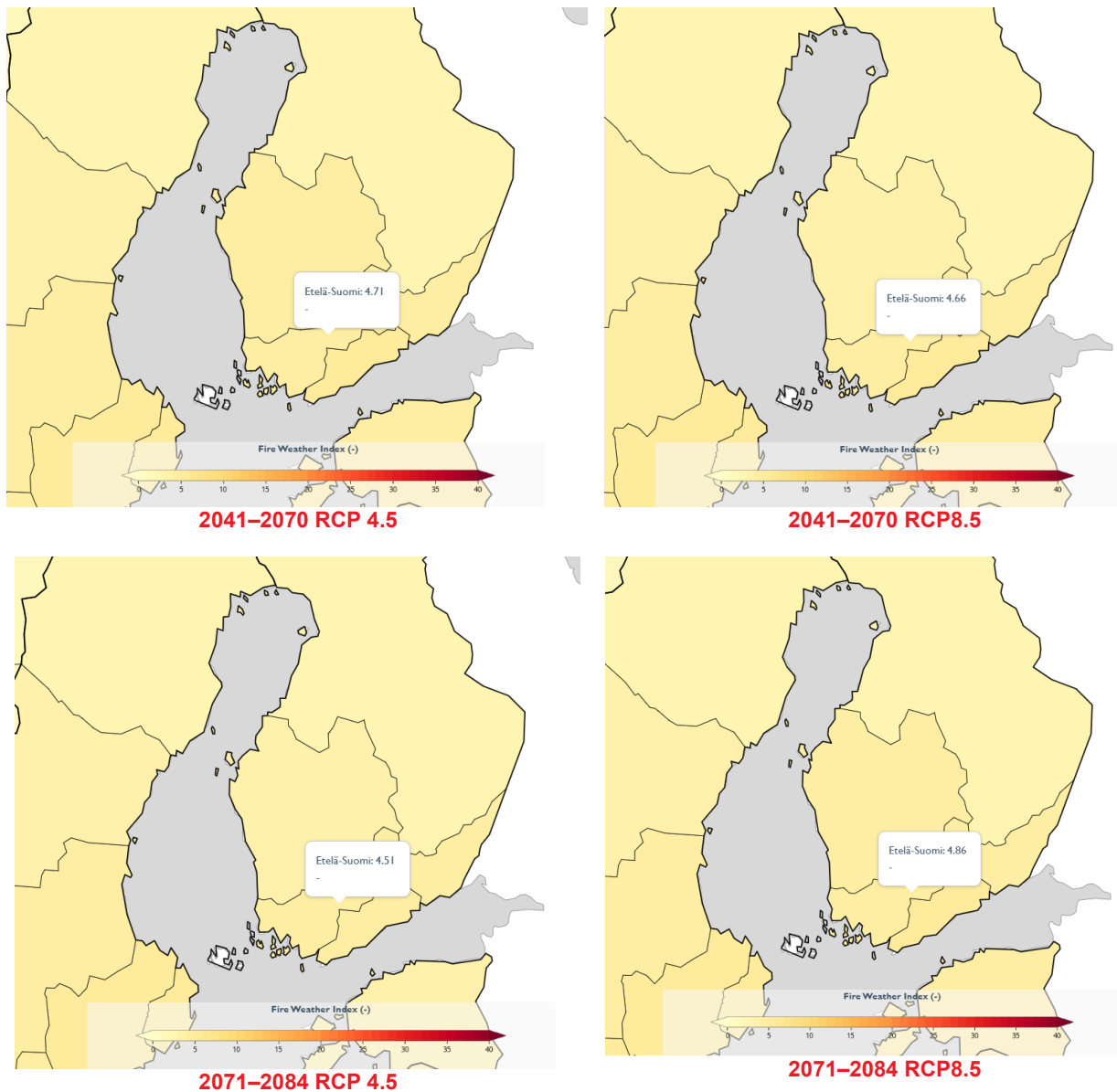
Taulukko 9-9 . Luokitus FWI-indeksin arvioimiseksi.

Vaara	Vaaramuuttuja	Muuttujan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Metsäpalo	Keskimääräinen paloindeksi (FWI)	$< 5,2$	Erittäin epätodennäköinen
		$5,2 \leq - < 11,2$	Epätodennäköinen
		$11,2 \leq - < 21,3$	Todennäköinen
		$21,3 \leq - < 38$	Erittäin todennäköinen
		≥ 38	Yleinen

Kuvio a esitetään FWI-indeksin vuosille 1991–2020 (nykyilmasto) ja esittää indeksin ennustetun muutoksen vuosille 2041–2070 ja 2071–2084, huomioiden ilmastomuutoksen päästöskenaarioiden RCP4.5 ja RCP8.5 mukaisesti.



Kuvio 9-3 . Yläkuva: FWI-indeksin historialliset simulaatiot ajanjaksolle 1991–2020; alakuva: Etelä-Suomen vuotuisen FWI-indeksin historiallinen ja ennustettu kehitys, harmaa = historialliset tiedot, vihreä = RCP4.5, oranssi = RCP8.5)



Kuvio 9-4 . Tulevaisuuden simulaatiot FWI-indeksin tulevaisuuden skenaarioille.

Tässä osiossa esitettyjen FWI-arvojen perusteella metsäpalovaaran luokitus on erittäin epätodennäköinen sekä nykytilanteessa että ennustetuissa tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa. **Error! Reference source not found.** lopullinen vaaraluokitus on esitetty.

Taulukko 9-10 . Metsäpalovaaran luokitus.

Metsäpalot	Vaaran arvo	Vaaraluokitus	Kommentti
Perustaso (1991–2020)	4.74	Erittäin epätodennäköinen	Nykyisessä tilanteessa metsäpalovaaran luokitus on alhainen.
2041–2070 / RCP 4.5	4.71	Erittäin epätodennäköinen	Tulevaisuudessa kaikkien tutkittujen skenaarioiden mukaan sääolosuhteiden odotetaan pysyvän vakaina metsäpalojen esiintymisen kannalta.
2041–2070 / RCP8.5	4.66	Erittäin epätodennäköistä	
2071–2100 / RCP4.5	4.51	Erittäin epätodennäköinen	
2071–2100 / RCP8.5	4.66	Erittäin epätodennäköinen	

A.2.3 Voimakas sademäärä – lumi

Voimakas sademäärä – lumi -vaara viittaa lyhyessä ajassa maahan kertyvään lumimäärään, joka voi aiheuttaa merkittäviä häiriöitä infrastruktuurille ja välttämättömille palveluille.

Rakenteellisten vaikutusten edustavan kynnsarvon määrittämiseksi otettiin huomioon rakenteellinen suunnittelukuorma maanpinnan tasolla $2,6 \text{ kN/m}^3$. ASCE 7:n salliman suurimman lumitiheyden $4,7 \text{ kN/m}^3$ perusteella tämä kuorma vastaa noin 55 cm:n lumikerrosta. Käyttämällä tyypillisempää lumitiheyttä, noin 3 kN/m^3 , sama kuorma vastaisi noin 90 cm:n lumikerrosta. Varovaisen arvioinnin vuoksi vaaraluokituksessa on käytetty 50 cm:n lumikerroksen kynnsarvoa.

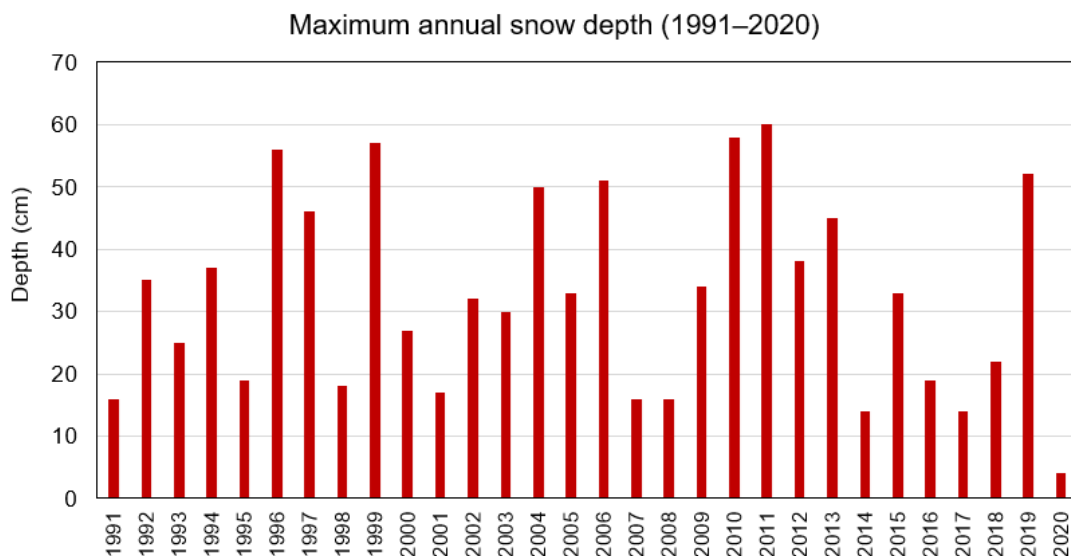
Vaaran arviointi perustuu siis tähän määriteltyyn kynnsarvoon, joka arvioidaan jokaiselle toistumisjaksolle, jolloin se saavutetaan, ja joka edustaa lumikerroksen paksuutta, jolla rakenteelliset ja toiminnalliset vaikutukset voivat tulla merkittäviksi.

Tätä vaaraa varten sovellettavat vastaavat kynnsarvot on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 9-11 : Luokitus voimakkaiden sateiden – lumen – esiintymistodennäköisyyden arvioimiseksi.

Vaaratekijä	Vaaramuuttuja	Toistumisajan raja-arvo	Vaaran luokitus
Voimakas sademäärä Lumi	Päivät, jolloin lumen syvyys on $\geq 50 \text{ cm}$	>500	Erittäin epätodennäköinen
		$200 < \leq 500$	Epätodennäköinen
		$50 < \leq 200$	Todennäköinen
		$10 < \leq 50$	Erittäin todennäköinen
		≤ 10	Yleinen

Kuv esitetään vuosittain mitatun suurimman lumensyvyyden vuotuinen keskiarvo. 30 vuoden vertailukaudella 125 päivänä ylittyi hyväksytty lumensyvyyden kynnsarvo. Kun tämä normalisoidaan koko havaintojakson ajalle, se vastaa vuotuista ylitystapausten määrää $\lambda_{(30)} = 4,2 \text{ vuotta}^{-1}$. Olettaen, että itsenäisten runsaslumisten tapahtumien esiintyminen noudattaa Poisson-prosessia, niihin liittyvä toistumisaika on $RP_{(30)} \approx 0,24 \text{ vuotta}$.



Kuva 9-5 Vuotuinen suurin lumensyvyys vertailukaudella (1991–2020) (Jokioisen observatorio).

Koska tulevista lumisyvyyksistä ei ole erityisiä ennusteita, vaaraluokitus oletetaan pysyvän nykyisellä tasolla, eli yleisenä, mikä heijastaa sitä, että 50 cm:n voimakkaat lumisateet aiheuttavat edelleen potentiaalisia vaikutuksia infrastruktuuriin ja palveluihin. Vaikka luokitus pysyy muuttumattomana, tällaisten tapahtumien toistumisajan odotetaan pidentyvän tulevissa ilmasto-olosuhteissa, mikä on yhdenmukaista pitkän aikavälin lämpenemissuuntausten kanssa.

Taulukko 9-12 esitetään runsas sademäärä – lumen toistumisaika vertailukaudella sekä SSP2-4.5- ja SSP5-8.5-päästöskenaarioissa vuosisadan puolivälissä (2050) ja pitkällä aikavälillä (2100).

Taulukko 9-12 Voimakkaiden sateiden – lumen – vaaraluokitus.

Äärimmäinen kuumuus	Toistumisväli	Vaaraluokitus	Kommentti
---------------------	---------------	---------------	-----------

Perusarvo (1991–2020)	0.24	Yleinen	Euroopassa tehdyt nykyiset tutkimukset ja muutosennusteet viittaavat siihen, että lumisateiden tiheys vähenee tulevaisuudessa kohteessa.
2050 / SSP2-4.5	<10	Yleinen	
2050 / SSP5-8,5	<10	Yleinen	
2100 / SSP2-4,5	<10	Yleinen	
2100 / SSP5-8,5	<10	Yleinen	

A.2.4 Voimakas sade – raekuurot

Voimakkaaksi raekuuroksi määritellään myrsky, jossa rakeiden halkaisija on vähintään 5 cm. Voimakkaaseen raekuuroon liittyvän vaaran arvioimiseksi raekuurojen ja ilmastomuutoksen kattavan tutkimuksen perusteella arvioitiin voimakkaiden sateiden todennäköisyys. Tutkimuksen ovat tehneet Raupach et al. (2021)¹⁵.

Luokitus on esitetty taulukossa Taulukko 9-13, ja siinä käytetään halkaisijaltaan vähintään 5 cm:n rakeiden toistumisjaksoa (josta alkaen rakennuksille aiheutuu merkittävää vahinkoa).

Taulukko 9-13 : Luokitus voimakkaiden sateiden – rakeiden – esiintymistodennäköisyyden arvioimiseksi.

Vaaratekijä	Vaaratekijä Muuttuja	Toistumisajan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Voimakas sade - raekuuro	Rakeet, joiden halkaisija on ≥ 5 cm	>500	Erittäin epätodennäköinen
		$200 < \leq 500$	Epätodennäköinen
		$50 < \leq 200$	Todennäköinen
		$10 < \leq 50$	Erittäin todennäköinen
		≤ 10	Yleinen

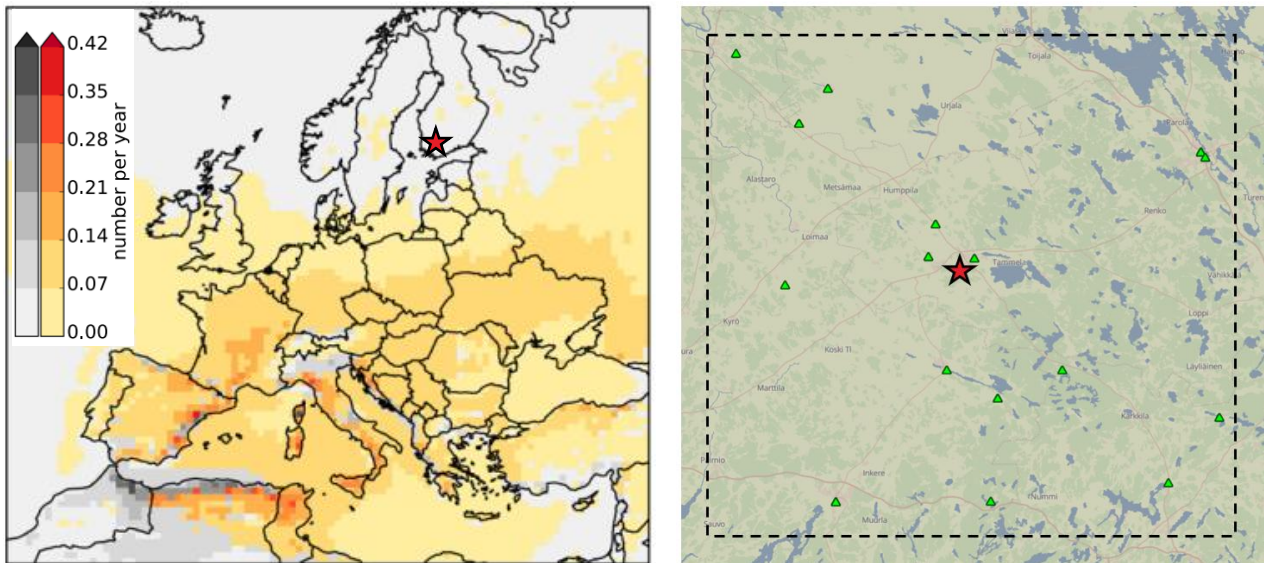
Tässä tutkimuksessa käytetyt raekuurojen vaarakartat perustuvat Raupachin ym. (2021) kehittämään menetelmään. Siinä käytettiin 14 EURO-CORDEX-alueellisen ilmastomallin yhdistelmää arvioimaan ukkosmyrskyihin liittyvien vaarojen esiintymistiheyden muutoksia Euroopassa 21. vuosisadan loppuun saakka. Raekuurojen erittäin paikallisen ja lyhytaikaisen luonteen vuoksi ilmastomallit eivät pysty suoraan ratkaisemaan tällaisia ilmiöitä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi kehitettiin ARCHaMo-tilastollinen kehys, joka kuvaa raekuurojen esiintymistä sekä ilmastomallisimuloinneissa että uudelleenanalysoituissa tiedoissa.

ARCHaMo-mallit koulutettiin ERA-Interim-uudelleentarkastelutiedoilla, joita täydennettiin ESWD:n (European Severe Weather Database) raekuuroja koskevilla raporteilla Keski-Euroopasta vuosilta 2008–2016. EURO-CORDEX-ensemble-mallin tulevaisuuden ilmastoennusteita RCP4.5- ja RCP8.5-skenaarioissa tarkasteltiin vuosille 2021–2050 ja 2071–2100, ja vertailukohtana käytettiin historiallisia simulaatioita (1971–2000). ARCHaMo-malleja sovellettiin kuhunkin ruudukon soluun ja aikaväliin todennäköisyysarvioiden laskemiseksi, jotka sitten yhdistettiin odotettujen vuotuisten raekuurojen lukumäärän laskemiseksi ja lopullisten vaarakarttojen muodostamiseksi.

Kuten kuvassa (vasemmalla) näkyy, tutkimusalue sijaitsee alueella, jossa mallien epävarmuus on suuri ja ennusteet poikkeavat jo merkittävästi toisistaan historiallisella ajanjaksolla. Suurten raekuurojen (>5 cm) esiintymisen kvantifioimiseksi käytettiin ESWD-tietoja ajalta 1991–2020 (kuva (oikealla)). Tutkimusalueen

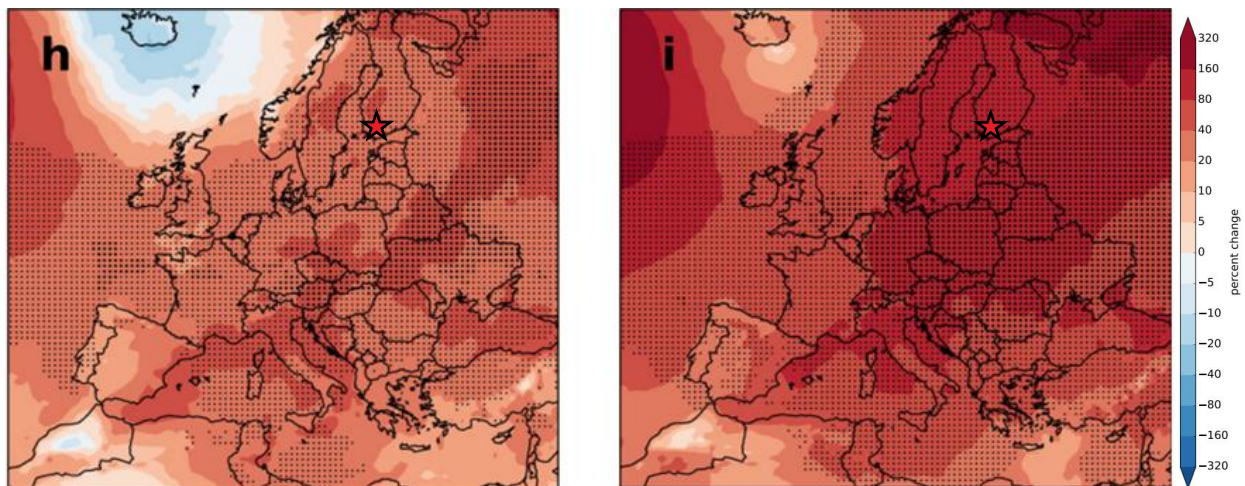
¹⁵ Raupach et. al, 2021. <https://www.nature.com/articles/s43017-020-00133-9>

keskellä sijaitsevilla 100 km × 100 km:n ruudukolla kirjattiin yhteensä 23 raekuuroa, joiden halkaisija oli >2 cm, joista 2 raekuuroa oli ≥5 cm.



Kuva 9-6 : Vasemmalla: keskimääräinen määrä raekuuroja, joissa rakeiden koko oli yli 5 cm, historiallisten havaintojen perusteella vuosina 1971–2000¹⁶. Oikealla: raekuurojen kokonaismäärä, joissa rakeiden koko oli vähintään 2 cm, vuosina 1991 – 2020 tutkimusalueen keskellä sijaitsevilla 100 km × 100 km:n ruudukolla. Alue on merkitty tähdellä.

Tulevaisuuden olosuhteiden osalta Raupach et al (2021) korostavat tutkimuksessaan, että havainnot ja mallit osoittavat raekuurojen todennäköisyyden ja raekoon yleisesti hieman kasvavan Euroopassa. Tämä johtuu konvektiivisen epävakauden yleisestä lisääntymisestä, jota esiintyy enimmäkseen viileämpänä vuodenaikana. Radler et al (2019¹⁷) osoittavat useiden alueellisten ilmastomallien avulla, että raekuurojen todennäköisyys voi kasvaa projektialueella yli 5 cm:n kokoisille rakeille (Kuva) päästöskenaarioissa RCP4.5 ja RCP8.5 (aiemmat versiot skenaarioista SSP2-4.5 ja SSP5-8.5). Pahimmassa tapauksessa RCP8.5-skenaariossa suurten rakeiden myrskyjen määrä voi kasvaa 40–80 % vuosisadan loppuun mennessä, mikä nostaisi näiden tapahtumien toistumisvälin 9:stä vuodesta 8:aan vuoteen.



Kuva 9-7 : Ennustettu muutos vuotuisissa 6 tunnin jaksoissa, jolloin raekoko on yli 5 cm, vuosisadan loppuun mennessä, 2071–2100, ottaen huomioon ilmastomuutoksen päästöskenaarioissa RCP4.5 (vasemmalla) ja RCP8.5 (oikealla). Paikka on merkitty tähdellä.

¹⁶ Rädler, A.T., Groenemeijer, P.H., Faust, E. et al. Vakavien ukkosmyrskyjen esiintymistiheyden odotetaan lisääntyvän Euroopassa 21. vuosisadalla epävakauden lisääntymisen vuoksi. npj Clim Atmos Sci 2, 30 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0083-7>

¹⁷ Rädler, A.T., Groenemeijer, P.H., Faust, E. et al. Vakavien ukkosmyrskyjen esiintymistiheyden odotetaan lisääntyvän Euroopassa 21. vuosisadalla epävakauden lisääntymisen vuoksi. npj Clim Atmos Sci 2, 30 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0083-7>

Edellä olevien tietojen ja luokittelujärjestelmän perusteella esitetään voimakkaiden sateiden – rakeiden – todennäköisyys vertailukaudella sekä RCP4.5- ja RCP8.5-päästöskenaarioissa pitkällä aikavälillä (2100). Havaitun trendin perusteella nykyisten ja pitkän aikavälin tulevaisuuden skenaarioiden korkein vaara-arvo on konservatiivisesti määritetty vuoden 2050 skenaarioille, joille ilmastomalleja ei ole saatavilla.

Taulukko 9-14 : Raekuurojen esiintymistodennäköisyyden luokitus.

Perusarvo	14.5	Erittäin todennäköinen
2050 / RCP4.5	-	Erittäin todennäköinen
2050 / RCP8.5	-	Erittäin todennäköinen
2100 / RCP4.5	10.4	Erittäin todennäköinen
2100 / RCP8.5	8.1	Yleinen

A.2.5 Tulva – sadevesi/pohjavesi

Sateen aiheuttama tulva määritellään veden kertymiseksi maan pinnalle voimakkaiden sateiden, lumen sulamisen, vettä läpäisemättömien pintojen nopean valunnan ja pohjaveden pinnan nousun seurauksena.

Tässä tutkimuksessa vaaraluokitus perustuu SWECO:n¹⁸ analyysiin, jossa käytetään MIKE+ 2025 (DHI) -ohjelmistossa toteutettua sadekuuromallia. Malli toimii kaksikulotteisella ruudukolla, jonka solujen enimmäistarkkuus on 2 m², mikä mahdollistaa pintaveden kertymisen ja virtauksen yksityiskohtaisen simuloinnin.

Vaaraluokituksen muuttujien kynnysarvot on koottu taulukkoon Taulukko 9-15 .

Taulukko 9-15 : Luokitus sadevesitulvien vaaran arvioimiseksi.

Vaaratekijä	Vaaran muuttuja	Muuttujan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Veden syvyys (metreinä) suhteessa 100 vuoden toistumisvälin tulvailmiöön	< 0,3	Erittäin epätodennäköinen
		0,3 ≤ – < 0,4	Epätodennäköinen
		0,4 ≤ – < 0,5	Todennäköinen
		0,5 ≤ ja < 1	Erittäin todennäköinen
		≥ 1	Yleinen

SWECO laati tulvasyvyyskartat 100 ja 500 vuoden toistuvuusjaksoilla, joissa otettiin huomioon 20 %:n ilmastomuutoskorjaus, joka vastaa ennustettua äärimmäisten sateiden voimakkuuden kasvua ilmaston lämpenemisen seurauksena. Sademäärätiedot saatiin Ilmatieteenlaitokselta, ja ne perustuvat Jokioisten

¹⁸ Pilvipurkausten analyysi SWECO 2025

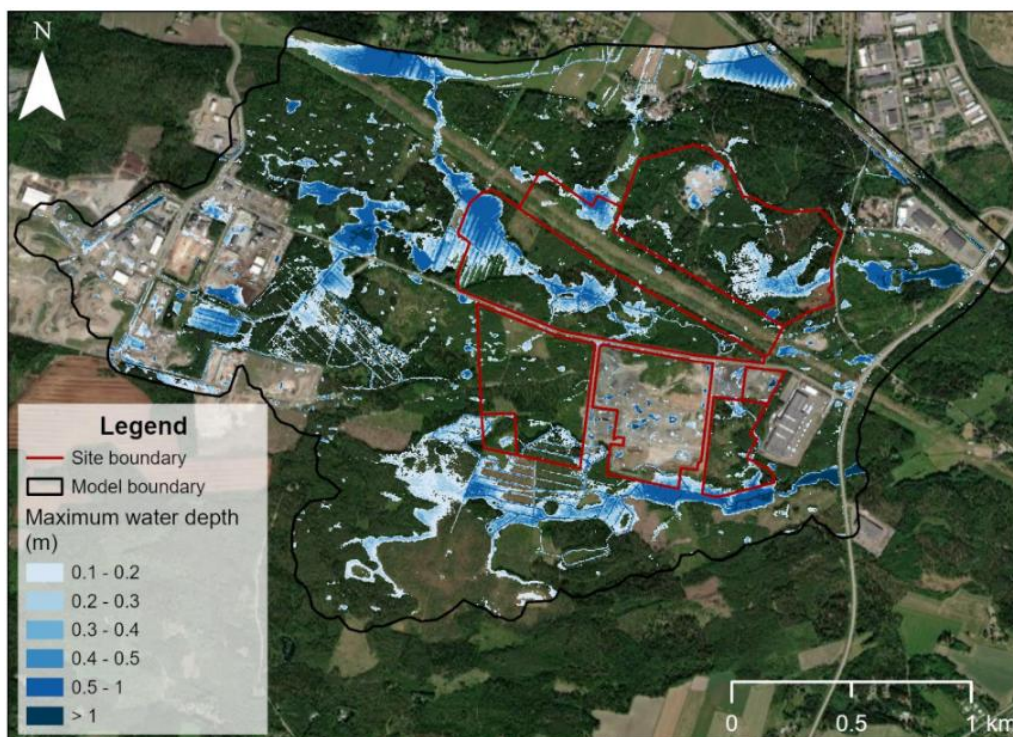
observatorion mittauksiin, joka sijaitsee noin 5 km kohteesta länteen. Kuva esitetään sateiden aiheuttamien tulvien simuloinneissa käytetyt oletukset.

Label	Return period (years)	Climate factor	Duration (minutes)	Rainfall intensity (l/s/ha)	Rainfall intensity (mm/h)	Accumulated precipitation (mm)
100-year event	100	20 %	360	47.77	17.20	103.18
500-year event	500	20 %	360	66,66*	24.0*	144,00*

* The Finnish Meteorology Institute only supply the rainfall for the 500-year rain at Joikionen observatory with 24 h duration. The modeled rain for the 6 h rain has been calculated with the assumption that rain amount for different return periods have the same proportions for the 6 h rainfall as for the 24 h rain.

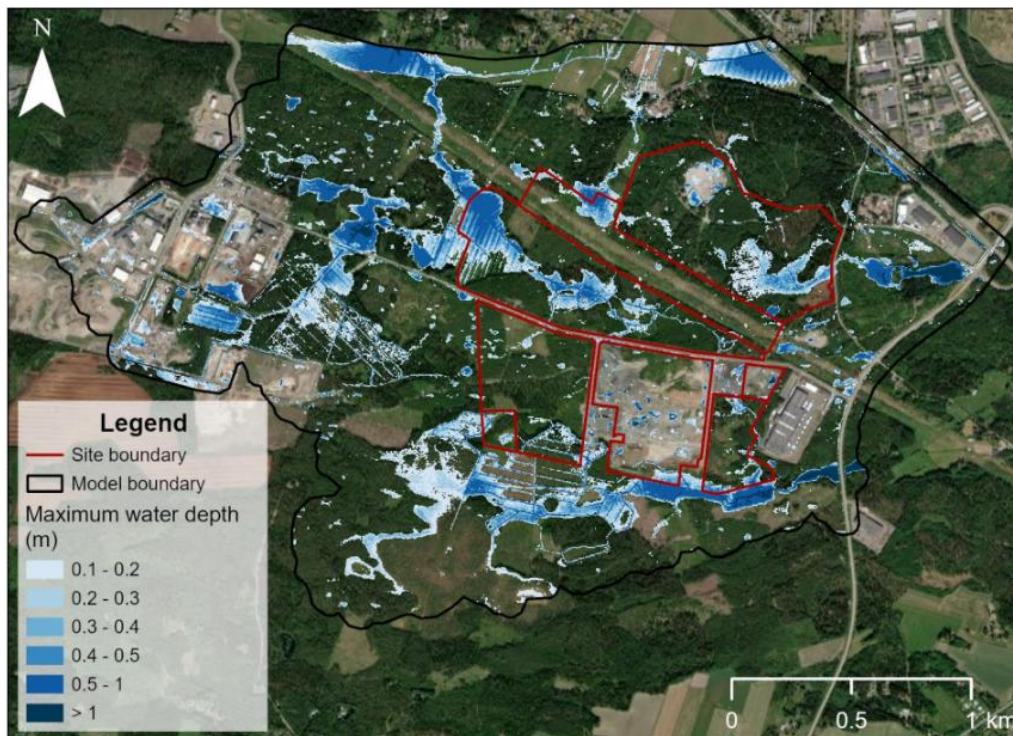
Kuva 9-8 . Simuloinnissa käytetyn sateen voimakkuus ja määrä (SWECO, 2025)

Tuloksena saadut kartat, jotka on esitetty kuvassa, nykyisissä ilmasto-olosuhteissa 100 vuoden toistumisajalla, osoittavat, että alueella ei esiinny laajoja tulvia. Paikallisesti esiintyy kuitenkin huomattavia veden syvyyksiä: alueen etelä- ja keski-länsiosissa veden syvyys vaihtelee noin 30 cm:stä 1 metriin, kun taas eteläisen rajan lähellä sijaitsevilla erillisillä alueilla veden syvyys on yli 1 metri.



Kuva 9-9 : 100 vuoden toistumisajan sademäärään liittyvä tulvamäärä sisältää 20 %:n ilmastonmuutostekijän nykyisessä skenaariossa. Omaisuuden sijainti on merkitty punaisella monikulmiolla.

Kuvassa esitetään tulvasyvyyskartat, jotka vastaavat 500 vuoden toistumisajan nykyisessä skenaariossa, mukaan lukien 20 %:n ilmastonmuutostekijä. Eniten vaikutukset kohdistuvat aiemmin tunnistettuihin alueisiin, mutta veden syvyys on suurempi ja ylittää 1 metrin useissa paikoissa, mukaan lukien alueen keskiosan.



Kuvassa 9-10 on esitetty 500 vuoden toistumisajan sademäärään liittyvä tulvasyvyys, mukaan lukien 20 %:n ilmastomuutoskerroin nykyisessä skenaariossa. Omaisuuden sijainti on merkitty punaisella monikulmiolla.

Taulukko 9-16 esitetyt tulokset osoittavat, että vaara pysyy jatkuvasti korkealla tasolla kaikissa skenaarioissa.

Taulukko 9-16 : Sateiden aiheuttamien tulvien vaaran luokittelu.

Tulva – Sateen aiheuttama	Vaaratekijä	Vaaran luokitus	Kommentti
Perustaso (1991–2020)	syvyys ≥ 1 m	Yleinen	Tulvien luokitus pysyy muuttumattomana kaikissa tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa.
2050 / SSP2-4.5	syvyys ≥ 1 m	Yleinen	
2050 / SSP5-8,5	syvyys ≥ 1 m	Yleinen	
2100 / SSP2-4,5	syvyys ≥ 1 m	Yleinen	
2100 / SSP5-8,5	syvyys ≥ 1 m	Yleinen	

Myrskyt

Äärimmäisten tuulien vaarojen arviointi suoritettiin ottamalla huomioon Beaufortin asteikon mukainen voimakkaan myrskyn keskimääräinen tuulen nopeus ja vertaamalla tuulimyrskyjen odotettua toistumisaikaa kohteessa rakennuksen käyttöiän (50 vuotta) kanssa. Beaufortin tuuliasteikko maalle¹⁹ esittää tuulen nopeuden ja rakennettuun ympäristöön odotettavan vaikutuksen välisen vastaavuuden.

Beaufortin asteikolla 9 (”voimakas myrsky”) määritellään tuulen nopeudeksi 20,8–24,4 m/s mitattuna 10 metrin korkeudella maanpinnasta ja keskiarvona 10 minuutin ajalta. Voimakas myrsky aiheuttaa puiden kaatumisia, rakennusten vaurioita, sähkölinjojen vaurioita ja laajoja sähkökatkoja.

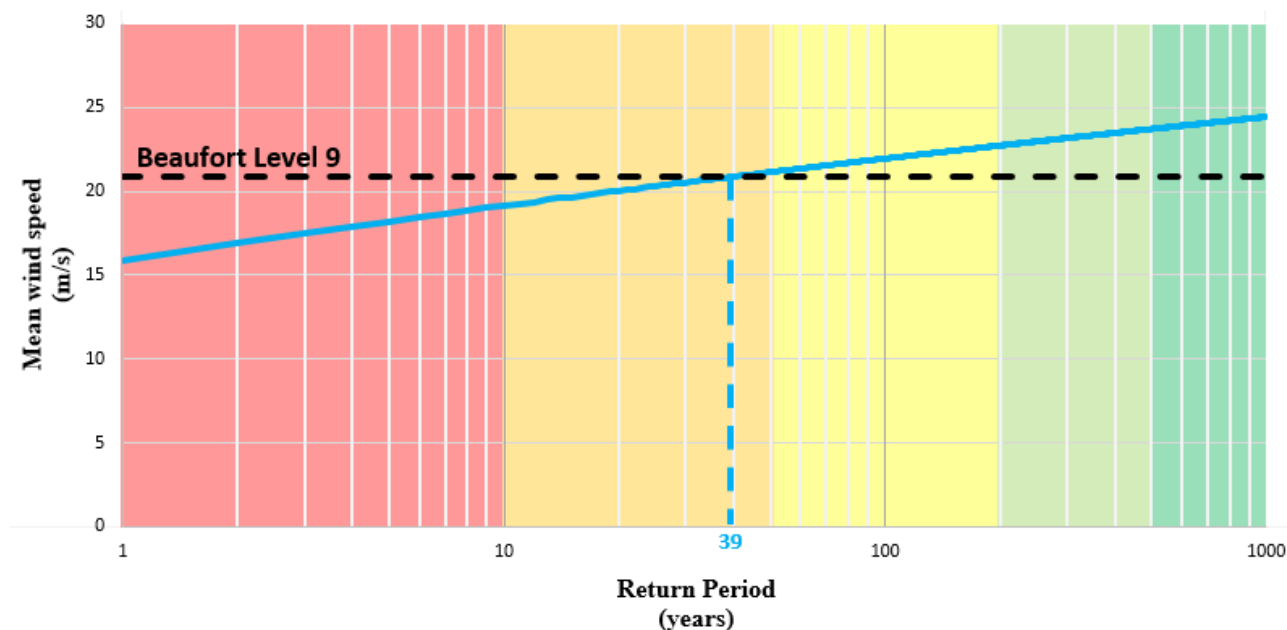
Tuulimyrskyjen toistumisajan arviointi perustuu alueellisiin tuulen nopeustietoihin, jotka on toimitettu Suomen kansallisessa liitteessä Eurocodeen (EN 1991-1-4). Eurokoodissa esitetyn menetelmän ja perusnopeuden mukaisesti saatiin käyrä, joka kuvaa odotettujen tuulen nopeuksien ja niiden toistumisjaksojen välistä suhdetta. Perusnopeus määritellään 10 minuutin keskiarvona, joka liittyy 50 vuoden toistumisjaksoon tutkimusalueella. Laskelmassa otettiin huomioon myös kohteen sijaintipaikan maaston ominaisuudet. Ehdotettu sijoituspaikka sijaitsee metsäisessä maastossa, mutta sen läheisyys avoimempaan maastoon määrittää sen maastoluokituksen ”Maastoluokka II”, joka liittyy peltoihin, joilla on yksittäisiä

¹⁹Beaufortin tuuliasteikko – maa- ja meriolosuhteet: https://www.hko.gov.hk/en/education/weather/wind-and-pressure/00112a-Beaufort_Land_Sea_Criterion.html

esteitä. Tuloksena saadut tuulen nopeusarvot verrattiin Beaufortin asteikon voimakkaaseen myrskyyn, jotta voitiin määrittää tämän tyyppisen tuulen toistumisaika tutkimusalueella.

Tuloksena saatu käyrä ja kynnysarvo on esitetty kuvassa **Kuva 9-11** ..

Tämän perusskenaarion arvon perusteella äärimmäisten tuulien esiintymisen todennäköisyys laitoksen sijaintipaikalla on ”erittäin todennäköinen” ja niiden toistumisaika on 39 vuotta.



Kuva 9-11 . Myrskyjen vaarakäyrä tarkasteltavassa kohteessa.

Taulukko 9-17 : Luokitus myrskyjen esiintymistodennäköisyyden arvioimiseksi.

Vaaratekijä	Vaaramuuttuja	Toistumisaajan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Myrskyt	Tuulen nopeus yli 75 km/h (voimakas/erittäin voimakas myrsky)	>500	Erittäin epätodennäköinen
		$200 < \leq 500$	Epätodennäköinen
		$50 < \leq 200$	Todennäköinen
		$10 < \leq 50$	Erittäin todennäköinen
		≤ 10	Yleinen

Tulevien ilmasto-olosuhteiden osalta ilmastonmuutosta käsittelevä kirjallisuus viittaa siihen, että ympäristöolosuhteet, jotka suosivat voimakkaiden konvektiivisten myrskyjen muodostumista, lisääntyvät, mutta ennusteiden tarkkuudesta ei ole varmuutta. Tulevien myrskyjen esiintymistiheyden ei kuitenkaan odoteta laskevan nykyisestä vaaratasosta. Tutkimukset ovat osoittaneet, että keskimääräiset tuulennopeudet ovat laskeneet Suomessa vuosina 1959–2015²⁰. Ilmastomallien ennusteissa Suomen tuulennopeuksien muutoksista on havaittu merkittäviä eroja: jotkut ennustavat nousua, toiset laskua²¹. Näiden ilmastoennusteiden kumulatiiviset tulokset viittaavat siihen, että keskimääräisissä tuulennopeuksissa tapahtuu vain vähäisiä muutoksia Suomessa, joten myös tulevaisuuden vaara luokitellaan ”erittäin todennäköiseksi”.

²⁰ Venäläinen, A. (2017) Estimaatio metsätalouden sovelluksiin käytettävien äärimmäisten tuulennopeuksien korkean spatiaalisen resoluution vaihtelusta. *Earth System Dynamics*, 8.

²¹ Ruosteenoja, K., & Jylhä, K. (2022). *CMIP6-mallisimuloinneista laskettu ennuste ilmastonmuutoksesta Suomessa 2000-luvulla*.

Taulukko 9-18 : Tuulimyrskyjen esiintymistodennäköisyyden luokitus.

Tuulimyrsky	Toistumisajan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Perusarvo	39 vuotta	Erittäin todennäköinen
2050 / SSP2-4.5	-	Erittäin todennäköinen
2050 / SSP5-8,5	-	Erittäin todennäköinen
2100 / SSP2-4,5	-	Erittäin todennäköinen
2100 / SSP5-8,5	-	Erittäin todennäköinen

Tornado (Trombi)

Etelä-Keski-Suomessa sijaitseva kohde sijaitsee yhdessä maan tornadojen (trombien) esiintymisalueista²². Suurin osa alueella rekisteröidyistä tornadoista on Fujitan asteikolla heikkoja (F0-F1).

Vaaraluokituksen muuttujakynnykset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 9-19 : Luokitus omaisuuden lähellä tapahtuvan tornadon todennäköisyyden arvioimiseksi.

Vaaratekijä	Vaaran muuttuja	Toistumisajan kynnysarvo	Vaaraluokitus
Tornado (Trombi)	Yhden merkittävän tornadon toistumisjakso 6400 km ²	>500	Erittäin epätodennäköinen
		200 < ≤500	Epätodennäköinen
		50 < ≤200	Todennäköinen
		10 < ≤50	Erittäin todennäköinen
		≤10	Yleinen

Rauhala ym. (2012) tutkimuksessa, jossa tarkastellaan tornadotilastoja Suomessa vuosina 1997–2007, raportoidaan, että koko maassa esiintyy vuosittain keskimäärin noin 14 tornadoa.

Kuva osoittaa, että vähintään yhden merkittävän tornadon (F2 tai korkeampi Fujita-asteikolla) vuotuinen todennäköisyys 6400 km² alueella on 1930–2007 vuosien tietojen perusteella noin 2 %. Tämä vastaa merkittävän tornadon 50 vuoden toistumisväliä. Ottaen huomioon kohteen sijainnin ja tornadon vaaran paikallisen luonteen, asianmukainen vaaraluokitus on ”erittäin todennäköinen”.

Käytettävissä olevan tutkimuksen rajallisen spatiaalisen resoluution vuoksi, joka ei salli tällaisen paikallisen ilmiön luotettavaa karakterisointia kohteen mittakaavassa, vaaraluokitus on kuitenkin alennettu yhdellä luokalla.

Tulevien olosuhteiden osalta, vaikka ilmaston lämpenemisen odotetaan lisäävän ilmakehän kosteutta ja konvektiivista energiaa, tornadon tuulivaaran ennustetut muutokset ovat edelleen aktiivinen tutkimuskysymys. IPCC:n (2023)²³ uusimmassa arvioinnissa todetaan, että tornadon esiintymistiheyden tai voimakkuuden muutosten havaitseminen tai niiden syiden määrittäminen on epävarmaa havaintoaineistojen epäjohdonmukaisuuden ja seurantajärjestelmien rajoitusten vuoksi. Näin ollen ei ole luotettavaa näyttöä tornadon esiintymisen lisääntymisestä tai vähenemisestä Euroopassa.

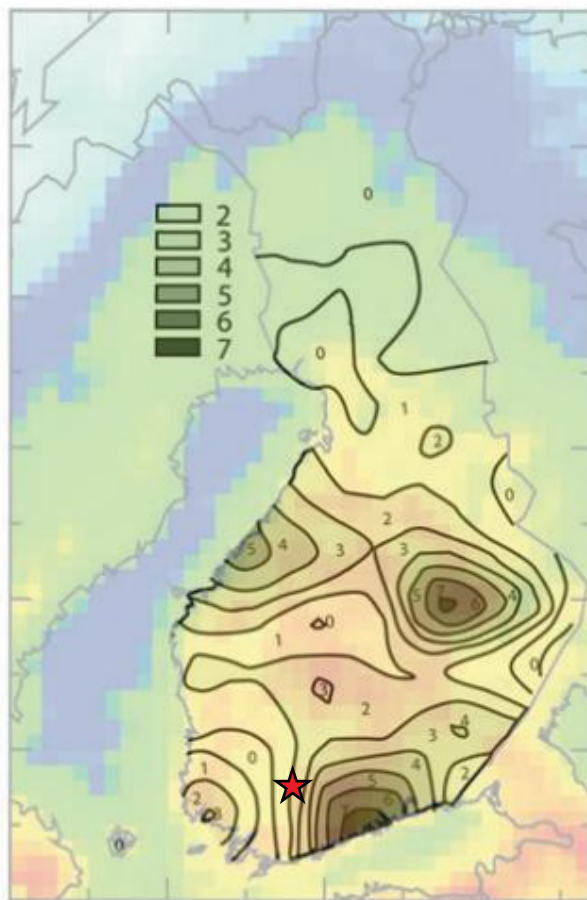
Tästä syystä tornadon vaara alueella on tulevaisuudessa sama kuin nykyisessä tilanteessa.

²² Rauhala, J., Brooks, H. E., & Schultz, D. M. (2012, toukokuu). Tornadojen ilmastologia Suomessa. (Raportti).

²³ IPCC, 2023. Ilmastomuutos 2023: Synteesiraportti. Työryhmien I, II ja III osuus kuudennesta arviointiraportista. Geneve: IPCC. doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Taulukko 9-20 : Tornadon esiintymistodennäköisyyden luokittelu.

Tornadot (Trombit)	Vaaraluokitus	Kommentti
Perustaso	Todennäköinen	Vuotuinen todennäköisyys, että alueella esiintyy vähintään yksi merkittävä tornado (F2+), on noin 2 %, mikä vastaa 50 vuoden toistumisväliä. Tornadon paikallisen luonteen ja käytettävissä olevien tietojen 80 km × 80 km:n tarkkuuden vuoksi vaaraluokitus on konservatiivisesti alennettu yhdellä tasolla. Tulevaisuuden tornadovaaran katsotaan pysyvän muuttumattomana, koska nykyiset tieteelliset todisteet antavat vain vähän varmuutta ilmastonmuutoksen vaikutuksesta sen esiintymistiheyteen tai voimakkuuteen Euroopassa.
2050 / SSP2-4.5	Todennäköinen	
2050 / SSP5-8,5	Todennäköinen	
2100 / SSP2-4.5	Todennäköinen	
2100 / SSP5-8,5	Todennäköinen	



Kuva 9–12 Vuotuinen todennäköisyys (prosentteina) vähintään yhden merkittävän tornadon esiintymiselle 80 km x 80 km:n alueella. Punaisella merkitty sijaintipaikka

A.3 Liite III – Vaikutusten arviointi

Seuraavissa osioissa esitetään yhteenveto järjestelmistä ja kuvaus merkittävien ilmatoriskien vaikutusten vakavuudesta hankkeen eri osiin.

A.3.1 Vaikutukset pää- ja toissijaisiin rakenteisiin

Kohde koostuu kymmenestä datakeskuksen rakennuksesta. Rakenne on suunniteltu palvelimien sijoittamiseksi erityisiin datahalleihin. Se sisältää myös erilaisia datakeskuksen toimintaa tukevia tiloja, kuten hallintotoimistoja, sähköhuoneita, MEP-huoneita (mekaaniset, sähkö- ja putkistolaitteet) ja palveluhuoneita, käytäviä, säiliöitä ja generaattoripihaa.

Tietokeskuksen rakennukset alueella vaihtelevat kooltaan ja kerroksiltaan, mutta niiden pääkomponentit ovat samat. Jokainen tietokeskus on pohjapiirrokseltaan suorakulmainen ja sen sisätila on noin 17 000 m² kerrosta kohti (enimmäismitat 340 m x 79 m). Tietokeskukset ovat 1–3-kerroksisia, ja rakennusten korkeus on 15,3–30,6 m. Rakennuksen keskiosassa on pohjoispuolella datahalli ja eteläpuolella ulkoinen laiteportaikko. Tietokeskuksen itä- ja länsisiivet ovat rakennuksen etu- ja takapuolella, ja niissä on muita tiloja, kuten toimistoja, konehuoneita ja huoltotiloja. Tietohallissa on ylimääräinen ulkoinen teräspalkki ylimmässä kerroksessa, jota ei ole rakennuksen etu- tai takapuolella. Tietohallin, rakennuksen etu- ja takapuolella sekä muiden tietohallirakennusten välillä on liikuntasauvoja.

Rakenteellinen järjestelmä koostuu teräspalkeista ja teräspylväistä sekä koko datakeskuksen komposiittilattialaatoista. Datakeskuksen sisällä vakaus varmistetaan teräksisillä tuennoilla. Datakeskuksen yläpuolella oleva kattoportti on rakennettu galvanoiduista teräspalkeista, pylväistä ja teräksisistä tuennoista vakautta varten. Talon etu- ja takapuolella betoninen ydin muodostaa sivuttaista kuormitusta kestävä järjestelmän. Generaattorin portaali on galvanoitu teräsrakenne, palkit, pylväät ja teräsvahvikkeet, jotka kestävät sivuttaisia kuormituksia.

Tietokeskuksen rakenteita tukee betonipaalutusjärjestelmä. Betonipohjat tukevat myös sähköaseman rakenteita ja laitteita.

Rakennuksen ulkoseinien rakenteelliset elementit ovat alttiimpia ilmatoriskeille. Yleensä rakenteellisten elementtien suunnittelussa otetaan huomioon riskit, kuten lämpötilan vaihtelut, lumi tai myrskytuulet. Suunnittelun ja rakenteellisten elementtien koon vuoksi niiden haavoittuvuus on yleensä pienempi kuin muiden komponenttien, kuten arkkitehtonisten tai sähköisten komponenttien.

Taulukko 9-21 Pää- ja toissijaisten rakenteiden vaikutusten arviointi. NA=Tieto ei ole käytettävissä.

Vaaratekijä	Tietokeskuk sen perustukset	Pilarit	Maanpää lliset palkit ja laatat	Katt o	Kattop ortaali	Generaattori en piha ja laitteiden piha laatta	Generaatt orin teline	Sähköasema n perustukset	STR- haavoittuv uus	Kommentit
Äärimmäisen kuumat päivät	NA	NA	NA	NA	Erittäin alhaine n	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	Erittäin alhainen	Äärimmäiset lämpötilat eivät yleensä vaaranna betonijärjestelmien, kuten perustusten, rakenteellista eheyttä. Sisäiset rakenneosat on suojattu äärimmäiseltä kuumuudelta ei-rakenteellisilla osilla, kuten julkisivuilla. Ulkopuolella olevat teräsrakenteet on suunniteltu ottaen huomioon lämpökuormitus. Rakenteen yleinen haavoittuvuus arvioidaan erittäin matalaksi .
Äärimmäisen kylmät päivät	NA	NA	NA	NA	Erittäin alhaine n	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	Erittäin alhainen	Äärimmäiset lämpötilat eivät yleensä vaaranna betonijärjestelmien rakenteellista eheyttä. Perustuselementtien suunnittelussa on otettu huomioon pakkasen syvyys. Sisäiset rakenneosat on suojattu äärimmäiseltä kuumuudelta ei-rakenteellisilla osilla, kuten julkisivuilla. Ulkopuolella olevat teräsrakenteet on suunniteltu ottaen huomioon lämpökuormitus. Rakenteen yleinen haavoittuvuus on arvioitu erittäin matalaksi .
Metsäpalot	NA	Korkea	Korkea	Erittä in korke a	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	NA	Erittäin korkea	Perustukset ovat maanpinnan alapuolella ja rakennettu betonista, joka on palamaton materiaali. Suurin osa rakenteellisista elementeistä on terästä, joka on alttiimpi palovaurioille. Lisäksi suurin osa rakennuksen ulkoseinistä ei ole paloluokiteltu, joten niiden ei odoteta vähentävän merkittävästi sisäosien altistumista metsäpalolle. Rakenneosat on suunniteltu 30–90 minuutin paloluokitukseen. Teräksinen kattopalkki on kuitenkin eniten alttiina palolle, eikä sen osia ole paloluokiteltu. Rakenneosien haavoittuvuus arvioidaan erittäin korkeaksi .
Voimakkaat sateet – rakeet	NA	NA	NA	Erittä in alhain en	Erittäin alhaine n	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	Erittäin alhainen	Rakeet voivat vaikuttaa paljaisiin ja suojaamattomiin rakenteellisiin osiin, kuten kattoihin ja katolla oleviin laitteisiin. Rakenteellisen järjestelmän yleinen haavoittuvuus arvioidaan erittäin matalaksi .

YVA-selostus, liite 07

Voimakkaat sateet – lumi	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	Erittäin alhainen	Vaakasuorat rakenteelliset elementit, kuten katto ja portaalit, on yleensä suunniteltu kestäämään lumikuormia. Voimakkaiden lumisateiden ei odoteta aiheuttavan vahinkoja. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin matalaksi .
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Sateiden aiheuttamat tulvat eivät todennäköisesti vaikuta rakenteiden pääkomponentteihin. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin vähäiseksi .
Myrsky	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Synoptinen tuuli on kriittinen suunnittelutekijä pystysuuntaisille rakennosille. Rakenteen suunnittelussa on otettu huomioon tuulikuormitus, ja se kestää yleensä voimakkaita tuulia. Rakenteellisen järjestelmän haavoittuvuus arvioidaan kokonaisuudessaan erittäin matalaksi .
Tornadot (Trombit)	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Erittäin korkea	Tornadoita ei yleensä oteta huomioon laskettaessa suunnittelukuormitusta. Rakennesysteemi on suunniteltu vaakasuuntaisille kuormille ja sen arvioidaan olevan kestävämpi sivuttaiskuormille. Katot ja kattorakenteet ovat kuitenkin paljon alttiimpia tornadolle. Rakennesysteemin yleinen alttius tornadolle arvioidaan erittäin korkeaksi .

A.3.2 Vaikutus arkkitehtonisiin ja ei-rakenteellisiin komponentteihin

Tietokeskukset koostuvat kolmesta pääkomponentista: Front of House (FOH) -moduulista, Data Hall -moduulista ja Back of House (BOH) -moduulista. Data Hall -moduuleissa sijaitsevat kaikki palvelinräkit. Jokaisen Data Hall -moduulin pohjois- ja eteläpuolella on CRAH/CDU-galleria, jossa sijaitsevat kaikki Data Hall -tilan jäähdytykseen tarvittavat mekaaniset laitteet. Jokaisen datahallin eteläpuolella on PDU-galleria, joka sisältää kaikki palvelimien ja viereisen mekaanisen tilan virransyöttöön tarvittavat sähkölaitteet. Näiden yhdistettyjen datahallimoduulien eteläpuolella on kulkuväylä, joka yhdistää FOH- ja BOH-rakennukset.

Kummassakin rakennuksessa on identtiset FOH- ja BOH-moduulit, jotka sisältävät kaikki käytössä olevat toimistotilat ja hyvinvointitilat sekä tukitoiminnot, kuten lastauslaiturit laitteiden jatkuvaa vaihtoa ja toimituksia varten, sekä datahallin toiminnallisuuden tukemiseen tarvittavat tekniset tilat. Datahallien yläpuolelle on asennettu yksitasoinen korotettu portaali, joka sisältää datahallien sisäilman jäähdyttämiseen tarvittavat mekaaniset jäähdyttimet. Kolmikerroksisissa rakennuksissa (DC01, DC02, DC03) on asennettu ylimääräinen monitasoinen ulkoinen laiteportaikko kunkin datakeskuksen pitkälle julkisivulle, joka ulottuu FOH:sta BOH:iin ja jonka kerrokset ovat linjassa sisäisten kerrosten kanssa. Tämä ulkoinen portaikko sisältää varageneraattorit ja UPS-moduulit. Tätä portaikkoa ei ole yksikerroksisissa ja kaksikerroksisissa rakennuksissa, joissa generaattorit ja moduulit ovat maanpinnan tasalla.

Rakennuksen ulkoseinät koostuvat eristetyistä komposiittisandwich-paneeleista, joissa on ulkoinen metalliverhoilu ja kivivillaydin ja jotka on tuettu toissijaisilla teräselementeillä (palkit ja pylväät). FOH- ja BOH-rakennuksissa on lasitetut nauhaikkunat, jotka tuovat luonnonvaloa toimistotiloihin, ja tarvittaessa spandrel-paneelit. Katto on teräspalkkien päällä oleva komposiittilaatta, jossa on läpäisemätön bitumipohjainen liimattu kalvo, kipsisydänpeitelevy, lämpöeristys ja höyrysulku. Katon koko kehällä on kaide, joka koostuu eristetyistä komposiittisandwich-paneeleista, joissa on ulkoinen metalliverhoilu ja kivivillaydin ja jotka on tuettu toissijaisilla teräsrakenteilla. Katolle pääsee vain huoltotöitä varten.

.

YVA-selostus, liite 07

Taulukko 9-22 Arkkitehtonisten ja ei-rakenteellisten komponenttien vaikutusten arviointi. NA=Tieto ei ole käytettävissä.

Vaaratekijä	Kattotukien tuki	Säleiköiden, pellien ja toimilaitteiden tuki	Rakennustien julkisivut	Generaattorin teline Julkisivu/näyttö	DH-telineet	Väliseinät	Kattomembraanit	Kattokaiteet	Akustinen aita katolla	ARC-NSC-haavoittuvuus	Kommentit
Äärimmäisen kuumat päivät	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Äärimmäiset lämpötilat eivät yleensä aiheuta vahinkoa ei-rakenteellisille osille. Julkisivut on suunniteltu suojaamaan rakennusta auringon säteilyltä ja mahdollistamaan ilmankierto. Ei-rakenteellisten osien yleinen haavoittuvuus arvioidaan erittäin matalaksi .
Äärimmäisen kylmät päivät	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Äärimmäiset lämpötilat eivät yleensä aiheuta vahinkoa ei-rakenteellisille osille. Julkisivut on suunniteltu suojaamaan rakennusta ulkoisilta tekijöiltä ja mahdollistamaan ilmankierto. Ei-rakenteellisten osien yleinen haavoittuvuus arvioidaan erittäin matalaksi .
Metsäpalot	NA	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	NA	NA	Korkea	Korkea	Korkea	Erittäin korkea	Metsäpalot voivat vaikuttaa rakennuksen ulkoseiniin, mukaan lukien katto ja katolle asennetut laitteet. Suunnittelussa on

YVA-selostus, liite 07

											otettu huomioon 35 metrin etäisyys metsäpalojen vaikutusten lieventämiseksi. Lisäksi jotkut ei-rakenteelliset komponentit, kuten julkisivut, on suunniteltu palonkestäviksi ja valmistettu heikosti palavista materiaaleista. Ne kestävät kuitenkin yleensä tulipaloa enintään muutaman minuutin ajan ihmisten turvallisuuden varmistamiseksi. Pitkäaikainen altistuminen tulelle voi vaurioittaa julkisivuja, ja haavoittuvuus on arvioitu erittäin korkeaksi .
Voimakkaat sateet – rakeet	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Vaikka julkisivut, kaiteet ja meluaidat ovat alttiina raekuuroille, niiden haavoittuvuus arvioidaan vähäiseksi niiden pystysuuntaisen sijainnin vuoksi. Kaiken kaikkiaan arkkitehtonisten elementtien haavoittuvuus katsotaan erittäin vähäiseksi .
Voimakkaat sateet – lumi	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Keskitaso	Keskitaso	NA	Keskitaso	Runsas lumi voi aiheuttaa vahinkoja, jos sitä kertyy paljon eikä sitä poisteta asianmukaisesti, etenkin

YVA-selostus, liite 07

											vaakasuurissa osissa, kuten katossa. Pystysuurissa osissa ei odoteta yhtä merkittäviä vaikutuksia. Runsaan lumisteen ei odoteta aiheuttavan vahinkoja ei-rakenteellisille osille. Haavoittuvuus arvioidaan keskitasoiseksi.
Tulva – sadevesi/pohjavesi	NA	NA	Korkea	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	NA	NA	NA	Korkea	Sateiden aiheuttamien tulvien korkeat tulvaveden syvyydet voivat aiheuttaa hydrostaattista painetta julkisivujärjestelmään. Tätä painetta ei yleensä oteta huomioon suunnitteluprosessissa. Lisäksi elementit, jotka eivät ole korotettuja, voivat olla alttiimpia veden tunkeutumiselle. Haavoittuvuus arvioidaan korkeaksi.
Myrsky	NA	Erittäin alhainen	Matala	Matala	NA	NA	Erittäin alhainen	Matala	Erittäin matala	Matala	Julkisivut on yleensä suunniteltu kestämään tuulikuormia, mutta roskien ja ilmassa leviävien esineiden vaikutusta ei yleensä oteta huomioon. Ulkopuolella sijaitsevat laitteet ovat vastaavasti alttiimpia ilmassa

YVA-selostus, liite 07

											leviäville roskille. Kaiken kaikkiaan haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Tornadot (Trombit)	NA	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	NA	NA	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Julkisivujärjestelmiä ei yleensä suunnitella tornadon kestäväksi. Tornadot aiheuttavat yleensä voimakkaita tuulia ja lentäviä esineitä, jotka voivat vahingoittaa julkisivuja ja katon osia. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin korkeaksi .

A.3.3 Vaikutus mekaanisiin ja sähköisiin järjestelmiin

Tietokeskuksen suorituskyvyn ylläpitämisen kannalta kriittisimmät MEP-järjestelmät ovat sähköjakelu- ja mekaaniset jäähdytysjärjestelmät. Molemmat järjestelmät ovat välttämättömiä palvelinten käytettävyyden ja siten liiketoiminnan jatkuvuuden ylläpitämiseksi.

Sähköjakelujärjestelmä varmistaa luotettavan ja vakaan virransyötön datakeskukselle ja tukee kriittistä infrastruktuuria, kuten palvelimia, mekaanista jäähdytysjärjestelmää ja varavirtalähteitä. Se koostuu pääasiassa muuntajista, kytkintauluista ja keskeytymättömästä virransyötöstä (UPS). Järjestelmään on rakennettu redundanssi sähkökatkosten estämiseksi, ja varageneraattorit tuottavat hätävirtaa sähköverkon vikaantuessa. Laitteita on suojattu sähkövioilta suojalaitteilla, kuten katkaisimilla.

Sähköasema on datakeskuksen ensisijainen virtalähde. Jos sähköaseman virta katkeaa tai sähköasema itse menettää toimintakykynsä, dieselgeneraattorit toimivat varavirtalähteenä. Koska sekä sähköasema että dieselgeneraattorit sijaitsevat datakeskuksen päärakennuksen ulkopuolella, ne ovat alttiimpia ulkoisille tekijöille, ja molempien virtalähteiden menettäminen johtaisi palvelinten pitkäaikaiseen käyttökatkokseen.

Mekaaninen jäähdytysjärjestelmä ylläpitää optimaalisen lämpötilan datakeskuksessa, estää ylikuumenemisen ja varmistaa palvelinten tehokkaan toiminnan. Datahallien jäähdytysjärjestelmä toimii jäähdytysvesijärjestelmällä, jossa on vapaajäähdytteiset ilmajäähdyttimet (ACC) katolla ja joka on kytketty datahallin vieressä olevaan CRAH/CDU-galleriaan. Suljetuissa sähköhuoneissa ja joissakin ulkoisissa laitteissa lämpötilaa säädellään itsenäisillä suoraohjauksyksiköillä (DX).

Tietokeskuksen sisällä sijaitsevat matalajännitteiset laitteet, kuten UPS-yksiköt ja palvelimet, ovat paremmin suojattuja ulkoiselta ympäristöltä. Näiden sisäisten alueiden, kuten sähköhuoneiden ja datahallien, lämpötilaa säädellään mekaanisella jäähdytysjärjestelmällä. Jäähdytysjärjestelmän tehokkuuteen vaikuttaa kuitenkin ulkoinen lämpötila, kun lämpötila ylittää suurimman käyttökynnyksen.

Kaiken kaikkiaan datakeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitsevat mekaaniset ja sähköiset laitteet ovat alttiimpia vaikutuksille. Mekaanisen järjestelmän osalta tämä koskee katolle asennettuja jäähdyttimiä, jäähdytyspumppuja ja ilmastointikoneita sekä polttoainevarastoon liittyviä laitteita, kuten polttoainepumppuja ja varastosäiliöitä. Samoin sähköjärjestelmän osalta ulkoiset laitteet, kuten tulovirran pylvää, kytkentäasema, sähköasema ja dieselgeneraattorit, ovat myös alttiimpia, ja tulvat ja metsäpalot ovat suurin riski erityisesti näille laitteille niiden lisääntyneen haavoittuvuuden vuoksi. Nämä järjestelmät on suunniteltu huomattavalla redundanssilla. Tämä redundanssi kuitenkin lieventää ensisijaisesti yksittäisiä vikakohteita ja mahdollistaa samanaikaisen huollettavuuden. Useiden komponenttien menetys yhdessä vaaratilanteessa (esim. metsäpalo, joka vahingoittaa suurimman osan katolle asennetuista jäähdyttimistä) voisi aiheuttaa pitkäaikaisen käyttökatkoksen.

YVA-selostus, liite 07

Taulukko 9-23 Vaikutusten arviointi mekaaniseen järjestelmään. NA=Tieto ei ole käytettävissä.

Vaaratekijä	Ilmajäähdyttimet (ACC)	Ilmankäsittelykoneet (AHU)	Tietokonehuoneen ilmankäsittelyyksiköt (CRAH)	Jäähdytysnesteen jakeluyksiköt (CDUs)	Polttoaineensiirto pumput	Jäähdytysvesipumput	Polttoaineen varastosäiliöt	Suora laajennus (DX) -yksiköt	Mekaaninen haavoittuvuus	Kommentti
Äärimmäinen kuumuus / helleaallot	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Jäähdyttimet on suunniteltu toimimaan enintään 32,9 °C:n lämpötilassa. Jos lämpötila ylittyy, vaikutukset ovat vain toiminnallisia, eikä laitteille aiheudu suoraa vahinkoa. Haavoittuvuus arvioitu NA .
Äärimmäinen kylmyys	Matala	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Matala	Kylmäaalto aiheuttaa suuremman riskin – järjestelmä on suunniteltu kestäämään jopa -32,8 °C:n lämpötiloja. Vaikka laitteiden suora vahingoittuminen on epätodennäköistä, jäähdyttimien kylmäaine voi nesteytyä ja jäänytynyt seisova vesi voi aiheuttaa putkien rikkoutumisen. Vähäisenä riskinä arvioitu haavoittuvuus on lievennetty lämmityspotkilla.
Metsäpalot	Keskitaso	Keskitaso	NA	NA	Erittäin korkea	Keskitaso	Erittäin korkea	Matala	Erittäin korkea	Ulkona sijaitsevat polttoainevarastot ja niihin liittyvät laitteet ovat alttiimpia metsäpalojen aiheuttamalle palamiselle ja mahdollisille räjähdyksille, koska laitteet ovat jatkuvasti paineistettuja. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin korkeaksi .
Voimakkaat sateet – rakeet	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	NA	Erittäin alhainen	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Voimakkaat raekuurot voivat vahingoittaa herkempiä katolle asennettuja laitteita (esim. jäähdyttimet ja ilmankäsittelykoneet). Vahingot ovat kuitenkin yleensä vähäisiä, koska laitteet ovat rakenteeltaan kestäviä ja korjauskustannukset koskevat vain pieniä osia, eivät koko laitteen vaihtoa. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin vähäiseksi .

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä	Ilmajäähdyttimet (ACC)	Ilmankäsittelykoneet (AHU)	Tietokonehuoneen ilmankäsittelyyksiköt (CRAH)	Jäähdytysnesteen jakeluyksiköt (CDUs)	Polttoaineensiirto pumput	Jäähdytysvesipumput	Polttoaineen varasto säiliöt	Suora laajennus (DX) - yksiköt	Mekaaninen haavoittuvuus	Kommentti
Voimakkaat sateet – lumi	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Raskas lumi, erityisesti DC:n katolla, voi mahdollisesti häiritä katolle asennettuja jäähdytyslaitteita ja estää ilman virtauksen. Huoltomies voi kuitenkin poistaa lumen, jos se häiritsee ilman virtausta. Tukokset häiritsisivät toimintaa, mutta laitteet eivät vahingoittuisi. Haavoittuvuus arvioitu NA .
Tulva – sadevesi/pohjavesi	NA	NA	Keskitaso	Keskitaso	NA	NA	NA	Erittäin alhainen	Keskitaso	Kattoon asennettujen laitteiden haavoittuvuus on vähäistä, kun taas dieselpolttoainepumput ja -varastot ovat haavoittuvaisempia, mutta yleensä ne voivat pysyä toiminnassa, ja laitteisiin itsessään aiheutuu vain vähäisiä vaurioita. Tulvavesi voi estää tankkauksen suurista säiliöistä, mutta tämä on toiminnallinen rajoitus. Jos tulvavesi pääsee DC-rakennukseen, datakeskuksen jäähdytysjärjestelmät kärsivät merkittävistä vaurioista, jos ne jäävät veden alle, mutta ne ovat vähemmän haavoittuvia sisäisen sijaintinsa vuoksi. Haavoittuvuus arvioidaan keskitasoiseksi .
Myrsky	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	NA	Erittäin alhainen	NA	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Suora vahinko datakeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitseville mekaanisille laitteille on epätodennäköistä. Lentävät roskat voivat aiheuttaa jonkin verran vahinkoa, mutta todennäköisesti vain vähäistä/kosmeettista, ja korjauskustannukset ovat alhaiset. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin vähäiseksi .

YVA-selostus, liite 07

Vaaratekijä	Ilmajäähdyttimet (ACC)	Ilmankäsittelykoneet (AHU)	Tietokonehuoneen ilmankäsittelyyksiköt (CRAH)	Jäähdytysnesteen jakeluyksiköt (CDUs)	Polttoaineensiirto pumput	Jäähdytysvesipumput	Polttoaineen varasto säiliöt	Suora laajennus (DX) - yksiköt	Mekaaninen haavoittuvuus	Kommentti
Tornadot (Trombit)	Erittäin korkea	Erittäin korkea	NA	NA	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Ensisijainen haavoittuvuus liittyy herkkiin katolle asennettuihin laitteisiin, kuten jäähdyttimiin tai ilmankäsittelykoneisiin, jotka voivat vaurioitua tornadon vaikutuksesta. Jos useita komponentteja vaurioituu samanaikaisesti, jäähdytyskapasiteetti heikkenee. Polttoainepumput, polttoainesäiliöt ja generaattorin vatsasäiliöt sijaitsevat myös ulkona ja ovat siten alttiina vaurioille. Nämä ovat kuitenkin redundantteja järjestelmiä, joten niiden vikaantuminen ei aiheuta välitöntä palvelimen sammutusta. Haavoittuvuus arvioidaan kokonaisuudessaan erittäin korkeaksi .

YVA-selostus, liite 07

Taulukko 9-24 Vaikutusten arviointi sähköjärjestelmään. NA=Tieto ei ole käytettävissä.

Vaara	Saapuvat pylväät	Fingridin kytkenäsema (Kytkenlaitte)	Sähköasema (mukaan lukien HV/MV-muuntajat)	MV/LV-muuntaja (RMU:t DC sisäiset)	Pää-MV-kytkintaulut (DC-sisäinen)	LV-kytkintaulut (DC-sisäinen - LV-ketju)	Keskeytymätön virransyöttö (UPS) (DC-sisäinen - LV-ketju)	LV-dieselgeneraattorit (DG) (DC ulkoinen - LV-ketju)	Palvelinrakennukset (DC sisäinen)	Sähköinen haavoittuvuus	Kommentti
Äärimmäisen kuumat päivät	NA	NA	Keskitaso	NA	NA	NA	Matala	NA	NA	Keskitaso	Helleaallot voivat rasittaa sähköjärjestelmiä. Ensisijainen haavoittuvuus koskee DC-rakennuksen ulkopuolella sijaitsevia laitteita, joissa ei ole lämpötilan säätöä. Laitteiden tehohäviö ja muuntajan paloriski lisäävät haavoittuvuusluokitusta. Haavoittuvuus arvioidaan keskitasoiseksi .
Erittäin kylmät päivät	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Ei ennustettuja vaikutuksia sähkölaitteisiin, joten haavoittuvuus arvioidaan NA:ksi - Voi aiheuttaa DG:iden hitaan käynnistymisen, mutta tämä on toiminnallinen vaikutus. Haavoittuvuus arvioidaan NA:ksi.
Metsäpalo	Erittäin suuri	Korkea	Korkea	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Korkea	Erittäin alhainen	Erittäin korkea	Ulkoiset laitteet ovat alttiimpia metsäpaloille. Johdot ja eristemateriaalit ovat palavia, samoin kuin dieselpolttoaine. Alttius arvioidaan erittäin korkeaksi .
Voimakkaat sateet – rakeet	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	Erittäin alhainen	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Matala	Voimakas raekuuro aiheuttaa riskin vain päärakennuksen ulkopuolella sijaitseville sähkölaitteille. HV/MV-muuntajat ja ulkoiset virtakiskot, jotka sijaitsevat sähköasemalla, ovat alttiimpia vaurioille, koska ne ovat suojaamattomia alueita. Vauriot eivät kuitenkaan ole todennäköisesti vakavia altistuksesta huolimatta. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin alhaiseksi .
Voimakkaat sateet – lumi	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Sähkölaitteisiin ei ennusteta vaikutuksia, joten haavoittuvuus arvioidaan NA:ksi. Haavoittuvuus arvioidaan NA:ksi.
Tulva – sadevesi/pohjavesi	NA	Korkea	Korkea	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	Matala	Keskitaso	Korkea	Maantasossa sijaitsevat sähköjärjestelmät ovat alttiita tulvavahingoille. Lisäksi tulvat vaikuttavat todennäköisesti useisiin laitteisiin samanaikaisesti, mikä ohittaa redundantin suunnittelun. Haavoittuvuus arvioitu korkeaksi .

YVA-selostus, liite 07

Vaara	Saapuvat pylväät	Fingridin kytkenäsema (Kytkenlaitte)	Sähköasema (mukaan lukien HV/MV-muuntajat)	MV/LV-muuntaja (RMU:t DC sisäiset)	Pää-MV-kytkintaulut (DC-sisäinen)	LV-kytkintaulut (DC-sisäinen - LV-ketju)	Keskeytymätön virransyöttö (UPS) (DC-sisäinen - LV-ketju)	LV-dieselgeneraattorit (DG) (DC ulkoinen - LV-ketju)	Palvelinrakennukset (DC sisäinen)	Sähköinen haavoittuvuus	Kommentti
Myrsky	Keskitaso	Keskitaso	Keskitaso	NA	NA	NA	NA	Erittäin alhainen	NA	Keskitaso	Ainoastaan päärakennuksen ulkopuolella sijaitsevat sähkölaitteet ovat alttiita myrskytuulille. HV/MV-muuntajat ja ulkoiset virtakiskot, jotka sijaitsevat sähköasemalla, ovat alttiina – lentävät roskat voivat aiheuttaa vakavan oikosulun ja sähkökatkoksen (toiminnallinen), mutta myös tulipalon vaaran valokaarivian vuoksi. Haavoittuvuus arvioitu keskitasoiseksi .
Tornadot (Trombit)	Erittäin korkea	Erittäin korkea	Erittäin korkea	NA	NA	NA	NA	Erittäin korkea	NA	Erittäin korkea	Päärakennuksen ulkopuolella sijaitsevat sähkölaitteet, kuten tulovirran pylväät ja HV/MV-muuntajat sähköasemalla, ovat alttiimpia tornadolle. Maassa tai katolla sijaitsevat laitteet voivat olla alttiita roskille ja ilmassa lentäville esineille. Haavoittuvuus arvioitu erittäin suureksi.

A.3.4 Vaikutus toimintaan

Alla olevassa taulukossa esitetään haavoittuvuusarviointi laitoksen toiminnalle ottaen huomioon mahdolliset seisokit.

Taulukko 9-25 Vaikutusten arviointi toimintaan.

Vaara	Käyttäjien haavoittuvuus	Kommentti
Äärimmäisen kuumat päivät	Matala	Ulkoisten laitteiden, arkkitehtonisten komponenttien ja rakenteiden altistuminen äärimmäiselle kuumuudelle voi johtaa ajan mittaan niiden heikkenemiseen, mikä lisää huoltotarpeita. Ulkoisten elementtien rakennesuunnittelussa otetaan huomioon lämpötilan vaihtelut. Mekaanisen jäähdytysjärjestelmän osalta, jos lämpötila ylittää suunnittelurajan (32,9 °C) pitkään, se johtaa datahallien jäähdytyskapasiteetin menetykseen/heikkenemiseen. Siksi haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Äärimmäisen kylmät päivät	Matala	Ulkoisten laitteiden, arkkitehtonisten komponenttien ja rakenteiden altistuminen äärimmäiselle kylmyydelle voi johtaa ajan mittaan niiden heikkenemiseen, mikä lisää huoltotarpeita. Ulkoisten elementtien rakenteellisessa suunnittelussa on otettu huomioon lämpötilan vaihtelut. Mekaaniset jäähdytyslaitteet on mitoitettu -32,8 °C:n lämpötiloihin. Putkissa seisovan veden rikkoutumisen riski voi johtaa datahallien jäähdytyskyvyn menetykseen. Siksi haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Metsäpalot	Erittäin korkea	Ulkoisesti sijaitsevat rakenteet, mekaaniset ja sähköiset laitteet ovat erityisen alttiita metsäpalojen aikana. Laitteiden vaurioituminen johtaisi todennäköisesti toiminnan keskeytykseen. Erityisesti polttoainevaraostoon liittyvät järjestelmät (pumput, putkistot, säiliöt ja generaattorit) sisältävät kaikki paineistettua dieselpolttoainetta, jotta ilmataskuja tai kuplia ei muodostu. Jos nämä komponentit syttyvät palamaan, ne aiheuttavat huomattavan vaaran sekä itselleen että ympäröivälle alueelle. Nykyisessä suunnittelussa on otettu huomioon 35 metrin etäisyys kasvillisuudesta metsäpalon vaikutusten lieventämiseksi. Rakenteellisten elementtien suunnittelussa on otettu huomioon palonkestävyys, kun taas suurimman osan julkisivujen suunnittelussa palonkestävyyttä ei vaadita. Siksi haavoittuvuus on arvioitu korkeaksi .
Voimakkaat sateet – rakeet	Erittäin alhainen	Tietokeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitsevat mekaaniset ja sähköiset laitteet ovat rakenteeltaan riittävän kestäviä, joten niiden odotetaan kärsivän vain kosmeettisista vaurioista ilman toiminnallisuuden menetystä. Siksi haavoittuvuus arvioidaan erittäin matalaksi .
Voimakkaat sateet – lumi	Alhainen	Rakenteellisten elementtien suunnittelussa on otettu huomioon lumikuormat. Nykyisessä suunnittelussa on huomioitu lumiaurojen sijoituspaikat ja lumen kerääntymisalueet. Lumi aiheuttaa riskin katolle asennettujen jäähdytyslaitteiden toiminnalle (mukaan lukien jäähdyttimen ilmanottoaukot), mikä voi häiritä jäähdytystä, jos lunta ei poisteta ajoissa. Haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Erittäin korkea	Kriittisten järjestelmien, erityisesti datakeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitsevien sähköjärjestelmien (mukaan lukien sähköasema) tulviminen voi aiheuttaa pitkittyneen käyttökatkoksen (yli 1 viikko), mikä aiheuttaa logistisia viivästyksiä varaosien hankinnassa. Jos tulvavesi pääsee datakeskuksen rakennukseen, erityisesti itse datahalleihin, se pahentaa käyttökatkosta entisestään ja lisää laitteiden korjaus-/vaihtokustannuksia. Haavoittuvuus arvioitu erittäin korkeaksi .
Myrsky	Matala	Katon telineiden ulkoiset komponentit katsotaan suurimmaksi riskiksi. Päätietokeskuksen rakennuksen ulkopuolella sijaitsevat sähkölaitteet ovat alttiita myrskytuulille. Sähköasemassa sijaitsevat HV/MV-muuntajat ja ulkoiset virtakiskot ovat alttiina – lentävät roskat voivat aiheuttaa vakavan oikosulun ja sähkökatkoksen. Haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Tornado (Trombi)	Erittäin korkea	Generaattoriportaan, kattoportaan, sähköaseman tai tulopylväiden ulkoiset komponentit katsotaan suurimmaksi riskiksi. Päärakennuksen ulkopuolella sijaitsevien sähkölaitteiden vaurioituminen voi aiheuttaa toimintakatkoksia. Lentävät roskat voivat myös aiheuttaa vakavan oikosulun ja sähkökatkoksen. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin korkeaksi .

A.3.5 Vaikutus käyttäjiin

Alla olevassa taulukossa esitetään käyttäjien haavoittuvuusarviointi, jossa otetaan huomioon heidän terveytensä ja turvallisuutensa.

YVA-selostus, liite 07

Taulukko 9-26 Vaikutusten arviointi terveyteen ja turvallisuuteen.

Vaara	Käyttäjien haavoittuvuus	Kommentti
Äärimmäisen kuumat päivät	Erittäin alhainen	Rakennuksessa oletetaan olevan ilmastointi. Lämpöviihtyvyyteen, terveyteen tai turvallisuuteen liittyviä haittoja tilojen käyttäjille ei ole havaittu; käyttäjien haavoittuvuus on arvioitu erittäin alhaiseksi .
Äärimmäisen kylmät päivät	Erittäin alhainen	Rakennuksen oletetaan olevan lämmitetty. Lämpöviihtyvyyteen, terveyteen tai turvallisuuteen liittyviä haittoja tilojen käyttäjille ei ole tunnistettu; käyttäjien haavoittuvuus on arvioitu erittäin alhaiseksi .
Metsäpalot	Korkea	Metsäpalot voivat vaikuttaa voimakkaasti asukkaiden terveyteen ja turvallisuuteen. Haavoittuvuus arvioidaan korkeaksi .
Voimakkaat sateet – rakeet	Matala	Vaikka raekuurot voivat rajoittaa käyttäjien liikkumista alueen avoimilla alueilla, suurin osa toiminnasta tapahtuu sisätiloissa. Haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Voimakkaat sateet – lumi	Matala	Vaikka voimakkaat lumimyrskyt saattavat rajoittaa käyttäjien liikkumista alueen avoimilla alueilla, suurin osa toiminnasta tapahtuu sisätiloissa. Haavoittuvuus arvioidaan matalaksi .
Tulva – sadevesi/pohjavesi	Korkea	Tulvavesi voi vaikuttaa sekä esteettömyyteen että tilojen käyttäjien terveyteen ja turvallisuuteen. Paikalla ja ympäröivillä alueilla seisova vesi voi haitata pääsyä tiloihin ja aiheuttaa loukkaantumisia paikalla oleville ihmisille, kun taas saastunut vesi voi lisätä homeen ja bakteerien leviämistä ja aiheuttaa lisäterveysriskejä. Haavoittuvuus arvioidaan korkeaksi .
Myrsky	Keskitaso	Tuulenpuuskat voivat vaikeuttaa liikkumista rakennuksen avoimilla alueilla ja vaarantaa rakennuksen saavutettavuuden. Lisäksi rakennuksen ympärillä kaatuneet puut voivat estää pääsyn rakennukseen ja puunjätteet voivat vahingoittaa käyttäjiä. Haavoittuvuus arvioidaan keskitasoiseksi .
Tornado (Trombi)	Erittäin korkea	Voimakkaat tuulet ja lentävät roskat voivat tukkia sisäänkäynnit ja vaarantaa evakuointireitit. Tuulenpuuskat voivat vaikeuttaa liikkumista avoimilla alueilla ja vaarantaa tilojen saavutettavuuden. Lisäksi rakenteisiin kohdistumattomat vauriot voivat aiheuttaa loukkaantumisia tai vaaraa putoavista materiaaleista, mikä lisää yleistä vaaraa työmaalla työskenteleville. Haavoittuvuus arvioidaan erittäin korkeaksi .

YVA-selostus, liite 07

Takakansi